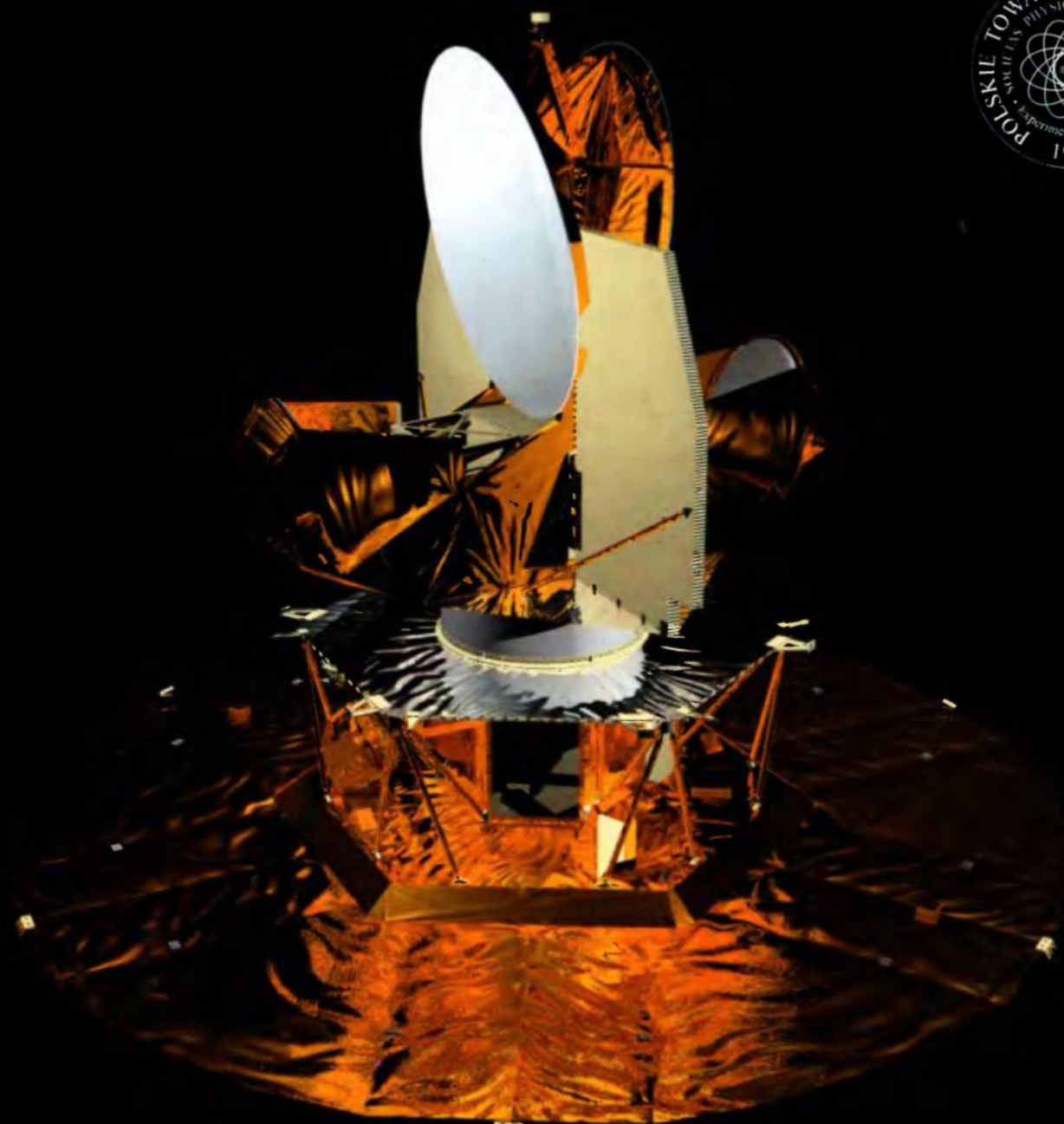


# POSTĘPY FIZYKI

Dwumiesięcznik Polskiego Towarzystwa Fizycznego



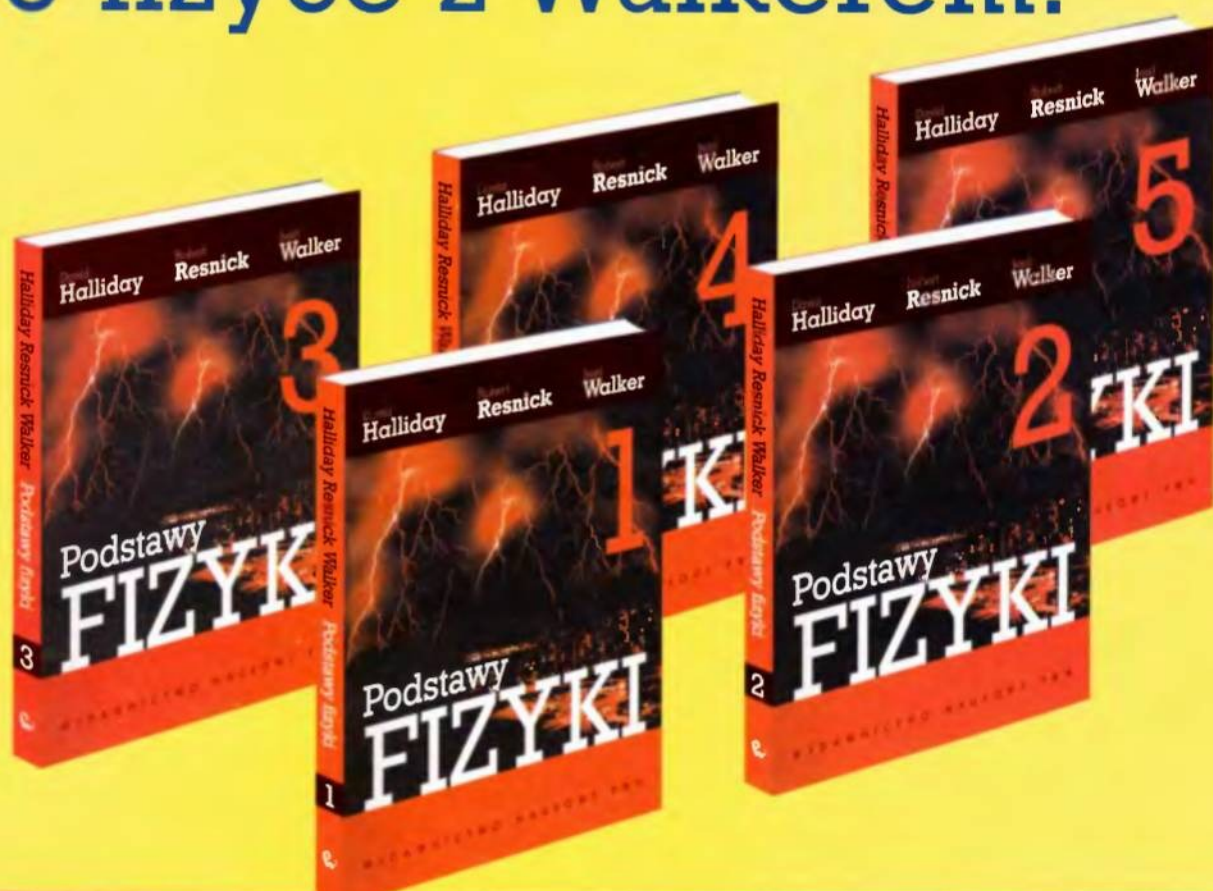
**Cząstki Modelu Standardowego**

**Stałe (?) podstawowe**

**Euroatraktor**

# CO TRZY GŁOWY TO NIE DWIE –

## Halliday i Resnick teraz o fizyce z Walkerem!



### Halliday Resnick Walker Podstawy fizyki

[...] Nowy podręcznik, z trzecim autorem Jearlem Walkerem, jest jednak jeszcze lepszy. Po pierwsze, wprowadza nową część, w której znajdują się elementy fizyki współczesnej – elementy teorii względności, mechaniki kwantowej, podstawy fizyki ciała stałego, fizyki jądrowej i cząstek elementarnych. [...] Po drugie, zarówno w rozdziałach związanych z tą tematyką, jak też i w rozdziałach dotyczących klasycznej fizyki pokazany jest aktualny stan wiedzy, omawiane są zagadnienia ważne w obecnej chwili i wychodzące prosto z laboratoriów. [...]

prof. dr hab. Maria Kamińska, Instytut Fizyki Doświadczalnej UW

[...] Zasadnicza zmiana to znaczące rozbudowanie części, dotyczącej tak zwanej fizyki współczesnej. Druga poważna wprowadzona zmiana to znaczące uatrakcyjnienie szaty graficznej. Rysunki, bardzo przekonujące, choć czarno-białe w starych wydaniach, zyskały kolory, co sprawiło, że są jeszcze bardziej czytelne i informujące. [...] W obecnej formie książka Resnicka, Hallidaya i Walkera jest na wskroś nowoczesnym, kompletnym podręcznikiem podstawowej fizyki z szeroko rozbudowaną fizyką współczesną. [...]

prof. dr hab. Jan Mostowski, Instytut Fizyki PAN oraz Wydział Matematyczno-Przyrodniczy Szkoła Nauk Ścisłych UKSW

RADA REDAKCYJNA

Andrzej K. Wróblewski (przewodniczący) - Jerzy Czerwonko, Marek Demiański, Zofia Gołąb-Meyer, Stanisław K. Hoffmann, Franciszek Kaczmarek, Józef Szudy

REDAKTOR HONOROWY

Adam Sobiczewski

KOMITET REDAKCYJNY

Jerzy Gronkowski (redaktor naczelny), Mirosław Łukaszewski, Magdalena Staszal, Barbara Wojtowicz

Adres Redakcji:

ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa, e-mail: postepy@fuw.edu.pl, Internet: www.fuw.edu.pl/~postepy

KORRESPONDENCI ODDZIAŁÓW PTF

Maciej Piętka (Białystok), Jerzy J. Wysocki (Częstochowa), Stanisław Zachara (Gdańsk), Roman Bukowski (Gliwice), Krystian Roleder (Katowice), Małgorzata Wysocka-Kunisz (Kielce), Jacek Bieroń (Kraków), Elżbieta Jartych (Lublin), Urszula Garuska (Łódź), Ewa Pawelec (Opole), Lidia Ski-bińska (Poznań), Małgorzata Klisowska (Rzeszów), Małgorzata Kuzio (Szupsk), Janusz Typek (Szczecin), Józefina Turlo (Toruń), Aleksandra Miłosz (Warszawa), Bernard Janczewicz (Wrocław), Justyna Jankiewicz (Zielona Góra)

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

ZARZĄD GŁÓWNY

Maciej Kolwas (prezes), Katarzyna Chałasińska-Macukow i Reinhard Kulessa (wiceprezisi), Aleksandra Kopystyńska (sekretarz generalny), Marek Kowalski (skarbnik), Andrzej Bielski, Stanisław Chwirot, Jan Gaj, Bernard Janczewicz, Mirosław Trociuk i Jerzy Warczewski (członkowie)

Adres Zarządu:

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

PRZEWODNICZĄCY ODDZIAŁÓW PTF

Andrzej Maziewski (Białystok), Stefan Kruszewski (Bydgoszcz), Danuta Plusa (Częstochowa), Eugeniusz Czuchaj (Gdańsk), Andrzej Klimasek (Gliwice), Karol Kołodziej (Katowice), Janusz Braziewicz (Kielce), Reinhard Kulessa (Kraków), Jerzy Żuk (Lublin), Bogusław Broda (Łódź), Ryszard Pietrzak (Opole), Andrzej Dobek (Poznań), Aleksander B. Szymański (Rzeszów), Grzegorz Karwasz (Szupsk), Adam Bechler (Szczecin), Andrzej Bielski (Toruń), Jerzy Garbarczyk (Warszawa), Adam Kiejna (Wrocław), Andrzej Więckowski (Zielona Góra)

REDAKTORZY NACZELNI INNYCH CZASOPISEM

WYDAWANYCH POD EGIDĄ PTF

Jerzy Prochorow - Acta Physica Polonica A, Andrzej Staruszkiewicz - Acta Physica Polonica B, Andrzej Jamiołkowski - Reports on Mathematical Physics, Marek Kordos - Delta, Zofia Gołąb-Meyer - Foton, Adam Smólski - Fizyka w Szkole

Czasopismo 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

Opracowanie okładki: Amm Studio, tel.: (22) 6689990, e-mail: amm@amm.com.pl, Internet: www.amm.com.pl

Druk i oprawa: „UNI-DRUK”, Warszawa, ul. Buńczuk 7b

ISSN 0032-5430

SPIS TREŚCI

J.A. Zakrzewski – Częstki Modelu Standardowego: co nowego? .....	143
J. Marburger – Mówmy prawdę o fizyce cząstek ....	150
H. Fritzscha – Czy stałe podstawowe są naprawdę stałe? .....	153
A. Sobiczewski – Nowa kadencja Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów .....	157
M. Baster-Grząślewicz – Co każdy człowiek o fizyce wiedzieć powinien .....	161
A. Łoziński, K. Życzkowski – Euroatraktor: o losowych układach dynamicznych .....	168
NOWI PROFESOROWIE .....	173
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI .....	174
RECENZJE .....	176
KRONIKA .....	180

*Drodzy Czytelnicy!*

Zeszyt, który Wam przedstawiamy, jest – jak należy – nieco wakacyjny: nie zawiera bardzo długich artykułów, lecz wiele tekstów krótszych na dość zróżnicowane tematy. Otwiera go artykuł prof. Janusza Zakrzewskiego, będący swego rodzaju remanentem wiedzy o cząstkach elementarnych. Stąd już tylko krok do tekstu Johna Marburgera, doradcy naukowego prezydenta USA, o wymownym tytule „Mówmy prawdę o fizyce cząstek”, analizującego przyszłość badań doświadczalnych w tej krytycznie ważnej dziedzinie fizyki w kontekście możliwości budowy dalszych akceleratorów cząstek. Wiąże się z tym też artykuł Harald Fritzscha o tym, czy stałe podstawowe są naprawdę stałe.

Artykuły Marii Baster-Grząślewicz „Co każdy człowiek o fizyce wiedzieć powinien” oraz Adama Sobiczewskiego „Nowa kadencja Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów” dotyczą zawsze obecnych w Postęпах nurtów: dydaktycznego i informacyjnego. Z pewnością nie jest nam obojętne, jak skutecznie uczyć dziś fizyki oraz jak działa CK, od której zależy praktyka nadawania stopni i tytułów.

Najbardziej „wakacyjna” – nieco żartobliwa – jest bez wątpienia krótka notatka Artura Łozińskiego i Karola Życzkowskiego o „euroatraktorze” – trochę szkoda, że nie udało nam się jej wydrukować przed referendum akcesyjnym.

Jak zwykle, przedstawiamy nowych profesorów, tym razem Krzysztofa Kąkole z Krakowa i Marka Pajka z Kielc. Obu Panom Profesorom gratulujemy!

Mirek Łukaszewski

*Na okładce:*

Satelita MAP. Wykonane przez niego pomiary kosmicznego tła mikrofalowego lepiej ustalają granice zależności stałej struktury subtelnej  $\alpha$  od czasu – patrz artykuł na s. 153 (fot. NASA).



## Koło Nauczycielskie przy OZ PTF

Od 13 grudnia 2001 r. przy Oddziale Zielonogórskim PTF działa Koło Nauczycielskie (KN) (adres strony internetowej: [www.sekcjan.republika.pl/](http://www.sekcjan.republika.pl/); kontakt: [sekcjan@poczta.onet.pl](mailto:sekcjan@poczta.onet.pl)). Obecnie liczy ono 23 członków, a jego przewodniczącą jest mgr Ewa Królczyk. Do głównych zadań KN należą: 1) opracowanie i wydanie publikacji „Zbiór zadań przygotowujących do egzaminu kompetencji po gimnazjum”, 2) opracowanie planu obchodów Roku Fizyki 2005, 3) współpraca z władzami Sekcji Nauczycielskiej PTF, 4) współorganizacja debat naukowych dla młodzieży szkolnej.

KN zorganizowało wiele interesujących spotkań naukowych dla młodzieży szkolnej. Celem sympozjum „W poszukiwaniu energii przyjaznej ludziom i środowisku” było: 1) uświadomienie zagrożeń środowiska przyrodniczego występujących w związku z użytkowaniem różnych źródeł energii; 2) zrozumienie potrzeby oszczędzania zasobów surowców energetycznych oraz racjonalnej gospodarki energią; 3) kształcenie umiejętności poszukiwania, porządkowania i wykorzystania informacji z różnych źródeł oraz efektywnego posługiwania się technologią informacyjną.

Celem seminarium „Energia elektryczna w urządzeniach domowych i zasady bezpieczeństwa” było nabywanie umiejętności: 1) racjonalnego korzystania z urządzeń powszechnego użytku, 2) odróżnianie urządzeń sprawnych od urządzeń z niesprawnym elementem lub mechanizmem, 3) wycucie, kiedy wkracza się w sferę niebezpieczną dla siebie lub swojego otoczenia (przepisy BHP), 4) zachowanie się w przypadku zagrożenia wynikającego z użytkowania urządzenia.

Ponadto Koło zorganizowało konkurs fizyczny „Wszechobecna energia” (zob. notatka poniżej).

Konkurs i seminaria zostały zorganizowane dzięki dużemu zaangażowaniu i pracy nauczycieli oraz pracowników Uniwersytetu Zielonogórskiego. Wydatki związane z organizacją i przebiegiem większości imprez naukowych zostały pokryte ze składek członkowskich OZ PTF.

Warto podkreślić, że 19 lutego 2002 r. na zwykłym Walnym Zebraniu Członków OZ PTF rozpoczął działalność nowy zarząd, w skład którego weszło m.in. dwoje nauczycieli: mgr Ewa Królczyk, nauczyciel 6 Gimnazjum w Zielonej Górze, i mgr Czesław Bezdol, nauczyciel dyplomowany Gimnazjum Publicznego w Kolsku. Na członka Komisji Rewizyjnej powołana została mgr Jadwiga Fojt-Jasińska, nauczyciel Szkoły Przyrody – Technikum Elektryczne w Zielonej Górze.

*Justyna Jankiewicz*



## „Wszechobecna energia”

W związku ze spadkiem liczby godzin nauczania fizyki w gimnazjum w porównaniu z 8-klasową szkołą pod-

stawową i wynikającym stąd mniejszym zainteresowaniem tym przedmiotem członkowie Koła Nauczycielskiego Oddziału Zielonogórskiego PTF postanowili zorganizować (pod patronatem Instytutu Fizyki Uniwersytetu Zielonogórskiego) konkurs „Wszechobecna energia”, mający na celu popularyzowanie wiedzy fizycznej, rozwijanie zainteresowań uczniów i szukanie osób uzdolnionych w kierunku nauk ścisłych.

Konkurs odbył się na Uniwersytecie Zielonogórskim, co zwiększyło jego atrakcyjność dla uczestników. Przebiegał bez zakłóceń w atmosferze zaciętej, lecz uczciwej rywalizacji, nad którą czuwała kilkunastoosobowa Komisja Konkursowa pod przewodnictwem prof. Piotra Rozmeja, prodziekana Wydziału Nauk Ścisłych UZ. Składał się z trzech etapów: teoretycznego (I), doświadczalnego (II) oraz finałowego III etapu, sprawdzającego umiejętności zdobyte w dwóch poprzednich. Etapy I i II zostały przeprowadzone w szkołach, a zwycięzcy zakwalifikowali się do finału, który odbył się 22 lutego 2003 r. na terenie IF UZ. Uczestniczyło w nim 25 uczniów gimnazjów z woj. lubuskiego, których nauczyciele są członkami PTF.

Zadania konkursowe sprawdzały umiejętności niezbędne uczniom, którzy mają podjąć naukę w szkole ponadgimnazjalnej, wynikające z podstawy programowej. Obejmowały one duży zakres materiału i wymagały dobrego przygotowania w zakresie fizyki i ogólnego, a zwłaszcza umiejętności planowania doświadczenia, rozwiązywania problemów technicznych i manualnych, sporządzania i odczytywania wykresów, poszukiwania i selekcjonowania informacji, odczytywania informacji, rozwiązywania zadań o podwyższonym stopniu trudności, praktycznego zastosowania wiedzy, analizowania i uzupełniania tabel z interpretacją zawartych w nich danych, przeprowadzania badań długoterminowych oraz wyciągania wniosków.

Czas oczekiwania na wyniki konkursu uczniom wypełnili: mgr Grzegorz Spichał i mgr Lidia Kozdrowska, przedstawiając im pracownie fizyczne Instytutu Fizyki; mgr Grażyna Mackiewicz, przedstawiając przygotowane z uczniami scenki z życia uczonych fizyków; mgr Mirosława Koprowska, demonstrując i wyjaśniając wraz z uczniami ciekawe doświadczenia fizyczne.

Na zakończenie niżej podpisana przedstawiła wyniki konkursu, a nauczyciele wręczyli swoim uczniom nagrody.

Laureatami konkursu zostali: Michał Tomza i Jan Kocoń (Gimn. nr 1 w Żarach, nauczyciel Olga Kuszyk), Przemysław Ksel (Gimn. w Nowogrodzie Bobrzańskim, naucz. Renata Drozd), Monika Rubacha (Gimn. nr 1 w Szprotawie, naucz. Bożena Doligalska) oraz Marta Tarcewska (Gimn. nr 6 w Zielonej Górze, naucz. Mirosława Koprowska).

Ponadto dyplomy uznania otrzymali następujący finaliści: Dawid Krawczak i Maciej Talarski (Gimn. nr 2 w Żaganiu, naucz. Alicja Nadwodna), Daniel Miśko i Magdalena Pydyś (Gimn. nr 2 w Sulechowie, naucz.

*(dokończenie na stronie 171)*

# Cząstki Modelu Standardowego: co nowego?\*

Janusz A. Zakrzewski

*Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Warszawski*

---

## Particles of the Standard Model: what's new?

---

### 1. Wprowadzenie

W niniejszym artykule pragnę zająć się cząstkami Modelu Standardowego, opisać obserwację neutrino taonowego oraz odkrycie oscylacji rozszerzających naszą wiedzę o neutrinach.

Zacznę od przypomnienia kilku podstawowych pojęć Modelu Standardowego. Jego matematyczne podstawy składają się z dwóch części: pierwsza z nich to zunifikowana teoria oddziaływań elektroslabych; druga – chromodynamika kwantowa, podstawowa teoria oddziaływań silnych. Według Modelu Standardowego, najbardziej fundamentalnymi składnikami materii są punktowe, niemające struktury wewnętrznej fermiony o spinie  $1/2$  (cząstki struktury). Każdy fermion ma inny zapach (ang. flavour), tj. zbiór wyróżniających go liczb kwantowych. Każdemu fermionowi odpowiada antyfermion. Fermiony dzielą się na leptony i kwarki. Leptony, cząstki niepodlegające oddziaływaniom silnym, występują w przyrodzie jako cząstki swobodne. Kwarki natomiast uczestniczą w oddziaływaniach silnych, są jednak trwale związane w hadronach, tj. takich silnie oddziałujących cząstkach, jak nukleony  $N$  (ogólnie bariony) i mezony. Nośnikami oddziaływań między nimi są tzw. bozony cechowania o spinie 1. Oddziaływania elektroslabe przenoszone są przez bezmasowe fotony  $\gamma$  i mające masę bozony pośredniczące  $W^\pm$  oraz  $Z^0$ . Natomiast nośnikami oddziaływań silnych są gluony  $g$ . Ani kwarki, ani gluony nie występują w przyrodzie w postaci swobodnej – są trwale uwięzione w hadronach. Wybite z hadronu (np. protonu) w reakcji jądrowej o wielkiej energii, fragmentują na strumień hadronów, czyli dżet (ang. jet). Odkrycia obu rodzajów nośników były jednymi z najważniejszych doświadczalnych potwierdzeń przewidywań Modelu Standardowego.

Skoncentruję się tu na przypomnieniu kilku kluczowych doświadczeń (w większości uhonorowanych Nagrodą Nobla z fizyki), które doprowadziły do tej teorii.

### 2. Leptony

Znamy dziś trzy rodzaje leptonów: elektron  $e^-$ , mion  $\mu^-$  oraz taon  $\tau^-$ , o masach spoczynkowych pozostających w stosunku  $1 : 207 : 3478$  (masę spoczynkową elektronu  $m_e \approx 0,511$  MeV wyrażamy tu w tych samych jednostkach co energię). Cząstki te mają liczbę ładunkową  $Q = -1$ , natomiast ich antycząstki – liczbę  $Q = +1$ . Przypomnę, że liczba ładunkowa  $Q$  oznacza ładunek elektryczny cząstki wyrażony w jednostkach ładunku elementarnego  $q_e \approx 1,602 \cdot 10^{-19}$  C. Model Standardowy nie przewiduje ani wartości mas leptonów naładowanych, ani stosunku tych mas.

Elektron został odkryty w badaniach wyładowań w gazach rozrzedzonych (1897); jego odkrywca, J.J. Thomson, otrzymał w roku 1906 Nagrodę Nobla z fizyki za „teoretyczne i doświadczalne badania przewodnictwa elektryczności w gazach” (tu i niżej przytaczam orzeczenie Komitetu Noblowskiego). Mion zaobserwowano po raz pierwszy w promieniowaniu kosmicznym (1937); w 1950 r. C.F. Powell otrzymał Nagrodę Nobla za odkrycie (w 1947 r.) mezonu  $\pi$  i jego rozpadu na lepton  $\mu$  w emulsji fotograficznej naświetlonej promieniami kosmicznymi. W swym uzasadnieniu Komitet pisze, że nagrodę przyznano „za rozwinięcie metody fotograficznej dla badań procesów jądrowych i za odkrycia dotyczące mezonów, dokonane przy użyciu tej metody”. Rok wcześniej (1949) Nagrodę przyznano H. Yukawie „za przewidzenie istnienia mezonów na podstawie pracy teoretycznej nad siłami jądrowymi”. Ostatni lepton naładowany, taon  $\tau$ , odkryto w 1975 r., niemal 40 lat po obserwacji leptonu  $\mu$ , pierwszego „ciężkiego elektronu”. Odkrycia dokonano w ośrodku badawczym SLAC (Stanford University, USA) w procesie anihilacji elektronów i pozytonów zachodzącym w zderzaczach elektronów z pozytonami SPEAR:  $e^- + e^+ \rightarrow \tau^- + \tau^+$ . Taon jest najcięższym ze znanych leptonów naładowanych, ma masę  $m_\tau \approx 1,777$  GeV (ok. 1,9 razy większą od masy protonu; masa spoczynkowa protonu  $m_p \approx 938$  MeV).

---

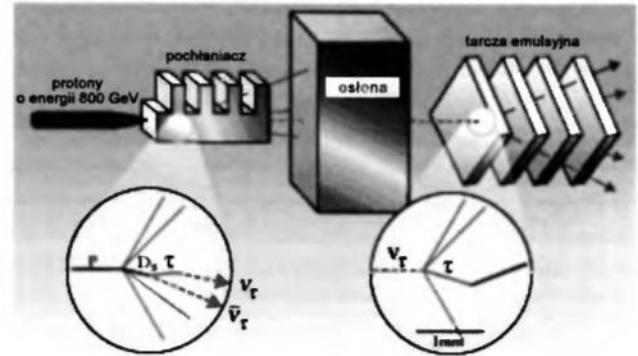
\*Skrócony i zmieniony tekst odczytu wygłoszonego na seminarium w Castel Gandolfo 7 sierpnia 2001 r.

Spośród wymienionych leptonów tylko elektrony są trwałymi składnikami materii: występują w stanach związanych wokół jąder atomowych.

Według Modelu Standardowego każdemu leptonowi naładowanemu  $l$  odpowiada jego neutrino  $\nu_l$ , tj. obojętny elektrycznie lepton z nim stowarzyszony. Odkrycia kolejnych rodzajów neutrin, wymagające obserwacji ich niezmiernie rzadkiego oddziaływania z materią z wytworzeniem stowarzyszonego leptonu naładowanego,  $\nu_l + N \rightarrow l + \text{cokolwiek}$ , nie były łatwe i wymagały różnorodnych, skomplikowanych metod doświadczalnych. Neutrino elektronowe  $\nu_e$  (ściślej biorąc, antyneutrino elektronowe  $\bar{\nu}_e$ ) zostało zaobserwowane po raz pierwszy przez C. Cowana i F. Reinesa w eksperymencie z reaktorem jako źródłem tych cząstek (1956), a neutrino mionowe  $\nu_\mu$  – w doświadczeniu z użyciem akceleratora, w którym neutrino powstawały w wyniku rozpadu mezonów tworzonych w reakcjach o wielkiej energii (1962).

Ukoronowaniem przewidywań Modelu Standardowego dotyczących podstawowych cząstek materii była obserwacja neutrino taonowego  $\nu_\tau$  w 2000 r.; wydarzenie to opiszę nieco dokładniej. Odkrycia dokonano w eksperymencie DONUT (Direct Observation of Nu Tau) przeprowadzonym w Laboratorium im. Fermiego (Fermilab) w Stanach Zjednoczonych przy akceleratorze Tevatron, dostarczającym protony o największej w świecie energii. Na detektor, składający się z tarczy emulsyjnej i spektrometru magnetycznego służącego do identyfikacji cząstek, padała wiązka neutrin powstających w wyniku oddziaływań protonów o energii 800 GeV w pochłaniaczu wolframowym (o długości 1 m). Cząstki naładowane wytworzone w pochłaniaczu nie docierały do tarczy emulsyjnej, gdyż ulegały odchyleniu w polu magnetycznym lub pochłonięciu w osłonach z żelaza, ołowiu i betonu. Głównym źródłem neutrin (lub antyneutrin) taonowych były rozpady powstających w pochłaniaczu mezonów powabnych  $D_s^+$  i  $D_s^-$  (złożonych z kwarków  $c\bar{s}$  lub  $\bar{c}s$ ) na taon i neutrino taonowe:  $D_s \rightarrow \tau + \nu_\tau$ , z kolejnym rozpadem taonu na neutrino taonowe:  $\tau \rightarrow \nu_\tau + \text{inne cząstki}$  (rys. 1). Tarcza emulsyjna składała się z modułów o grubości 7 cm poprzedzielanych warstwami włókien scyntylacyjnych, rejestrujących elektronicznie współrzędne przejścia cząstki naładowanej. W skład typowego modułu wchodziły płytki plastikowe pokryte warstwami emulsji o grubości 100  $\mu\text{m}$ , przekładane milimetrowymi płytkami stalowymi. Emulsja jądrowa spełniała tu funkcję detektora cząstek naładowanych o wielkiej zdolności rozdzielczej (lepszej niż 1 mm). Jej zadaniem było zlokalizowanie punktów przejścia cząstki naładowanej, umożliwiające zaobserwowanie charakterystycznego załamania na torze taonu wybiegającego z oddziaływania neutrino taonowego z jądrem tarczy,  $\nu_\tau + N \rightarrow \tau + \text{cokolwiek}$ . Spodziewano się, że załamanie takie powstanie w wyniku rozpadu taonu na naładowany lepton i neutrino, np.  $\tau \rightarrow e + \nu_\tau + \nu_e$  (rys. 1). Naładowany lepton z rozpadu można było

zidentyfikować w spektrometrze. Taon rozpada się ze średnim czasem życia  $2,9 \cdot 10^{-13}$  s, czemu w warunkach eksperymentu DONUT odpowiadało przebycie odległości kilku mm od miejsca jego wytworzenia.



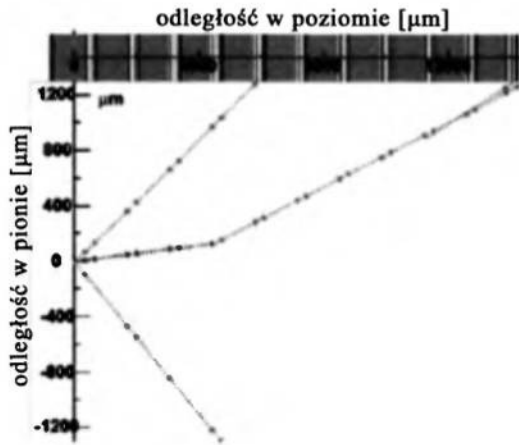
Rys. 1. Schemat eksperymentu DONUT w Fermilabie. Strumień cząstek naładowanych wytworzony przez wiązkę protonów o energii 800 GeV ulega niemal całkowitej absorpcji w wolframowym pochłaniaczu oraz żelaznej osłonie. Do tarczy emulsyjnej docierają tylko neutrino, z których ok. 8% stanowią neutrino taonowe powstające w rozpadach mezonów  $D_s$  wytworzonych w oddziaływaniach protonów zachodzących w pochłaniaczu (lewe kółko). Drobna część neutrin taonowych oddziałuje z jądrami w tarczy emulsyjnej, tworząc naładowane leptony  $\tau$ , które po przebyciu kilku milimetrów rozpadają się na elektron bądź mion (kółko prawe).

W eksperymencie, w którym podczas 5 miesięcy zbierania danych na pochłaniacz protonów padło ok.  $4 \cdot 10^{17}$  protonów, zarejestrowano ok. 700 przypadków – kandydatów na oddziaływania neutrin w tarczy emulsyjnej. Szczegółowa analiza wykazała, że tylko cztery przypadki wykazujące wyraźne załamania na torze można było zinterpretować jako rozpady leptonu  $\tau$ , który mógł być wytworzony jedynie przez neutrino taonowe (rys. 2). Obserwacja tych przypadków świadczyła bezspornie o istnieniu neutrino taonowego jako stowarzyszonego partnera taonu.

Neutrino taonowe jest trzecim rodzajem neutrino oczekiwany w ramach Modelu Standardowego. M. Perl skomentował wynik doświadczenia następująco: „Odkrycie neutrino  $\tau$  jest bardzo ważne i podniecające. DONUT nie był łatwym eksperymentem. Otwiera on drzwi do zupełnie nowego świata. Istnieje przecież możliwość, że neutrino  $\tau$  oddziałuje inaczej niż pozostałe neutrino. Mamy więc szansę dowiedzieć się czegoś więcej o wszystkich pozostałych cząstkach”. Czas pokaże, czy doświadczenie potwierdzi te przewidywania.

Dodam, że za „pionierski wkład doświadczalny w fizykę leptonów” Nagrodę Nobla z fizyki w 1995 r. otrzymał w połowie M. Perl „za odkrycie leptonu  $\tau$ ”, a w drugiej połowie F. Reines „za odkrycie neutrino”. Odkrycie neutrino mionowego przez L. Ledermana, M. Schwartz’a i J. Steinbergera zostało uhonorowane

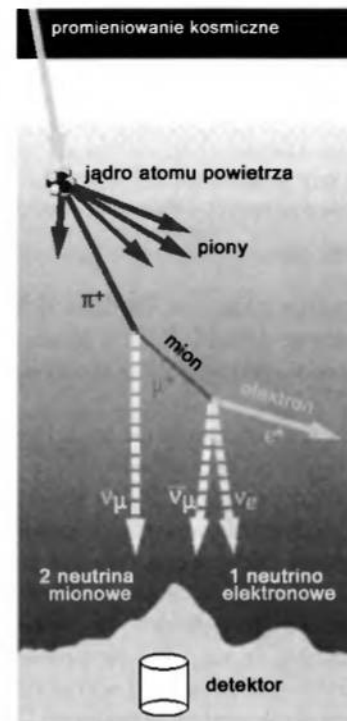
Nagrodą Nobla już w 1988 r. Nagroda została im przyznana „za metodę wiązki neutrin i wykazanie dubletowej struktury leptonów poprzez odkrycie neutrina mionowego”.



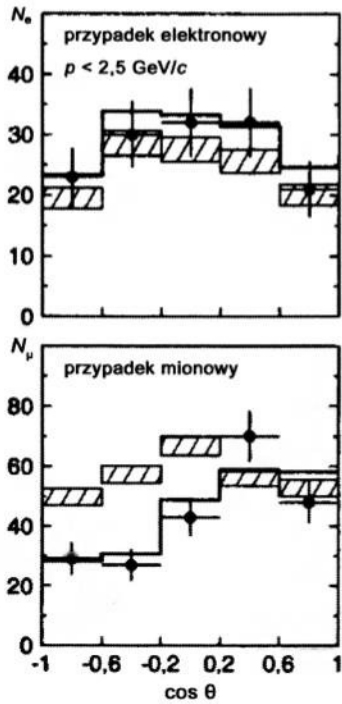
Rys. 2. Jeden z czterech przypadków neutrina taonowego zidentyfikowanych w tarczy emulsyjnej eksperymentu DONUT. Z punktu oddziaływania neutrina taonowego z jądrem w jednej z płytek stalowych wybiegają trzy tory cząstek naładowanych. Najkrótszy z tych torów (środkowy), o długości 4,5 mm, wykazuje charakterystyczne załamanie pozwalające przypisać go leptonowi  $\tau$ , który rozpada się na zidentyfikowany w spektrometrze elektron o energii ok. 4 GeV. Pozostałe dwa tory są prawdopodobnie torami hadronów. W górnej części rysunku widać kolejne warstwy stali (grube paski), między którymi znajdują się warstwy plastiku i emulsji. Grube kropki na torach oznaczają punkty przejścia cząstki przez kolejne, stumikrometrowe warstwy emulsji.

Eksperymenty wskazują, że neutrina mają małą masę spoczynkową (wyznaczono doświadczalnie górną granicę tych wielkości). Silnego argumentu za tym, że masa ta jest niezmiernie mała (ok. 5 mln razy mniejsza niż  $m_e$ ), dostarczyły ostatnio obserwacje zjawiska oscylacji neutrin, tj. przechodzenia jednego rodzaju neutrina w inny. Przekonywającym dowodem na to zjawisko były wyniki eksperymentu prowadzonego przez M. Koshibę i in. (współpraca Super-Kamiokande) przedstawione w czerwcu 1998 r. na konferencji w Takayamie (Japonia) i opublikowane w *Phys. Rev. Lett.* **81**, 1562 (1998). W eksperymencie tym stwierdzono, że do detektora (umieszczonego ok. 1000 m pod ziemią w kopalni ołowiu i cynku, składającego się z 50 tys. ton ultraczystej wody i 11 146 fotopowielaczy) dociera o niemal połowę mniej atmosferycznych neutrin mionowych od strony Ziemi („z dołu”, rys. 3) niż od strony atmosfery („z góry”). Zależność tego niedoboru od energii i kąta azymutalnego (rys. 4) daje się wyjaśnić tylko przy założeniu, że neutrina mionowe oscylują, co wymaga ich mieszania się z innym rodzajem neutrin (np. z neutrinami taonowymi). Zjawisko to (o charakterze kwantowym) może zachodzić tylko pod warunkiem, że oba rodzaje neu-

trin mają nieznikającą masę spoczynkową. Dla neutrin o dwóch zapachach a, b prawdopodobieństwo  $P_{a \rightarrow b}$ , że neutrina wytworzone w stanie o zapachu a zostanie zaobserwowane w stanie o zapachu b po przebyciu drogi  $L$  (w km), wyraża się wzorem  $P_{a \rightarrow b} = \sin^2 2\vartheta \sin^2(1,27\Delta m^2 L/E_\nu)$ , gdzie  $E_\nu$  (w GeV) oznacza energię neutrina,  $\vartheta$  jest kątem mieszania między stanami własnymi zapachu (ang. flavour eigenstates) a stanami własnymi masy (ang. mass eigenstates), natomiast  $\Delta m^2$  (w  $eV^2$ ) oznacza kwadrat różnicy mas danych stanów masowych neutrin. Autorzy odkrycia stwierdzają, że zaobserwowany „niedobór może być wyłącznie wynikiem oscylacji neutrin mionowych w inny rodzaj neutrin na ich długiej drodze do detektora”. Neutrino przechodzące przez Ziemię („z dołu”) przebiegają znacznie dłuższą drogę (ok. 13 000 km), na której mogą wielokrotnie zmieniać się tam i z powrotem w inny rodzaj neutrin, niż neutrina przychodzące „z góry” (z ok. 20 km, na tej bowiem wysokości neutrina mionowe są na ogół tworzone w wyniku oddziaływania promieniowania kosmicznego z atmosferą). W rezultacie widzi się tym mniej neutrin mionowych, im droga przez nie przebyta jest dłuższa, a energia mniejsza (rys. 5).



Rys. 3. Promieniowanie kosmiczne, oddziałując w atmosferze wokół górnej półkuli ziemskiej z jądrami atomów powietrza, wytwarza mezony  $\pi$  rozpadające się na neutrina mionowe i miony, które z kolei ulegają rozpadom na elektrony oraz neutrina mionowe i elektronowe. Neutrino te docierają do detektora Super-Kamiokande, biegnąc „z góry na dół”. Do detektora docierają też neutrina biegnące „z dołu do góry”. Powstają one w atmosferze wokół dolnej półkuli ziemskiej i przed dotarciem do detektora przechodzą przez kulę ziemską.



Rys. 4. Rozkłady liczby przypadków elektronowych ( $N_e$ ) i mionowych ( $N_\mu$ ) w funkcji kąta azymutalnego dla leptonów o pędzie  $p < 2,5 \text{ GeV}/c$ . Leptonom biegnącym „z dołu” odpowiada  $\cos \theta < 0$ , biegnącym „z góry” –  $\cos \theta > 0$ . Zakreskowane prostokąty pokazują przewidywania na podstawie metody Monte Carlo, nieuwzględniające oscylacji. Linia ciągłą zaznaczono najlepsze dopasowanie przewidywań dla oscylacji neutrino  $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$ . Widać wyraźnie niedobór mionów biegnących z dołu do góry, podczas gdy efektu tego nie obserwuje się dla elektronów, zgodnie z przewidywaniami zakładającymi oscylacje.

Doświadczenie pokazuje, że dane dobrze się zgadzają (na poziomie ufności 90%) z założeniem oscylacji neutrino  $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$  dla  $\sin^2 2\theta > 0,82$  oraz  $5 \cdot 10^{-4} < \Delta m^2 < 6 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2$ .

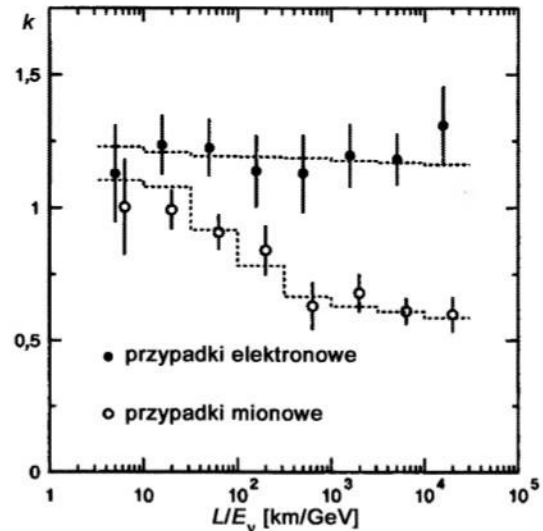
Dodam, że w eksperymencie brak było bezpośredniego dowodu na oscylacje neutrino  $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$ , gdyż nie zaobserwowano taonów (które mogłyby powstać w wyniku oddziaływania neutrino taonowych). O tym, jak trudno wykryć taki proces, pisałem wyżej.

Odkrycie mas neutrino zostało wkrótce uhonorowane Nagrodą Nobla z fizyki. W 2002 r. Komitet Noblowski przyznał tę nagrodę (w połowie) R. Davisowi i M. Koshibie „za pionierski wkład do astrofizyki, zwłaszcza za detekcję neutrino kosmicznych” (drugą połowę nagrody przyznano R. Giacconiemu „za pionierski wkład do astrofizyki, który doprowadził do odkrycia kosmicznych źródeł promieniowania rentgenowskiego”).

### 3. Kwarki

Historię kwarków rozpoczyna hipoteza wysunięta w 1964 r. przez M. Gell-Manna (i niezależnie A. Zweiga), mająca na celu sklasyfikowanie wciąż wówczas

odkrywanych nowych rodzajów hadronów. Za „swoją wkład i odkrycia dotyczące klasyfikacji cząstek elementarnych oraz ich oddziaływań” Gell-Mann otrzymał Nagrodę Nobla w 1969 r. Zgodnie z tą hipotezą, kwarki  $q$  to obiekty o ułamkowych wartościach ładunku elektrycznego:  $Q = +2/3$  lub  $Q = -1/3$ ; każdemu kwarkowi odpowiada antykwark  $\bar{q}$ . Można z nich tworzyć układy związane odpowiadające hadronom. W pierwotnym modelu występowały tylko trzy kwarki: górny  $u$ , dolny  $d$  i dziwny  $s$  (ang. up, down, strange), co wystarczało do sklasyfikowania wszystkich znanych hadronów (np. proton składałby się tylko z kwarków  $u$ ,  $u$ ,  $d$ ) i pozwalało przewidzieć istnienie następnych. Już w 1964 r. zaobserwowano hiperon  $\Omega$  złożony z trzech kwarków  $s$ . Tak więc kwarki  $u$  i  $d$  występowały w modelu jako składniki jąder atomowych w otaczającej nas materii, natomiast kwark  $s$  – tylko w reakcjach jądrowych o wielkiej energii.



Rys. 5. Stosunek  $k$  liczby zaobserwowanych przypadków elektronowych i mionowych do liczby przypadków przewidywanych na podstawie metody Monte Carlo w funkcji parametru  $L/E_\nu$ . Punkty pokazują stosunek  $k$  bez oscylacji, natomiast krzywe przewidywane ilustrują przewidywania dla oscylacji neutrino  $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$ . Dane dla elektronów nie wykazują wyraźnej zależności od parametru  $L/E_\nu$ , natomiast w przypadku mionów występuje ich wyraźny niedobór przy dużych wartościach  $L/E_\nu$ . Prawdopodobnie neutrino mionowe uległy tu licznym oscylacjom, co doprowadziło do uśrednienia ich liczby na poziomie połowy wartości początkowej.

Liczba kwarków powiększyła się w 1974 roku o czwarty kwark. W doświadczeniach, prowadzonych niezależnie przy dwóch różnych akceleratorach, zespoły kierowane przez S. Tinga (Brookhaven, USA) i B. Richtera (Stanford, USA) zaobserwowały mezon (oznaczony symbolem  $J/\psi$ ), zinterpretowany wkrótce jako stan związany czwartego kwarka powabnego  $c$  (ang. charmed) i jego antykwarka  $\bar{c}$ . Za ich „pionierską pracę nad odkryciem ciężkich cząstek elementarnych”



nych nowego rodzaju” S. Ting i B. Richter otrzymali w 1976 r. Nagrodę Nobla. Wkrótce, bo już w 1977 r., zespół L.M. Ledermana zaobserwował kolejny mezon (oznaczony symbolem  $\Upsilon$ ), który okazał się stanem związanym piątego kwarka b (ang. beauty albo bottom) i jego antykwarka  $\bar{b}$ . Na obserwację szóstego kwarka, t (ang. truth albo top), trzeba było czekać aż do roku 1995 (Fermilab, USA). Dokonano jej w dwóch eksperymentach (CDF i D0) przy akceleratorze Tevatron zderzającym wiązki protonów i antyprotonów o energii 900 GeV. Kwark t jest najcięższy ze wszystkich kwarków – jego masa jest ok. 186 razy większa od  $m_p$ . Masa kwarka b wynosi  $4,7m_p$ , a kwarka c –  $1,4m_p$ ; masy pozostałych kwarków są znacznie mniejsze od  $m_p$ . Podobnie jak w przypadku leptonów, Model Standardowy nie przewiduje wartości mas kwarków.

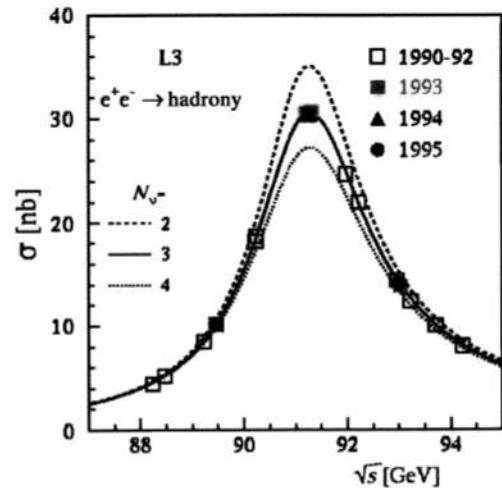
Hipotezę kwarków społeczność fizyków traktowała przez wiele lat jedynie jako wygodny język teoretyczny służący do opisu własności obserwowanych hadronów, a same kwarki – jako cząstki „matematyczne”, a nie obiekty rzeczywiście występujące w przyrodzie. W poglądach tych zaszła zmiana przede wszystkim dzięki eksperymentom rozproszeniowym prowadzonym od połowy lat 60. i w latach 70. przy użyciu wiązek leptonów (elektronów, mionów i neutrin mionowych). Niezmiernie ważne okazały się zwłaszcza badania nad głęboko nieelastycznym rozpraszaniem elektronów na protonach i deuteronach, przeprowadzone w latach 1968–69 w ośrodku SLAC. Wskazywały one bowiem na to, że proces rozpraszania zachodzi na punktowych składnikach nukleonu, nazwanych przez R.P. Feynmana partonami, które w dalszych badaniach utożsamiono z kwarkami. Kierujący badaniami stanfordzkimi fizycy, J.I. Friedman, H.W. Kendall i R.E. Taylor, otrzymali w 1990 r. Nagrodę Nobla za swoje „pionierskie badania nad głęboko nieelastycznym rozpraszaniem elektronów na protonach i związanych neutronach, które miały zasadnicze znaczenie dla rozwoju modelu kwarków w fizyce cząstek”. W ten sposób na drodze dynamicznej, przez badanie procesu rozpraszania, fizycy doszli do tego samego wniosku, co poprzednio na drodze statycznej, rozważając klasyfikację hadronów, a mianowicie, że nukleon ma strukturę ziarnistą: składa się z bardziej podstawowych składników – kwarków (i gluonów – patrz niżej).

Zauważmy, że Model Standardowy nie pozwala przewidzieć ostatecznej liczby podstawowych składników materii – leptonów i kwarków. Natomiast wraz z odkryciem neutrina taonowego osiągnięto pełną symetrię leptonowo-kwarkową (choć nie umiemy dotychczas znaleźć dla niej uzasadnienia teoretycznego). Zgodnie z tą symetrią, wysuniętą już w latach 60., liczba leptonów powinna być równa liczbie kwarków. Możemy je pogrupować w trzy rodziny (pokolenia) fermionowe (tab. 1); w każdej z nich mamy lepton naładowany i neutralny (tzn. odpowiadające mu neutrinu) oraz kwark „górny” (o ładunku  $Q = +2/3$ ) i „dolny” (o ładunku  $Q = -1/3$ ).

Tabela 1. Podstawowe składniki materii: leptoni i kwarki

Rodzina	Pierwsza	Druga	Trzecia
leptoni	$e^-$ $\nu_e$	$\mu^-$ $\nu_\mu$	$\tau^-$ $\nu_\tau$
kwarki	u d	c s	t b

Jednoznaczna granicę na liczbę rodzajów neutrin w Modelu Standardowym, a więc także liczbę rodzin leptonów i kwarków, ustalił eksperyment. W pięknych doświadczeniach przeprowadzonych przez cztery grupy eksperymentalne (Aleph, Delphi, L3 i Opal) przy największym na świecie zderzaczach przeciwbieżnych wiązek elektronów i pozytonów LEP (Large Electron Positron) w ośrodku CERN (Genewa) wyznaczono liczbę rodzajów lekkich neutrin,  $N_\nu$ , w Modelu Standardowym jako  $N_\nu = 2,9841 \pm 0,0083$ , bardzo dobrze zgodną z liczbą 3 (rys. 6). Znaczący to, że liczba rodzin leptonów i kwarków wynosi trzy i tylko trzy: to rzadki w fizyce przypadek dojścia do końca drogi! Nie oznacza to oczywiście, że w przyrodzie nie występują inne cząstki o własnościach zbliżonych do neutrin, które mogą się grupować podobnie. Nie mieszczą się one jednak w ramach omawianego tu Modelu Standardowego. Dotychczas, mimo usilnych poszukiwań, cząstek takich nie zaobserwowano.



Rys. 6. Zależność przekroju czynnego na anihilację elektronów i pozytonów w hadrony,  $e^- + e^+ \rightarrow \text{hadrony}$ , od energii w układzie środka masy  $\sqrt{s}$ , uzyskany w eksperymencie L3 przy akceleratorze LEP. Krzywe odpowiadają dwóm, trzem lub czterem rodzajom neutrin. Widać, że dane opisuje bardzo dobrze krzywa dla  $N_\nu = 3$ .

#### 4. Bozony

Cząstki elementarne oddziałują ze sobą za pomocą czterech znanych obecnie rodzajów oddziaływań

fundamentalnych: silnego, elektromagnetycznego, słabego i grawitacyjnego. Ich względne natężenia pozostają w stosunku:  $1 : 7,3 \cdot 10^{-3} : 10^{-5} : 5,9 \cdot 10^{-39}$ . Oddziaływanie grawitacyjne jest tak słabe w porównaniu z pozostałymi, że możemy je tu pominąć. W Modelu Standardowym zakłada się, że wszelkie oddziaływania między podstawowymi składnikami materii są przenoszone przez bozony cechowania o spinie 1. Zgodnie ze zunifikowaną teorią oddziaływania słabego i elektromagnetycznego, której podstawy teoretyczne sformułowali S.L. Glashow, A. Salam i S. Weinberg w latach 1959–68, oddziaływanie elektromagnetyczne jest przenoszone przez bezmasowe fotony  $\gamma$ , a oddziaływanie słabe – przez masywne bozony pośredniczące  $Z^0$  i  $W^\pm$  o masach spoczynkowych odpowiednio  $97,2m_p$  i  $85,7m_p$ . S.L. Glashow, A. Salam i S. Weinberg otrzymali Nagrodę Nobla w 1979 r. za swoje wkłady do „teorii zunifikowanego oddziaływania słabego i elektromagnetycznego między cząstkami elementarnymi, w tym przewidzenie słabego prądu neutralnego”. Bozony pośredniczące zostały odkryte w 1983 r. w dwóch eksperymentach (UA1, UA2) wykonanych przy zderzaczach przeciwbieżnych wiązek protonów i antyprotonów Sp $\bar{p}$ S w CERN-ie w Genewie. Za „decydujący wkład do wielkiego projektu, który doprowadził do odkrycia cząstek pola W i Z, nośników oddziaływania słabego”, C. Rubbia i S. van der Meer otrzymali Nagrodę Nobla już w 1984 r.! Odkrycie to stanowiło wspaniałe potwierdzenie przewidywań teorii Glashowa–Salama–Weinberga. Bozony  $\gamma$  i  $Z^0$  są odpowiedzialne za procesy elektromagnetyczne i słabe, niezmieniające ładunku cząstek, związane odpowiednio z tzw. elektromagnetycznym i słabym prądem neutralnym, natomiast  $W^\pm$  – za procesy słabe zmieniające ładunek oddziałujących cząstek, związane z tzw. słabym prądem naładowanym.

W zunifikowanej teorii oddziaływań elektroslabych zakłada się opis oddziaływania słabego i elektromagnetycznego za pomocą zrenormalizowanej teorii z cechowaniem, korzystającej z lokalnej symetrii cechowania  $SU(2) \times U(1)$ . Renormalizowalność teorii pozwala obliczać poprawki kwantowe, co umożliwia jej precyzyjne sprawdzanie doświadczalne. Za „wyjaśnienie kwantowej struktury oddziaływań elektroslabych w fizyce”, tj. za prace wykonane w latach 1968–72 nad strukturą matematyczną teorii – pokazanie jej renormalizowalności – M. Veltman i G. 't Hooft otrzymali w 1999 r. Nagrodę Nobla. Była to już trzecia Nagroda Nobla związana ze zunifikowaną teorią oddziaływań elektroslabych!

Zrobię tu ważną uwagę: jak dotychczas nie zaobserwowano przewidzianego przez Model Standardowy bozonu, zwanego bozonem Higgsa. Poszukiwanie doświadczalne bozonu  $H^0$  jest obecnie najważniejszym zadaniem fizyki cząstek elementarnych. W doświadczeniach wyznaczono jedynie dolną granicę masy  $H^0$ :  $m_H > 101,6m_p$ .

Na zakończenie tego opisu dodam, że w zunifikowanej teorii oddziaływań elektroslabych Modelu Standardowego występują trzy parametry (jeśli nie liczyć masy bozonu Higgsa,  $m_H$ , oraz mas fermionów i tzw. parametrów ich mieszania). Szczególnie użyteczny jest następujący ich zbiór: a) stała struktury subtelnej  $\alpha \approx 1/137,0359895$ , wyznaczana z kwantowego zjawiska Halla; b) stała Fermiego  $G_F \approx 1,16637 \cdot 10^{-5} \text{ GeV}^{-2}$ , wyznaczana ze wzoru na czas życia mionu; c) masa spoczynkowa neutralnego bozonu pośredniczącego  $M_Z = 91,1872 \pm 0,0021 \text{ GeV}$ , wyznaczona z pomiaru kształtu linii  $Z_0$  w eksperymentach przy zderzaczach przeciwbieżnych wiązek elektronów i pozytonów LEP w CERN-ie. Tak zwany kąt mieszania Weinberga – podstawowy parametr zunifikowanej teorii oddziaływań elektroslabych – wyraża się wówczas przez zależność  $\sin^2 \theta_W = 1 - M_W^2/M_Z^2$ , gdzie  $M_W$  jest masą bozonu naładowanego W.

## 5. Gluony

Zgodnie z chromodynamiką kwantową, oddziaływanie silne między kwarkami – składnikami hadronu – opisywane jest przez pola koloru, którego kwantami są bezmasowe, obojętne elektrycznie kolorowe gluony  $g$  o spinie 1, nieuczestniczące ani w oddziaływaniu elektromagnetycznym, ani słabym (tab. 2). Nowa liczba kwantowa zwana kolorem (ang. colour) przybiera dla każdego zapachu kwarkowego trzy wartości (wskaźniki), np. c, n, z (czerwony, niebieski, zielony). Dla kwarków w trzech kolorach musi istnieć osiem kolorowych gluonów. Można je sobie wyobrazić jako odpowiednie kombinacje koloru z antykolorem. Podobnie jak kwarki, są one trwale uwięzione w hadronach; fakt ten określa się jako uwięzienie koloru. Natomiast hadrony nie mają koloru – są białe. Wyjaśnimy pochodzenie tych nazw, korzystając z analogii optycznej. Dobierając mianowicie trzy barwy podstawowe, np. czerwoną, niebieską i zieloną (kolory), oraz ich barwy dopełniające: zielononiebieską, pomarańczową i purpurową (antykolory), możemy uzyskać barwę białą na dwa sposoby: mieszając w tym samym stosunku trzy barwy podstawowe albo barwę podstawową z jej barwą dopełniającą. W pierwszym przypadku otrzymamy biały nukleon (ogólniej: barion), w drugim – biały mezon. Dodam, że w odróżnieniu od fotonów, gluony – podobnie jak bozony pośredniczące – samooddziałują ze sobą. Badanie sprzężeń trójbozonowych (i czterobozonowych) jest ważnym programem eksperymentów przy zderzaczach wiązek przeciwbieżnych o wielkich energiach.

Teorie pola przewidują możliwość emisji kwantów pola; krytycznym sprawdzianem chromodynamiki kwantowej było zatem odkrycie doświadczalne promieniowania gluonowego. Wspomnieliśmy wyżej, że gluonów, podobnie jak kwarków, nie można zaobserwować w stanie swobodnym wskutek wspomnianej zasady uwięzienia koloru. Jeśli jednak przyjmiemy, że wyemitowane gluony fragmentują – podobnie jak kwarki –

na hadrony, to powinniśmy móc zaobserwować promieniowanie gluonowe jako dzęty hadronowe. Dżęty takie istotnie zaobserwowano w 1979 r., w eksperymentach przeprowadzonych przy zderzaczach przeciwbieżnych wiązek elektronów i pozytonów PETRA w DESY (Hamburg). Dalsze badania doświadczalne całkowicie potwierdziły to odkrycie. Tak więc mimo że kwarki i gluony są obiektami trwale uwięzionymi w hadronach, to dżęty kwarkowe i gluonowe są rzeczywiste i obserwowalne. Kwarki i gluony, chociaż trwale uwięzione, stają się w zasadzie cząstkami równie rzeczywistymi, jak leptony i fotony.

Tabela 2. Podstawowe nośniki oddziaływań: bozony cechowania

Oddziaływanie	Nośnik
elektromagnetyczne	foton $\gamma$
słabe	bozony pośredniczące $Z^0, W^-, W^+$
silne	gluony $g$

Opisane wyżej rozważania doprowadziły do prostego modelu partonowego nukleonu. W ramach tego modelu przyjmuje się, że proton (nukleon) jest strukturą złożoną z trzech kwarków walencyjnych oraz z gluonów. Kwarki walencyjne niosą charakterystyczne dla protonu liczby kwantowe; gluony, rozszczepiając się wirtualnie na pary kwark-antykwar, prowadzą do tzw. morza par kwark-antykwar. Wzrasta w ten sposób liczba partonów w protonie, co prowadzi do tego, że każdy z nich unosi tylko małą część jego całkowitego pędu.

Gęstość kwarków w protonie,  $q(x, Q^2)$ , zależną od unoszonego przez kwarki ułamka pędu nukleonu  $x$  (zmiennej  $x$  Feynmana) oraz kwadratu przekazu czteropędu  $Q^2$ , można otrzymać z funkcji struktury protonu  $F_2(x, Q^2)$ . Wyznaczanie tej funkcji jest częścią podstawowego programu badawczego eksperymentów prowadzonych przy jedynym na świecie zderzaczach przeciwbieżnych wiązek elektronów i protonów HERA w DESY. Funkcja struktury protonu  $F_2(x, Q^2) = \sum e_q^2 x q_i(x, Q^2)$ , gdzie  $e_q$  oznacza ładunek elektryczny kwarka, wiąże się bezpośrednio z przekrojem czynnym

mierzonym w eksperymentach H2 i ZEUS przy akceleratorze HERA dla procesu głęboko nieelastycznego rozpraszania elektronu i protonu. Wyniki badań są zaskakujące: funkcja struktury, a więc gęstość kwarków, nieoczekiwanie wzrasta w obszarze małych wartości  $x < 10^{-2}$ , niedostępnym we wcześniejszych eksperymentach. Wielkości te zależą od  $Q^2$ , czyli od przestrzennej zdolności rozdzielczej  $\Delta$  procesu rozpraszania, gdyż  $\Delta \approx 0,2/\sqrt{Q^2}$ . W miarę wzrostu  $Q^2$  elektron rozpraszany na protonie sonduje więc jego strukturę na coraz mniejszych odległościach  $\Delta$ , ujawniając wciąż wzrastającą liczbę kwarków! Gęstość gluonów również wzrasta dla coraz mniejszych wartości  $x$ . Na przykład dla  $Q^2 = 10 \text{ GeV}^2$ , czyli dla  $\Delta \approx 0,063 \text{ fm}$  (tzn. na odległościach ok. 16 razy mniejszych niż promień protonu), w protonie znajdujemy 2–3 kwarki i 2 gluony, gdy  $x > 0,02$ . Dla obszaru  $x > 10^{-4}$  liczba ta wzrasta do 20–25 kwarków i 60–70 gluonów, czyli o rząd wielkości!

Dla porządku dodam, że fundamentalną wielkością w chromodynamice kwantowej jest „stała” sprzężenia silnego  $\alpha_s$ . Maleje ona ze wzrostem skali energii,  $\mu$ , w pierwszym przybliżeniu jak  $\alpha_s = 1/\ln(\mu^2/\Lambda^2)$ . Wartość stałej  $\alpha_s$  wyznacza się z eksperymentów przy ustalonej skali  $\mu_0$ ; standardowo wybiera się  $\mu_0 = M_Z$ . We wzorze występuje też wymiarowy parametr  $\Lambda$ : wprowadza się go dla uzyskania wygodnej parametryzacji zależności  $\alpha_s$  od  $\mu$ . Średnia wartość stałej  $\alpha_s$  wyznaczona doświadczalnie wynosi  $0,1181 \pm 0,002$ , czemu odpowiada wartość  $\Lambda = 208_{-23}^{+25} \text{ MeV}$ .

## 6. Uwagi końcowe

Model Standardowy jest wciąż podstawowym modelem mikroświata, mimo że bozon Higgsa nie został dotychczas zaobserwowany oraz mimo braku wyjaśnienia widma mas fermionów i parametrów ich mieszania. Wydaje się, że pozwala on opisać wszystkie (?) zjawiska w fizyce cząstek elementarnych (uwzględnienia wymaga oczywiście odkrycie oscylacji i mas neutrin). O tym, czy w przyrodzie istnieją jakieś nowe cząstki lub nowe oddziaływania poza Modelem Standardowym, przekonamy się dzięki dalszym doświadczeniom przy konstruowanych obecnie akceleratorach cząstek naładowanych o wielkiej energii. Zaproponowano liczne modele teoretyczne, które takie nowe cząstki i oddziaływania przewidują. Jeśli zostaną one odkryte, będzie to początek Nowej Fizyki.

# Mówmy prawdę o fizyce cząstek\*

John Marburger

Office of Science and Technology Policy, Executive Office, Washington, USA

---

## Tell the Truth About Particle Physics

---

Nie ustaniemy w poszukiwaniach  
 A kresem naszych wszelkich poszukiwań  
 Będzie dojście do punktu wyjścia  
 I poznanie tego miejsca po raz pierwszy.  
 Przez nieznaną, pamiętaną bramę,  
 Gdy na ziemi pozostanie do odkrycia  
 Tylko to, co było na początku:  
 U źródła najdłuższej rzeki  
 Głos ukrytego wodospadu  
 I w gałęziach jabłoni dzieci  
 Nie znane, gdyż nikt ich nie szukał,  
 Lecz słyszane, półsłyszane w ciszy  
 Między dwiema falami morza.  
 Szybko teraz, tutaj, teraz, zawsze –  
 Warunek całkowitej prostoty  
 (Kosztującej nie mniej niż wszystko)  
 I wszystko będzie dobrze i  
 Wszelkie sprawy ułożą się dobrze  
 Gdy języki płomieni splecą się  
 W węzeł ognistej korony  
 A ogień i róża – staną się jednym.

Te końcowe wiersze czwartego z *Czterech kwartettów* T.S. Eliota<sup>1</sup> ilustrują niezwykłą moc, z jaką poezja działa na wyobraźnię. Język poezji budzi w nas wiele wspomnień, gdyż jego abstrakcyjny sposób ekspresji sięga bardzo głęboko. Konkretnie słowa i przedmiot są starannie dobrane, by obudzić nasze postrzeganie szerokich tematów, wykraczających daleko poza narrację wiersza.

Po raz pierwszy usłyszałem te strofy przed laty w przemówieniu Thomasa Cottrella, dziekana wydziału medycznego w Stony Brook. Wzruszyły mnie one tak bardzo, że gdy przyszła moja kolej, odłożyłem notatki i mówiłem o wyłaniającej się właśnie niezwykłej zbieżności fizyki cząstek i astronomii. Myśl, że w jakiś sposób końcem wielkiej redukcjonistycznej przygody będzie „dojście do punktu wyjścia / I poznanie tego miejsca po raz pierwszy”, trafnie – jak się wydawało – ujmowała wizję przyszłej drogi podstawowych nauk przyrodniczych.

Jak szczęśliwie się złożyło dla fizyki cząstek, że kosmologia zaproponowana przez Freda Hoyle'a okazała się błędna! „Model ciągłej generacji” Hoyle'a oferowałby mało okazji badania skrajnych gęstości i temperatur, które są typowe dla początku konkurencyjnego modelu Wielkiego Wybuchu. Mechanizm Wielkiego Wybuchu (termin ukuty przez Hoyle'a, mający ośmieszyć ten pomysł) przekształca cały Wszechświat w mikroskop. Odległość w przestrzeni staje się czasem sięgającym w przeszłość, gdzie skały się kurczą, a gęstość i temperatura szybują w górę. Nasze teleskopy stają się detektorami w największym laboratorium fizyki wielkich energii w przyrodzie, by obserwować ślady najstraszliwszego wysokoenergetycznego zdarzenia wszech czasów.

Mamy mnóstwo szczęścia, że dysponujemy tym alternatywnym sposobem badania zjawisk mikroświata, gdyż zdolność naszej techniki do osiągnięcia potrzebnej energii nie nadąża za zjawiskami, które chcemy badać. Z analizy ruchu galaktyk wiemy, że we Wszechświecie jest więcej materii, niż możemy zobaczyć. Prawdopodobnie żaden z trwałych obiektów obecnego spisu cząstek Modelu Standardowego nie jest za to odpowiedzialny. Ale samo badanie Modelu Standardowego, z jego zdumiewająco szerokim widmem mas, doprowadziło nas prawie do granic naszej techniki. Społeczeństwo doszło do ostatecznego kresu możliwości budowy akceleratorów o potrzebnych rozmiarach. Sądzimy, że najbliższe wzbudzenie bozonu Higgsa mamy już w kieszeni, a Tevatron w Fermilabie może podjąć próbę jego dostrzeżenia. Z pewnością w LHC (wielkim zderzaczach hadronów) w CERN-ie zostanie wzbudzony „taki czy inny Higgs”.

Ale WIMP-y, słabo oddziałujące cząstki o niezwykłej masie, które, jak mówią nam astronomowie, muszą tworzyć chmury wokół wszystkich galaktyk, mogą z powodzeniem mieć masy przekraczające możliwości dowolnego akceleratora, jaki potrafimy zaprojektować. Zrozumienie natury tych cząstek jest rzeczą

---

\* Artykuł, opublikowany w *APS News* 11, nr 12 (2002), został przetłumaczony za zgodą Autora i Wydawcy [Translated with permission]. Jest on nieznacznie skróconą wersją wykładu wygłoszonego 2 października 2002 r. podczas obchodów 40-lecia SLAC-u.

<sup>1</sup> Przekład K. Boczkowskiego (T.S. Eliot, *Wybór poezji* (PIW, 1988)).

ważną, gdyż ciemna materia jest ważna dla ewolucji kosmosu. Jeśli mamy używać kosmosu jako naszego laboratorium, musimy wiedzieć wystarczająco dużo o WIMP-ach, aby rozszyfrować ich rolę we wczesnych chwilach kataklizmu Wielkiego Wybuchu. Oznacza to, że musimy je związać z Modelem Standardowym i teoriami pola, które pozwolą odtworzyć właściwości próżni.

Kto by pomyślał 40 lat temu, że zrozumienie próżni, która w naszej zamrożonej epoce ewolucji kosmicznej jest w zasadzie pustą przestrzenią, będzie największym wyzwaniem fizyki dnia dzisiejszego? Odkrycie w roku 1998, że Wszechświat rozszerza się coraz szybciej, jest tyleż kłopotliwe, co podniecające. Nie ma w naszych obecnych teoriach niczego takiego, co nawet w przybliżeniu mogłoby prowadzić do właściwego rzędu wielkości członu w równaniu Einsteina – stałej kosmologicznej, wymaganej do uzyskania tego efektu. To, co daje teoria – rozbieżność o ponad sto rzędów wielkości – jest po prostu śmieszne.

Próżnia odgrywa zasadniczą rolę w teoriach inflacyjnych, prowadzących do zjawisk, które musimy zrozumieć, aby związać obserwowane cechy Wszechświata ze strukturą i symetriami modeli mikroskopowych – modeli, które mogą uwzględniać struny i które – mamy nadzieję – zunifikują grawitację z siłami cechowania Modelu Standardowego. Potrzebujemy wszelkiej pomocy, by związać te przyszłe teorie z empiryczną rzeczywistością.

Argument za budową następnego akceleratora po LHC musi być silnie związany z tym rozumowaniem. W pewnym momencie będziemy po prostu musieli zaprzestać budowy akceleratorów i musimy już zacząć myśleć o tym, jaka będzie fundamentalna fizyka, gdy ten moment nadejdzie. Teoria, oczywiście, będzie się nadal rozwijać. Ale fizyka doświadczalna na swym froncie badań nie będzie już w stanie produkować bezpośrednich wzbudzeń coraz cięższych obiektów z widma mas Przyrody. Są dwie możliwości. Pierwsza polega na wykorzystaniu istniejących akceleratorów do wyznaczenia parametrów Modelu Standardowego z coraz lepszą dokładnością, aby wychwycić pośrednie konsekwencje teorii przy większej energii. Druga polega na zwróceniu się do laboratorium kosmosu, jak to fizyka czyniła w epoce promieniowania kosmicznego, zanim akceleratory stały się dostępne.

Niezależnie od tego, kiedy to przejście nastąpi, jest dla mnie jednak jasne, że losy astronomii głębokiego kosmosu i fizyki cząstek są ze sobą silnie splecione. Na dłuższą metę przyszłość fizyki cząstek leży w eksperymentach związanych z kosmosem, a jej produktywność będzie zależeć od tego, czy będziemy mieć model przyrody na tyle zupełny, by wykorzystywał zjawiska kosmiczne jako przewodnik dla teorii. Nadszedł już czas, byśmy się do tego zaczęli przygotowywać.

Czy jesteśmy na to gotowi? Czy gdy już zbudujemy ostatni akcelerator, nadal pozostanie luka w na-

szej wiedzy, która przeszkodzi nam w produktywnej pracy w laboratorium kosmosu? Nie ma wątpliwości, że nasza zdolność interpretacji tego, co widzimy na niebie, zależy od tego, czego dowiedzieliśmy się o podstawowej materii w naszych ziemskich laboratoriach.

Jak silna jest ta zależność? Czego jeszcze potrzebujemy od naszych ziemskich akceleratorów, zanim będziemy mogli się bez nich obejść? Jak możemy się najlepiej przygotować do końca ery akceleratorów w fizyce fundamentalnej?

Spółeczeństwo lubi naukę. Pozwala się opodatkować, by dostarczyć funduszy na badania podstawowe, mające prowadzić do odkryć. Czyta książki popularnonaukowe, ogląda spektakle o nauce w telewizji edukacyjnej i zachęca młodzież do studiowania tak niepraktycznych zagadnień, jak dinozaury czy czarne dziury. W Kongresie nauka ma poparcie obu partii. Wszystkie powojenne administracje wspierały badania podstawowe, łącznie z obecną administracją prezydenta George'a W. Busha. Ale jest pewna granica. Zobaczyliśmy ją przy okazji sagi SSC (nadprzewodzącego superzderzacza). Projekt ten upadł nie z braku sympatii do fizyki cząstek, ani nawet z braku zrozumienia ważności mechanizmu Higgsa. Moim zdaniem upadł on dlatego, że jego skala przekroczyła pewien rozmiar krytyczny – rozmiar mieszczący się bez trudu w możliwościach płatniczych społeczeństwa, ale leżący zarazem w tej części przestrzeni społecznej, która nie jest odporna na zachowania chaotyczne.

Skoro SSC przekroczył próg stabilności, a LHC jest jeszcze poniżej tego progu, to NLC (następny zderzacz liniowy) jest już w strefie cienia. Wyraziłem już w innym miejscu przekonanie, zgodne z opinią Zespołu Doradczego Fizyki Wielkich Energii, że NLC to logiczny następca LHC. Uważam, że zderzacz leptonowy jest właściwym rodzajem urządzenia do prowadzenia tak precyzyjnych eksperymentów, jakie będą niezbędne do badania zakresów masy, do których nie możemy sięgnąć. Być może znajdziemy jakiś sposób na dalszą budowę coraz większych akceleratorów przez cały XXI wiek. Ale już w przypadku NLC będziemy musieli zmienić sposób finansowania takich urządzeń. Nie jest prawdopodobne, że jeden naród udźwignie tak wielką część kosztów NLC, jak to w przeszłości robiły kraje macierzyste. Aby projekt się udał, potrzeba nowego modelu wsparcia międzynarodowego.

Co może zrobić społeczność naukowa, aby zwiększyć skłonność społeczeństw do finansowania tych wielkich maszyn? Sądzę, że najlepiej jest powiedzieć całą prawdę. Ale musi ona być powiedziana w wyważony sposób, językiem, który społeczeństwo może zrozumieć.

Prawdą jest, że fizyka cząstek jest tak samo porywająca, jak zawsze. Nie jest martwa. Fakt, że trudno nam zobaczyć coś poza Modelem Standardowym, nie jest złą nowiną. Oznacza to, że następne odkrycia będą miały nieproporcjonalnie wielki wpływ na nasze rozumienie Przyrody. Po raz pierwszy od ćwierćwiecza to

eksperyment napędza teorię na granicy poznania, a nie na odwrót.

Prawdą jest również, że Przyroda działa w taki sposób, by zbliżyć światy wielkich oraz bardzo małych obiektów, i że pojawiły się sposobności odkryć z zakresu fundamentalnej natury Wszechświata, których nigdy się nie spodziewaliśmy. Technika umieszcza te odkrycia w zasięgu naszej ręki, ale musimy podjąć wyjątkową pracę w bardzo różnych dziedzinach, aby móc wykorzystać nowe sposobności.

Prawdą jest wreszcie, że badania nowych granic przyciągną najlepsze młode umysły, które zapewne stworzą nową technikę mogącą pokonać bariery wyznaczające granice naszego postrzegania. Podniecenie odkryciem i ludzka chęć, aby spojrzeć jeszcze dalej, są potężnymi źródłami żywotności naszego społeczeństwa.

Czego nie powinniśmy robić, to stwarzać wrażenia, że akceleratory i inne wielkie urządzenia są celem samym w sobie. Tylko usilne poszukiwanie kształtu Przyrody może usprawiedliwić tak wielkie wydatki, więc musimy podporządkować wszystkie inne względy temu wielkiemu celowi. Nie powinniśmy też przesadnie podkreślać praktycznego znaczenia nowych technologii, które wynikną z badań. Utrzymywanie, że fizyka wielkich energii doprowadziła do powstania np. urzą-

dzenia do obrazowania za pomocą rezonansu magnetycznego, jest naiwne. A nade wszystko nie powinniśmy nigdy zakładać, że społeczeństwo nie będzie w stanie docenić tego, co robimy. Musimy wspierać dziennikarzy popularyzujących naukę, którym nie jest to obojętne, i tych z nas, którzy potrafią przekładać pokawałkowaną i wielce techniczną wiedzę, gromadzącą się tak szybko, na spójną historię równie pociągającą dla laików, co dla nas.

Zacząłem od poezji, która może przemawiać tak przekonująco, że wyobrażamy sobie, iż jest ona źródłem prawdy o nas samych i Wszechświecie. To złudzenie. Prawdy, które poezja przywołuje, są wewnątrz nas samych – w doświadczeniach naszej pamięci – i są wydobywane przez ich rezonans z rytmicznymi strofami poezji. W ostatecznym rozrachunku badanie Wszechświata jest niezbędne ludzkości, gdyż jest podstawą jej największej sztuki. Ta wyrafinowana sztuka – zrozumienie z ludzkiego punktu widzenia i interpretacja za pośrednictwem ludzkich przerośniętych decyzji nie-ludzkiego Wszechświata – jest ostatecznym usprawiedliwieniem budowy tak potężnych akceleratorów, jak LHC i NLC.

Tłumaczyła *Magdalena Staszal*  
Instytut Fizyki Doświadczalnej UW  
Warszawa



Dr JOHN H. MARBURGER III ukończył studia fizyki w 1962 r. (Princeton University), a doktorat z fizyki stosowanej obronił w 1967 r. na Uniwersytecie Stanforda. Do roku 1980 pracował na Uniwersytecie Południowej Kalifornii, gdzie był współzałożycielem Centrum Badań Laserowych, dziekanem Kolegium Literatury, Sztuk Pięknych i Nauk Ścisłych, wreszcie profesorem fizyki i elektrotechniki kierującym Wydziałem Fizyki. W latach 1980–94 był rektorem Uniwersytetu Stanu Nowy Jork w Stony Brook, przyczyniając się do rozkwitu naukowego tej uczelni, zwłaszcza w dziedzinie nauk biologicznych i medycznych. Angażował się przy tym w liczne inicjatywy wspierające kontakty instytucji naukowych z lokalnymi społecznościami, m.in. doprowadził do odzyskania prestiżu i wsparcia społecznego dla Brookhaven National Laboratory, którego był dyrektorem od 1998 r. do czasu powołania na obecnie pełnione funkcje: dyrektora Biura ds. Polityki Naukowej i Technicznej (Office of Science and Technology Policy), wchodzącego w skład Biura Wykonawczego (Executive Office) prezydenta USA, oraz jego doradcy naukowego (Science Adviser to the President).

# Czy stałe podstawowe są naprawdę stałe?\*

Harald Fritzsch

Uniwersytet w Monachium, Niemcy

---

## Are the fundamental constants constant?

Recent astronomical observations have raised the possibility that the natural constants are time-dependent.

---

### 1. Wstęp

Stałe przyrody są parametrami – do pewnego stopnia nienormalnymi – dzisiejszych teorii fizycznych. Z jednej strony są one konieczne, aby wprowadzić te teorie, a z drugiej strony nikt nie rozumie, skąd się biorą ich dziwne wartości. W istocie nikt nie wie, czy ich wartości są przypadkowe, czy też można je obliczyć z pewnych podstawowych założeń. Pytanie to należy do pierwszej dziesiątki najważniejszych wciąż nierozwiązanych problemów, jakimi zajmują się specjaliści w dziedzinie teorii strun.

Ostatnie wyniki obserwacji astrofizycznych sugerują, że  $\alpha$ , stała struktury subtelnej (patrz ramka), która ma podstawowe znaczenie w opisie oddziaływań elektromagnetycznych, we wczesnym okresie istnienia Wszechświata miała nieco mniejszą wartość niż obecnie. Grupa badaczy z Australii, Stanów Zjednoczonych i Wielkiej Brytanii przeprowadziła analizę widm odległych obiektów astronomicznych. Widma te uzyskano głównie za pomocą teleskopu Keck I na Hawajach (rys. 1). Uczni przebadali ok. 150 kwazarów, niektóre odległe o 11 mld lat świetlnych [1]. Ich przesunięcia ku czerwieni zawierały się między 0,5 i 3,5, co odpowiada wiekowi tych obiektów od 23% do 87% wieku Wszechświata. Zespół badaczy zastosował tzw. metodę wielu multipletów, szczególnie do widm żelaza, niklu, magnezu, cynku oraz glinu, i stwierdził, że wartość  $\alpha$  we wczesnym okresie Wszechświata wynosiła ok.  $1/137,037$ , a nie, jak dziś,  $1/137,036$ . Choć jest to małe odchylenie – obserwacje wskazują, że  $\Delta\alpha/\alpha = (-0,72 \pm 0,18) \cdot 10^{-5}$  – to jednak może ono mieć ważne konsekwencje dla teorii.

Myśl, że pewne stałe podstawowe nie są stałe, lecz jakoś zależą od czasu w skali kosmologicznej, nie jest nowa. W latach trzydziestych XX w. ideę tę dyskutowa-

wali Paul Dirac [2] (rys. 2) i Arthur Milne [3]. Interesowała ich stała grawitacyjna. Dirac napisał swój artykuł podczas podróży poślubnej, co wywołało uwagę jego kolegi George'a Gamowa: „Tak to bywa, jak ludzie się żenią”.

W tym samym mniej więcej okresie Pascual Jordan rozważał zależność od czasu wartości innych stałych [4,5], odrzucił jednak możliwość, że stała oddziaływania słabego lub stosunek masy elektronu do protonu mogą od czasu zależeć. Później Lew Landau zastanawiał się nad możliwością zależności od czasu stałej  $\alpha$  w związku z renormalizacją ładunku elektrycznego [6].



Rys. 1. Widma odległych obiektów uzyskane w Obserwatorium im. W.M. Kecka na szczycie Mauna Kea na Hawajach są dowodem na to, że  $\alpha$  miała nieco mniejszą wartość we wczesnym Wszechświecie (NASA/JPL).

O zależności stałej  $\alpha$  od czasu można też wnioskować, badając pozostałości naturalnego reaktora jądrowego odnalezionego w Oklo w Gabonie (zachodnia

---

\*Artykuł, opublikowany w *CERN Courier* 43, nr 2 (2003), został przetłumaczony za zgodą Autora i Wydawcy [Translated with permission, © CERN 2003].

## H. Fritzsch – Czy stałe podstawowe są naprawdę stałe?

Afryka), który działał ok. 2 mld lat temu. W procesie rozszczepienia uranu zostały wytworzone izotopy pierwiastków ziem rzadkich, np. samaru. Zaobserwowany obecnie skład izotopowy zgadza się z obliczeniami pod warunkiem, że izotopy były wystawione na silny strumień neutronów. Wartość stałej  $\alpha$ , którą można na tej podstawie obliczyć, zgadza się nieomal dokładnie z wartością dziś obserwowaną. Według obliczeń Thibaulta Damoura i Freemana Dysona [7] zmiana wartości powinna być mniejsza niż  $10^{-17}$  na rok. Biorąc pod uwagę zarówno dane astrofizyczne, jak i dane z reaktora w Oklo dochodzimy do dziwnego wniosku, że wartość  $\alpha$  we wczesnym Wszechświecie wzrosła o kilka stutysięcznych, ale przez następne 2 mld lat pozostała stała.



Rys. 2. Dirac (na fotografii z 1938 r. po prawej) rozważał możliwość, że stała grawitacyjna może zmieniać się z czasem, natomiast Pauli (po lewej) był zafascynowany wartością stałej struktury subtelnej (CERN Pauli Archive).

Znaczenie danych uzyskanych z reaktora w Oklo staje się jednak mniej jasne, jeśli poza zmianą  $\alpha$  uwzględnimy również zmiany innych parametrów, np. parametrów oddziaływania silnego. Ograniczenie zmian  $\alpha$  pochodzi z obserwacji, że przekrój czynny na rozpraszanie neutronów termicznych na jądrach samaru-149 jest zdominowany przez rezonans jądrowy. Zgodnie z danymi doświadczalnymi położenie tego rezonansu nie mogło się zmienić przez ubiegłe 2 mld lat, a to ogranicza zmiany  $\alpha$ . Ze względu na odpychanie kulombowskie w jądrze, wzrost  $\alpha$  prowadziłby do wzrostu energii rezonansu, lecz zmiana stałej sprzężenia oddziaływań silnych  $\alpha_s$  mogłaby łatwo skompensować ten efekt.

Zaobserwowanie zależności  $\alpha$  od czasu jest z pewnością ważnym, choć może niezbyt efektownym wynikiem, trzeba jednak zachować pewną dozę sceptycyzmu. Jeśli rzeczywiście stałe podstawowe zależą od czasu, to należy oczekiwać poważnych konsekwencji, jakie miałyby to dla ewolucji kosmosu od czasu Wielkiego Wybuchu. Niemniej uzyskane dane powinno się potraktować poważnie, gdyż nie ma silnych teoretycz-

nych argumentów za tym, że te stałe muszą rzeczywiście być absolutnie stałe.

## Magiczna liczba

Stała struktury subtelnej  $\alpha$  jest dana wzorem

$$\alpha = \frac{2\pi e^2}{hc},$$

gdzie  $h/2\pi$  jest kwantem działania (stałą Plancka podzieloną przez  $2\pi$ ),  $c$  – prędkością światła,  $e$  – stałą sprzężenia oddziaływań elektromagnetycznych. Obecnie jako wartość  $\alpha$  przyjmuje się  $1/137,035\,999\,76$ . Wykorzystując kwantowe zjawisko Halla, wartość tę można wyznaczyć z dokładnością do  $3,7 \cdot 10^{-9}$ . Można jej używać do wyznaczania siły oddziaływania cząstek w spoczynku lub przy małych prędkościach.

W zderzeniach przy dużych energiach  $\alpha$  rośnie wskutek efektów renormalizacyjnych, np. zwiększa się do wartości ok.  $1/128$  przy energii zderzenia odpowiadającej przekazowi pędu rzędu masy bozonu  $W$  (80,4 GeV).

Bezwymiarową stałą  $\alpha$  wprowadził w 1915 r. Arnold Sommerfeld. Od tego czasu fizycy głowią się, dlaczego jest ona tak bliska odwrotności 137. Wolfgang Pauli był tak nią zafascynowany, że umarł w pokoju nr 137 w szpitalu w Zurychu. Werner Heisenberg również był urzeczony liczbą  $1/137$  i w swojej podstawowej teorii oddziaływań fundamentalnych skonstruował ją używając prostych liczb, jak 2 i 3.

## 2. Wielka unifikacja

W Modelu Standardowym cząstek elementarnych ogólną grupą cechowania jest  $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ , a oddziaływania elektromagnetyczne i słabe opisuje podgrupa  $SU(2) \times U(1)$ . Zarówno bozon  $Z$ , jak i foton są superpozycjami neutralnej składowej  $SU(2)$  i bozonu  $U(1)$ . Oznacza to, że stała sprzężenia oddziaływań elektromagnetycznych  $e$ , a tym samym stała struktury subtelnej, nie jest podstawową stałą sprzężenia. Jest ona związana z podstawową stałą sprzężenia teorii  $SU(2)$  zależnością  $e = g/2 \sin \theta_W$ . Na podstawie wyników doświadczalnych znana jest wartość słabego kąta zrenormalizowana przy masie bozonu  $Z$ :  $\sin^2 \theta_W (Q^2 = M_Z^2) = 0,2113 \pm 0,00015$ .

Trzy stałe sprzężenia oddziaływań silnych i elektroślabych zmieniają się wraz z energią, są jednak zbieżne, jeśli ekstrapolujemy je do bardzo wielkiej energii (ok.  $10^{16}$  GeV). Tego właśnie się spodziewamy, gdy te trzy oddziaływania są zunifikowane. Taka „wielka unifikacja” następuje, jeżeli grupy cechowania oddziaływań silnych, tzn. grupa koloru  $SU(3)$  i dwie grupy cechowania oddziaływań elektroślabych  $SU(2)$  oraz  $U(1)$ , są podgrupami pewnej grupy prostej, która te trzy oddziaływania jednoczy.



Dwie grupy są szczególnie ciekawe – SU(5) [8] oraz SO(10) [9]. Grupa SU(5) ma tę własność, że fermiony jednego pokolenia są opisane dwiema reprezentacjami. Grupa SO(10) ma inną ciekawą własność: leptoni i kwarki jednego pokolenia można opisać jedną reprezentacją spinorową, tzw. reprezentacją 16. Na przykład dla fermionów pierwszego pokolenia zawiera ona 6 kwarków (u oraz d w trzech kolorach) i 6 antykwarków oraz elektron, pozyton, lewoskrętne neutrino elektronowe i prawoskrętne neutrino elektronowe. Warto zauważyć, że poza normalnym lewoskrętym neutrinem występuje w niej też prawoskrętne neutrino, które w zwykłych oddziaływaniach słabych nie występuje. Jego istnienie jest jednak ważne dla pojawienia się masy neutrina. W teorii SO(10) przyjmuje się bowiem, że neutrino mają masę, co się zgadza z wynikami niedawnych doświadczeń.

Wydaje się, że stałe sprzężenia w Modelu Standardowym są zbieżne, gdy ekstrapolujemy je do wielkich energii. Okazuje się, że w modelu SU(5) nie zbiegają się w jednym punkcie, natomiast w modelach opartych na grupie SO(10) można uzyskać zbieżność, gdyż w tych teoriach przy wielkich energiach pewną rolę gra, poza energią unifikacji, także nowa skala energii. Zbieżność stałych sprzężenia można również uzyskać w modelu SU(5), jeśli przy energiach powyżej 1 TeV występuje supersymetria. Wkłady pochodzące od cząstek supersymetrycznych tak zmieniają współczynniki renormalizacji, że zbieżność zachodzi przy ok.  $10^{16}$  GeV.

Jeśli poważnie potraktować ideę wielkiej unifikacji, to zmiana wartości stałej  $\alpha$  z upływem czasu powinna zachodzić równolegle ze zmianą zunifikowanej stałej sprzężenia  $g_{\text{un}}$  – w przeciwnym razie wielka unifikacja działałaby tylko w pewnym szczególnym czasie, co oczywiście nie miałyby sensu. Można byłoby zatem oczekiwać, że wszystkie trzy stałe sprzężenia  $g_1$ ,  $g_2$  i  $g_3$  powinny zależeć od czasu. Szczególnie interesująca jest tu ewolucja sprzężenia w chromodynamice kwantowej (QCD), tzn. stałej  $\alpha_s$ , gdyż to sprzężenie wyznacza skalę mas hadronów i wiele innych parametrów w fizyce hadronowej i jądrowej.

Rozważmy teraz właściwości  $\alpha_s$  tylko w najniższym rzędzie. Określa je przez następujący wzór, wynikający z równań grupy renormalizacji:

$$\alpha_s(\mu) \approx \frac{4\pi}{\beta_0 \ln(\Lambda^2/\mu^2)}, \quad (1)$$

przy czym  $\mu$  jest skalą odniesienia,  $\beta_0 = -11 + (2/3)n_f$  (gdzie  $n_f$  jest liczbą zapachów kwarków), a  $\Lambda_s$  jest parametrem skali QCD.

Wyniki doświadczeń, zwłaszcza pomiarów wykonanych przy LEP-ie, dają wartość  $\alpha_s = 0,116_{-0,005}^{+0,003}$  (dośw.)  $\pm 0,003$  (teoria). Typową wartością parametru skali jest  $\Lambda_s = 213_{-35}^{+38}$  MeV. Jeśli  $\alpha_s$  jest funkcją nie tylko skali odniesienia, lecz także czasu, to oczywiście parametr skali  $\Lambda_s$  także zmienia się z czasem. Opisuje

to następujące równanie:

$$\frac{\dot{\alpha}_s}{\alpha_s} = \frac{2}{\ln(\mu^2/\Lambda^2)} \frac{\dot{\Lambda}}{\Lambda}. \quad (2)$$

Względne zależności od czasu są związane wzorem

$$\delta\Lambda/\Lambda = (\delta\alpha_s/\alpha_s) \ln(\mu/\Lambda). \quad (3)$$

Wynika stąd, że względna zmiana  $\alpha_s$  nie może być identyczna dla wszystkich skal odniesienia, lecz musi zmieniać się logarytmicznie, gdy zmienia się skala odniesienia. Możemy rozważać względną zmianę  $\alpha_s$  przy bardzo wielkich energiach, np. w pobliżu energii, przy której następuje wielka unifikacja. Odpowiednia zmiana będzie wówczas większa  $\ln(\mu/\Lambda) \approx 38$  razy.

### 3. Inne zależności od czasu

W chromodynamice kwantowej masa protonu i masy wszystkich innych hadronów są proporcjonalne do  $\Lambda$ , jeśli pominiemy masy kwarków. Masy lekkich kwarków  $m_u$ ,  $m_d$  oraz  $m_s$  różnią się wprawdzie od zera, ale ich udział w masie całkowitej jest mały, zwykle mniejszy niż 10%. Nie będziemy brać pod uwagę tych wkładów, ani też małego wkładu pochodzenia elektromagnetycznego do masy nukleonu.

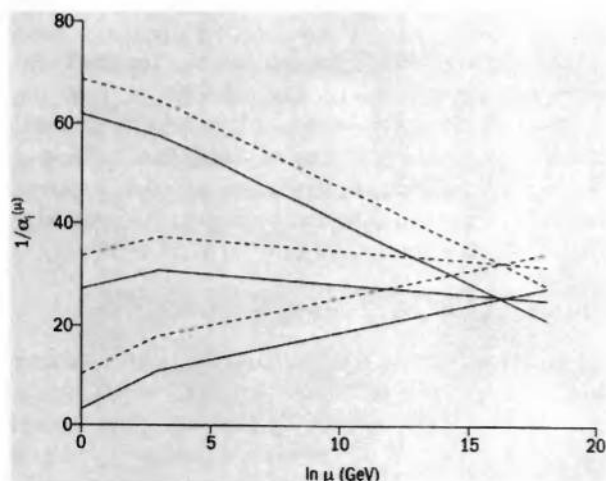
Jeśli więc sprzężenie QCD lub parametr skali QCD zmienia się z upływem czasu, to możemy oczekiwać odpowiedniej zmiany mas nukleonów i jąder atomowych [10]. Taką zmianę można byłoby zaobserwować, mierząc stosunek mas  $m_e/m_p$ . Zmiana parametru QCD nie wpłynęłaby na wartość masy elektronu, więc zmiana tego stosunku świadczyłaby o zmianie  $m_p$ .

Niezależnie od szczegółów schematu unifikacji można oczekiwać, że upływ czasu musi pociągać za sobą w szczególności ewolucję zunifikowanej stałej sprzężenia, zdefiniowanej np. w punkcie unifikacji. Rozważmy jako konkretny przykład teorię SU(5) z supersymetrią, która jest naruszona przy energii ok. 1 TeV, w wyniku czego otrzymujemy Model Standardowy. Na rysunku 3 pokazana jest ewolucja trzech stałych sprzężeń teorii z cechowaniem. Unifikacja następuje dla  $\Lambda_{\text{GUT}} = 1,5 \cdot 10^{16}$  GeV, gdzie stała sprzężenia  $\alpha_{\text{un}} = 0,03853$ .

Zmiana wartości z upływem czasu może zachodzić w wyniku zależności zunifikowanej stałej sprzężenia od czasu, lecz także dlatego, że energia, przy której następuje unifikacja, zależy od czasu. Jeśli jedynie stała sprzężenia zmienia się z upływem czasu, to stwierdzamy, że zmiany stałych  $\alpha$  i  $\alpha_s$  są ze sobą związane. Zmiany te wiąże stosunek  $(8/3)(\alpha/\alpha_s)$ , który wynosi ok. 1/10. Oznacza to, że zmiana wartości stałej sprzężenia oddziaływań silnych jest mniej więcej o rząd wielkości większa niż zmiana stałej sprzężenia oddziaływań elektromagnetycznych.

Jeśli założyć, że stała sprzężenia nie zmienia się, ale energia, przy której zachodzi unifikacja, zależy od czasu, to można obliczyć, że zmiana skali  $\Lambda$  silnych

oddziaływań jest ok. 31 razy większa niż stałej  $\alpha$ , lecz ma przeciwny znak. Jest to ciekawy wynik. Podczas gdy  $\alpha$  rośnie z szybkością ok.  $10^{-15}$  na rok,  $\Lambda$  i masa nukleonu maleją o ok.  $2 \cdot 10^{-14}$  na rok. Jednocześnie momenty magnetyczne protonu i jąder atomowych powoli zwiększałyby się o ok.  $3 \cdot 10^{-14}$  na rok.



Rys. 3. Zbieżność trzech stałych sprzężenia w supersymetrycznej teorii SU(5). Linie kreskowane przedstawiają efekt zmienności w czasie.

#### 4. Przyszłe obserwacje

Zależność wartości masy protonu i stałej  $\alpha$  od czasu można zaobserwować za pomocą precyzyjnych pomiarów w dziedzinie optyki kwantowej. Długość fali światła emitowanego w przejściach nadsubtelnych, np. wykorzystywanych w zegarach cezowych, jest proporcjonalna do wyrażenia  $\alpha^4 m_e / \Lambda$ , które może być zależne od czasu zarówno poprzez  $\alpha$ , jak i  $\Lambda$ . Z drugiej jednak strony długość fali światła powstającego w przejściach atomowych zależy tylko od wartości  $\alpha$ , a więc powinna zależeć od czasu tak jak ona. Można oczekiwać, że długość fali światła emitowanego w przejściach nadsubtelnych powinna zmieniać się ok. 17 razy szybciej niż światła powstającego w zwykłych przejściach atomowych, lecz w przeciwnym kierunku niż w przejściach nadsubtelnych, tzn. rosnać.

Sekundę definiuje się obecnie jako czas trwania 9 192 631 770 cykli promieniowania mikrofalowego emitowanego w nadsubtelnych przejściach cezu-133. Gdyby wartość  $\Lambda$  miała zależeć od czasu, oznaczałoby to, że upływ czasu mierzony zegarem cezowym niecałkowicie zgadza się z upływem mierzonym w przejściach atomowych. Wkrótce w Max-Planck-Institut für Quantenoptik w Monachium będą prowadzone pod kierunkiem Theodora Haensch'a doświadczenia w celu poszukiwania takiego efektu. Jeśli zostanie on odkryty, istotne będzie ustalenie znaku i wielkości podwójnego

stosunku  $R$  zawierającego te dwie wielkości:

$$R = \frac{\dot{\Lambda}}{\Lambda} / \frac{\dot{\alpha}_s}{\alpha_s} \quad (4)$$

(por. (2)). Gdyby uzyskano  $R \approx -20$ , będzie to silnym argumentem za unifikacją oddziaływań silnych i elektroslabych. Ponadto ta wartość byłaby bardzo ważna dla lepszego zrozumienia wszelkich zmian czasowych stałych przyrody.

We wzorze określającym stałą struktury subtelnej występują wielkości  $e$ ,  $h/2\pi$  oraz  $c$ . Jeżeli więc  $\alpha$  zależy od czasu, to co najmniej jedna z tych wielkości musi też odeń zależeć. Dziś zwykle zakładamy, że  $h/2\pi$  i  $c$  są wielkościami podstawowymi, które w odpowiednim układzie można położyć równe jedności. Tak więc ewolucja  $\alpha$  odpowiadałaby zmianie  $e$ .

W teoriach superstrun istnieje dodatkowa motywacja, aby stałych podstawowych rzeczywiście nie przyjmować za stałe. W tych teoriach bezwymiarowe stałe sprzężenia, jak  $\alpha$ , są związane z funkcjami próżniowych wartości oczekiwanych pól skalarnych, które, jak się wydaje, mogą zależeć od czasu. Zależność od czasu może się również pojawić, jeżeli poza trzema wymiarami przestrzennymi są jeszcze wymiary ukryte.

Szczególnie interesujące byłoby uzyskanie informacji o stałych sprzężenia, takich jak  $\alpha$  oraz  $\alpha_s$ , we wczesnym Wszechświecie. Nie może tu być mowy o bezpośrednich pomiarach, lecz ostatnie wyniki pomiarów kosmicznego tła mikrofalowego, które powstało we wczesnym Wszechświecie, nie wykazują (z dokładnością do ok. 10%) żadnej zależności  $\alpha$  od czasu. Dane z satelity MAP (patrz okładka tego zeszytu), umieszczonego na orbicie w 2001 r., umożliwią zapewne zmniejszenie tej granicy, a może nawet znalezienie poszukiwanego efektu. Wszystkie dalsze wskazówki co do zależności wartości  $\alpha$  lub  $\alpha_s$  albo obu naraz od czasu miałyby bardzo ważne konsekwencje.

Tłumaczyła Barbara Wojtowicz  
Warszawa

#### Literatura

- [1] J.K. Webb i in., *Phys. Rev. Lett.* **67**, 091301 (2001).
- [2] P.A.M. Dirac, *Nature* **192** (325), 8 (1937).
- [3] E.A. Milne, *Proc. Roy. Soc. A* **3**, 242 (1937).
- [4] P. Jordan, *Naturwiss.* **25**, 513 (1937).
- [5] P. Jordan, *Z. Physik* **113**, 660 (1939).
- [6] L.D. Landau, w: *Niels Bohr and the Development of Physics*, red. W. Pauli (McGraw-Hill, New York 1955), s. 52.
- [7] T. Damour, F. Dyson, *Nucl. Phys. B* **480**, 37 (1996).
- [8] H. Georgi, S.L. Glashow, *Phys. Rev. Lett.* **32**, 438 (1974).
- [9] H. Fritzsch, P. Minkowski, *Annals Phys.* **93**, 193 (1975).
- [10] X. Calmet, H. Fritzsch, *Phys. Lett.* **540**, 173 (2002).

# Nowa kadencja Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów

Adam Sobiczewski\*

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

---

## Polish Central Commission for Degrees and Titles in its new term

*Abstract:* Elections to, organization, composition and various problems of the central commission, responsible for the development of the scientific and artistic staff in Poland, within its new term, are described. The activity of the commission (and its results) during the previous term is also discussed. The article mainly concentrates on problems connected with the physical sciences.

---

### 1. Wstęp

Celem niniejszego artykułu jest poinformowanie Czytelników o organizacji, składzie i bieżących problemach Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów (zwanej dalej krótko Centralną Komisją, Komisją lub wprost CK) w jej nowej (piątej) kadencji, jak również o podsumowaniu działalności tej Komisji w jej poprzedniej (czwartej) kadencji. Ogólniejsze omówienie celów, organizacji, kompetencji i sposobów działania, a także historii tej instytucji można znaleźć np. w artykule [1].

W obecnym opracowaniu uwzględniamy już zmiany, które wprowadza ogłoszona właśnie nowa ustawa o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki [2].

### 2. V kadencja CK

1 maja 2003 r. (a więc bardzo niedawno, gdy obecny artykuł był już właściwie napisany) zaczęła obowiązywać nowa ustawa (z 14 marca 2003 r.) o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki [2]. Ponieważ zmiany, jakie ona wprowadza w porównaniu z poprzednią ustawą (z 12 września 1990 r. [3]), są stosunkowo nieduże, wydaje się naturalne traktować działalność CK w obecnej kadencji jako pełną kontynuację poprzednich jej kadencji. Stąd zarówno we Wstępie, jak i w tytule niniejszego rozdziału mówimy o V kadencji CK. Także nowa nazwa Komisji (Centralna Komisja ds. Stopni i Tytułów) zachowuje rdzeń nazwy poprzedniej (Centralna Komisja ds. Tytułu Naukowego i Stopni Naukowych).

Jedną z wprowadzonych zmian, którą warto już tutaj odnotować, jest wydłużenie kadencji z 3 do 4 lat.

### 2.1. Wybory

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

Obecna (V) kadencja obejmuje okres od 1 stycznia 2003 r. do 31 grudnia 2006 r., tj. 4 lata.

Do CK V kadencji zgłoszono 677 kandydatów (każda rada miała prawo zgłosić 2 osoby). Podobnie jak w poprzedniej kadencji, do obsadzenia było 220 miejsc, które zostały podzielone między dyscypliny naukowe. Każda dyscyplina miała swoją listę kandydatów z podaną maksymalną liczbą osób, na które można było głosować (tzn. pozostawić ich nazwiska nieskreślone na liście). Każdy wyborca mógł głosować na kandydatów z dowolnej, ale tylko jednej dyscypliny, należącej do dziedziny nauki, którą sam reprezentuje. Na przykład dziedzina nauk fizycznych obejmuje 4 dyscypliny: astronomię, biofizykę, fizykę i geofizykę, i na kandydatów jednej z tych 4 list fizycy mogli głosować. Na specjalne życzenie wyborca mógł jednak otrzymać listę z zakresu dyscypliny należącej do innej dziedziny nauki niż sam reprezentuje i głosować na kandydatów z tej właśnie listy. Ma to uzasadnienie w przypadku specjalności będących na granicy różnych dziedzin. Podział list wyborczych na dyscypliny ma zapewnić, by osoby wybrane reprezentowały wszystkie dyscypliny naukowe, w których mogą być przyznawane stopnie i tytuł.

---

\*Autor jest członkiem Sekcji V (tj. Sekcji Nauk Matematycznych, Fizycznych, Chemicznych i Nauk o Ziemi) Centralnej Komisji.

Spośród 12 150 uprawnionych osób w głosowaniu wzięły udział 8734 osoby (ok. 72%). Głosów ważnych było 8127. Wybranych 220 członków CK to osoby, które dostały największą liczbę głosów w poszczególnych dyscyplinach. W dziedzinie nauk fizycznych spośród 33 kandydatów wybranych zostało 9 osób.

## 2.2. Organizacja i skład CK

W obecnej kadencji działa 7 stałych sekcji CK: Sekcja I – Nauk Humanistycznych i Społecznych, Sekcja II – Nauk Ekonomicznych, Sekcja III – Nauk Biologicznych, Rolniczych i Leśnych, Sekcja IV – Nauk Medycznych, Sekcja V – Nauk Matematycznych, Fizycznych, Chemicznych i Nauk o Ziemi, Sekcja VI – Nauk Technicznych, oraz Sekcja VII – Dziedzin Sztuki. Sześć pierwszych sekcji istniało w poprzednich kadencjach, Sekcja VII została powołana w kadencji obecnej. Oprócz sekcji stałych mogą być powoływane (spośród członków sekcji stałych) sekcje doraźne, do rozpatrzenia konkretnej sprawy, wykraczającej poza kompetencje jednej sekcji stałej.

Prezydium CK to 11 osób: przewodniczący CK (prof. Janusz Tazbir – historyk), dwóch wiceprzewodniczących (prof. Tadeusz Kaczorek – nauki techniczne (automatyka i robotyka) i prof. Józef Smak – astronom), sekretarz (prof. Osman Achmatowicz – chemik) i 7 przewodniczących sekcji. Przewodniczącym interesującej nas głównie Sekcji V jest prof. Marian Mikołajczyk (chemik), a wiceprzewodniczącym – prof. Jan Stankowski (fizyk).

Jak już wspomnieliśmy, CK liczy 220 członków. Dzieli się to w następujący sposób na poszczególne sekcje: I – 49 osób, II – 15, III – 34, IV – 36, V – 35, VI – 39 i VII – 12. Członkowie ci reprezentują wszystkie dyscypliny (a więc i dziedziny), w których mogą być przyznawane stopnie i tytuł. Jest zasadą (ujętą w ustawie), że w skład CK wchodzi co najmniej 3 przedstawicieli każdej dziedziny nauki i sztuki.

W obecnie obowiązującym w Polsce wykazie istnieje 17 dziedzin naukowych (nauki biologiczne, chemiczne, ekonomiczne, farmaceutyczne, fizyczne, humanistyczne, leśne, matematyczne, medyczne, o kulturze fizycznej, o Ziemi, prawne, rolnicze, techniczne, teologiczne, weterynaryjne, wojskowe) i 75 dyscyplin naukowych. Dyscypliny, które występują w różnych dziedzinach nauki (np. biofizyka występuje zarówno w naukach fizycznych, jak i biologicznych), traktujemy tutaj jako dyscypliny różne, mimo tej samej ich nazwy. Niektóre dziedziny nauki (nauki farmaceutyczne, o kulturze fizycznej, teologiczne, weterynaryjne i wojskowe) nie są podzielone na dyscypliny i są zatem tożsame z dyscyplinami o tejże nazwie, inne zaś rozdzielone są na wiele dyscyplin. Na przykład w naukach humanistycznych rozróżnia się 15 dyscyplin, a w naukach technicznych – aż 19. Jak już wspomnieliśmy, w naukach fizycznych wyróżnia się 4 dyscypliny: astronomię, biofizykę, fizykę i geofizykę.

W zakresie sztuki wyróżnia się 4 dziedziny sztuki: filmowe, muzyczne, plastyczne i teatralne. Ewentualny podział tych dziedzin na dyscypliny artystyczne jest jeszcze w fazie dyskusji.

## 2.3. Fizycy w CK

Podajmy, jak w obecnej kadencji CK reprezentowane są nauki fizyczne, i kto z fizyków wchodzi w jej skład (tzn. w skład Sekcji V; w nawiasie podajemy szczegółową specjalność oraz instytucję, z którą osoba ta jest związana). Są to: Andrzej Dobek (biofizyka, fizyka doświadczalna, Instytut Fizyki UAM, Poznań), Robert R. Gałązka (fizyka ciała stałego, Instytut Fizyki PAN, Warszawa), Krzysztof Haman (geofizyka, fizyka atmosfery, Instytut Geofizyki UW, Warszawa), Andrzej Hrynkiewicz (fizyka jądrowa, fizyka fazy skondensowanej, Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego, Kraków), Józef Smak (astronomia, astrofizyka, Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika PAN, Warszawa), Adam Sobiczewski (fizyka jądrowa, Instytut Problemów Jądrowych im. A. Sołtana, Warszawa), Jan Stankowski (nadprzewodnictwo, radiospektroskopia ciała stałego, Instytut Fizyki Molekularnej PAN, Poznań), Józef Szudy (fizyka atomowo-molekularna, fizyka optyczna, Instytut Fizyki UMK, Toruń), Kacper Zalewski (fizyka teoretyczna, fizyka wysokich energii, Instytut Fizyki UJ, Kraków). Jest to zatem 9 fizyków na ogólną liczbę 35 członków Sekcji V, obejmującej 4 dziedziny. Ponadto, z pogranicza między naukami fizycznymi a naukami o Ziemi, jest Jerzy Dera (oceanologia, fizyka morza, Instytut Oceanologii PAN, Sopot).

## 2.4. Bieżące problemy

Niektóre bieżące problemy występujące w działalności CK związane są ze zmianami wniesionymi przez nową ustawę [2]. Jedną z głównych zmian jest wprowadzenie wymogu, by każda osoba mająca tytuł lub stopień dra hab. była wliczana do kadry (decydującej o minimum potrzebnym do uzyskania bądź utrzymania przez jednostkę organizacyjną odpowiednich uprawnień) tylko w jednej jednostce, zadeklarowanej przez tę osobę. Może to niektóre jednostki, zatrudniające osoby pracujące w kilku placówkach, pozbawić takiego minimum i w konsekwencji pozbawić odpowiednich uprawnień. Sprawdzanie tego minimum w warunkach nowej ustawy przez same jednostki oraz przez CK będzie ważnym zadaniem Komisji w najbliższym czasie.

Inną zmianą wniesioną przez nową ustawę jest to, że stopnie i tytuł w zakresie sztuki przestają być stopniami naukowymi i tytułem naukowym. Są więc obecnie dwa rodzaje stopni: stopnie naukowe dra i dra hab. określonej dziedziny nauki (w zakresie danej dyscypliny naukowej) i stopnie dra i dra hab. określonej dziedziny sztuki (w zakresie danej dyscypliny artystycznej). Podobnie są dwa rodzaje tytułu: tytuł naukowy profesora określonej dziedziny nauki i tytuł profesora

określonej dziedziny sztuki. Z tego właśnie powodu oraz wobec utworzenia w CK Sekcji VII (Sekcji Dziedziny Sztuki) zaszła potrzeba zmiany w pełnej nazwie Centralnej Komisji.

Większość jednak problemów w bieżącej działalności CK to te, które pojawiają się ciągle w trakcie jej pracy, w każdej kadencji. Komisja zwraca na nie uwagę w swoich komunikatach oraz w sprawozdaniach ze swej działalności, przesyłanych do rad. Wiele z tych problemów zostało omówione w artykule [1]. Tutaj podamy kilka innych przykładów.

Jednym z nich są nieprawidłowości, jakie Komisja stwierdza w trakcie kontroli rad w przeprowadzaniu egzaminów doktorskich. W związku z tym Komisja przypomina, że dopuszczenie do publicznej obrony pracy może nastąpić dopiero po zdaniu przez kandydata wszystkich egzaminów doktorskich i przyjęciu rozprawy doktorskiej.

Sprzeczne z obowiązującymi przepisami jest zwolnienie doktoranta z któregośkolwiek egzaminu doktorskiego. Dotyczy to również egzaminu z nowożytnego języka obcego (tymczasem na podstawie różnych zaświadczeń zdarza się zwalnianie z tego egzaminu).

Komisja zwraca uwagę, że przez język obcy należy rozumieć język inny niż ojczysty. Zgodnie z tym, obokrajowiec ubiegający się w Polsce o stopień doktora może zdawać egzamin z języka polskiego.

Co do zakresu egzaminu z dyscypliny podstawowej, to ważne jest, by nie był on zawężany tylko do tematyki rozprawy doktorskiej. Ma on wykazać szerszą wiedzę kandydata w zakresie dyscypliny, w której ma on otrzymać stopień doktorski.

Uwagi te CK skierowała do rad w komunikacie [4]. W komunikacie [5] Komisja zwraca m.in. uwagę, że wiele rad jednostek, podejmując się przeprowadzenia przewodu na stopień naukowy, ignoruje fakt, że zakres działalności doktoranta czy habilitanta faktycznie wykracza poza zakres dyscypliny (a czasem nawet całej dziedziny), w której jednostka może nadawać stopnie. Celem takich działań wydaje się próba ominięcia oceny kompetentnego środowiska naukowego, zdolnego dostrzec i wskazać błędy rozprawy oraz niedostatki wiedzy jej autora, a zwykłym pretekstem – rzekoma interdyscyplinarność tematyki przewodu.

W związku z powtarzaniem się wielu nieprawidłowości wydaje się, że ciągle warto mieć na uwadze komentarz CK do kryteriów oceny kwalifikacji kadry naukowej wydany przez Centralną Komisję w 1992 r. [6]. Godne uwagi rad jest także omówienie przyczyn odmowy zatwierdzenia uchwał rad czy niepoparcia przez CK różnych wniosków rad w czasie poprzedniej jej kadencji, zamieszczone w jej sprawozdaniu z działalności w tej kadencji [7].

### 3. Podsumowanie działalności w poprzedniej (IV) kadencji

W IV kadencji, identycznie jak w obecnej, do CK wybranych zostało 220 członków. Wybrano ich spo-

śród 613 kandydatów zgłoszonych przez 453 placówki naukowe (spośród 531 placówek do tego uprawnionych, co oznacza, że ok. 85% placówek skorzystało z tego prawa). W głosowaniu (przeprowadzonym korespondencyjnie) udział wzięło 7398 osób spośród 10930 osób uprawnionych, tj. posiadających tytuł profesora. Z prawa do głosu skorzystało więc ok. 68% osób. Warto jednak zwrócić uwagę, że aż 484 głosy były nieważne. Związane to było głównie z głosowaniem na więcej niż jedną listę kandydatów lub ze skreśleniem na liście niewłaściwej liczby osób.

Wśród 220 wybranych członków 179 (ok. 81%) stanowili pracownicy szkół wyższych, 27 (ok. 12%) – pracownicy placówek PAN i 14 (ok. 7%) – pracownicy jednostek badawczo-rozwojowych. Najliczniej reprezentowane ośrodki to: warszawski (30%), krakowski (ok. 17%), poznański (ok. 13%), wrocławski (ok. 12%), łódzki (ok. 6%), katowicki i lubelski (po ok. 5%). Większość (157, tj. ok. 71%) członków CK w kadencji IV to osoby, które były członkami także w kadencji III.

W kadencji IV, jak już wspomnieliśmy, istniało 6 sekcji stałych. Odbyło się 29 posiedzeń Prezydium, 59 – Sekcji I, 28 – Sekcji II, 30 – Sekcji III, 34 – Sekcji IV, 50 – Sekcji V i 29 – Sekcji VI. Rozpatrzone ogółem 4765 spraw. Liczba ta systematycznie rośnie z kadencji na kadencję o 8–10% (w III kadencji rozpatrzone 4391 spraw, a w II – 4001). Liczba negatywnych decyzji wyniosła 407, tj. ok. 8,5% ogólnej liczby spraw. Nie było widać jakichś znaczących różnic w jakości wniosków napływających z różnych „pionów” nauki: negatywnie ocenionych wniosków, które napłynęły ze szkół wyższych, było 8,8%, z placówek PAN – 6%, a z jednostek badawczo-rozwojowych – 8,1%. Bardziej szczegółowe informacje podaje tab. 1. Widać z niej, że najwięcej rozpatrzonych spraw to wnioski o zatwierdzenie habilitacji. Tutaj negatywnie rozpatrzonych wniosków szkół wyższych było ok. 5,5%, placówek PAN – 4%, jednostek badawczo-rozwojowych – ok. 3,3%. Wniosków o nadanie tytułu naukowego było o ok. 29% mniej niż habilitacyjnych. Negatywnie rozpatrzonych wniosków szkół wyższych było ok. 5,2%, placówek PAN – ok. 3,3%, a jednostek badawczo-rozwojowych – ok. 6,5%. Bardzo dużo (ok. 35%) było negatywnych decyzji w sprawie wniosków o przyznanie radom uprawnień do nadawania stopni naukowych, a najwięcej w sprawie odwołań. Negatywnie rozpatrzonych odwołań od uchwał rad (naukowych lub wydziałów) było ok. 43%, a od decyzji CK – ok. 73%. Sprawy odwołań są zwykle dużo bardziej pracochłonne i długotrwałe.

Wykaz spraw habilitacji i tytułu rozważonych w najbardziej interesującej nas Sekcji V podaje tab. 2. Widać, że najwięcej rozważonych spraw habilitacyjnych było z fizyki, a spraw profesorskich – z chemii.

Wreszcie tab. 3 podaje rozkład rozpatrzonych spraw habilitacyjnych z dziedziny nauk fizycznych na poszczególne dyscypliny. Może tu intrygować, że żadna sprawa z biofizyki nie była rozważona w Sekcji V

w ubiegłej kadencji. Warto jednak pamiętać, że biofizyka wchodzi także do Sekcji II CK (nauk biologicz-

nych) i tam rozpatrzonych było 8 spraw habilitacyjnych z biofizyki (wszystkie pozytywnie).

Tabela 1. Liczby spraw rozpatrzonych przez CK w IV kadencji (2000–2002).

Rodzaj sprawy	Liczba spraw rozpatrzonych								
	Ogółem	Pozytywnie	Negatywnie	w tym					
				Szkoły wyższe		PAN		Pozost. placówki	
				Pozyt.	Negat.	Pozyt.	Negat.	Pozyt.	Negat.
Tytuł profesora	1820	1727	93	1523	83	118	4	86	6
Habilitacja	2560	2426	134	2065	120	214	9	147	5
Doktoraty (zatw. uchwał)	17	16	1	16	1	0	0	0	0
Uprawn. do nad. st. nauk.	176	114	62	108	57	3	1	3	4
Odwołania od uchwał RW/RN	53	30	23	26	21	3	1	1	1
Odwołania od decyzji CK	124	33	91	30	79	2	7	1	5
Inne (wznow., zgody)	15	12	3	9	3	3	0	0	0
Liczba spraw ogółem	4765	4358	407	3777	364	343	22	238	21

Tabela 2. Liczby wniosków o stopień dra hab. i tytuł prof. rozpatrzonych w Sekcji V w IV kadencji CK.

Dziedzina	Tytuł prof.			Habilitacja		
	Razem	Poz.	Neg.	Razem	Poz.	Neg.
Nauki chemiczne	79	74	5	103	97	6
Nauki fizyczne	72	67	5	137	127	10
Nauki matematyczne	32	29	3	45	45	0
Nauki o Ziemi	48	40	8	56	53	3
Razem	231	210	21	341	322	19

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

Dyscyplina	Razem	Poz.	Neg.
Astronomia	11	10	1
Biofizyka	0	0	0
Fizyka	122	113	9
Geofizyka	4	4	0
Razem	137	127	10

Czytelników zainteresowanych bardziej szczegółowymi informacjami o działalności CK w ubiegłej (IV) kadencji odsyłam do opracowania [7].

Pragnę bardzo serdecznie podziękować Panu Profesorowi Osmanowi Achmatowiczowi (sekretarzowi CK) oraz

Panu Henrykowi Halembie (dyrektorowi Biura CK) za cenne informacje i uwagi.

### Literatura

- [1] A. Sobiczewski, *Postępy Fizyki* **52**, 184 (2001).
- [2] Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, Dz.U. 2003, nr 65, poz. 595.
- [3] Ustawa z dnia 12 września 1990 r. o tytule naukowym i stopniach naukowych, Dz.U. 1990, nr 65, poz. 386.
- [4] Komunikat Centralnej Komisji ds. Tytułu Naukowego i Stopni Naukowych z dnia 26 czerwca 2000 r.
- [5] Komunikat Centralnej Komisji ds. Tytułu Naukowego i Stopni Naukowych z dnia 4 czerwca 2001 r.
- [6] Kryteria oceny kwalifikacji kadry naukowej (komentarz), Centralna Komisja ds. Tytułu Naukowego i Stopni Naukowych, Warszawa, 22 czerwca 1992 r.
- [7] Sprawozdanie z działalności Centralnej Komisji ds. Tytułu Naukowego i Stopni Naukowych w czwartej kadencji (2000–2002), Centralna Komisja ds. Tytułu Naukowego i Stopni Naukowych, Warszawa, 27 stycznia 2003 r.

# Co każdy człowiek o fizyce wiedzieć powinien

Maria Baster-Grząślewicz

*Instytut Fizyki, Akademia Pedagogiczna, Kraków*

---

## What everybody should know about physics

---

### 1. Wstęp

Refleksje nad tym, co każdy współczesny człowiek powinien wiedzieć o fizyce, chcę oprzeć na doświadczeniach z prac w zespole Ministerstwa Edukacji Narodowej nad podstawami programowymi w szkołach ponadgimnazjalnych. Koncepcja nauczania fizyki i astronomii w liceum, której jestem autorką, zawarta w obowiązującej już od ponad roku podstawie programowej z fizyki i astronomii [1], jest rezultatem przemyśleń na powyższy temat. Koncepcję tę traktuję jako konkretny krok w kierunku rozwiązania niektórych, podnoszonych również na łamach *Postępów* [2,3] problemów związanych ze stanem świadomości przyrodniczej naszego społeczeństwa. Podstawa programowa jest jednak dokumentem o określonej przepisami, związanej formie, niedopuszczającej szerszych opisów i komentarzy. Tymczasem, jak wynika z wielu rozmów z nauczycielami i autorami podręczników, brak omówienia i wyjaśnienia skrótowych z konieczności haseł podstawy prowadzi do wielu nieporozumień i interpretacji wypaczających sens tego dokumentu. Natomiast poza środowiskiem oświatowym materiał ten, jak sądzę, nie jest w ogóle znany. Uważam więc za potrzebne przedstawienie w szerszym kontekście całościowej i spójnej koncepcji takiego nauczania fizyki w szkole, jakie – moim zdaniem – można ukształtować, poprzez rozsądną praktykę, w ramach obowiązujących przepisów. Mam nadzieję, że artykuł ten rozwieje pewne niejasności i pomoże uporządkować niektóre chaotyczne pomysły dydaktyczne np. na rynku wydawniczym, które niekiedy sięgają zamęt w umysłach nauczycieli. Byłabym szczęśliwa, gdyby mój artykuł został także odebrany jako głos w szerszej dyskusji na temat problemów kształcenia w zakresie nauk ścisłych i przyrodniczych.

### 2. Czy każdy musi uczyć się fizyki?

To pytanie zadają sobie często uczniowie, rodzice i sfrustrowani brakiem efektów swej pracy nauczyciele. Stawiają je nieraz również fizycy, mający poczucie elitarności swej wiedzy. Jest bezspornym faktem,

że z upływem lat zachodzi ciągły proces zmniejszania się w społeczeństwie nie tylko zainteresowania fizyką, ale również szacunku dla niej. Sytuacja ta wynika przede wszystkim z pogłębiającej się w miarę szybkiego rozwoju wiedzy przepaści między „wielką fizyką” a zwykłym człowiekiem, niedostrzegającym jej związku z rzeczywistością albo co gorsza obarczającym ją winą za prawie wszelkie zło, które spotyka go od cywilizacji (zagrożenia ze strony energetyki jądrowej, zanieczyszczenia, hałas). Tłumiony od lat kompleks wobec zbyt trudnych i „niepojętych” dla wielu ludzi nauk ścisłych wybuchnął obecnie protestem wobec tej niechcianej, „niebezpiecznej potęgi”, a następnie pogłębiającym się z upływem lat lekceważeniem, wynikającym ze wszechogarniającej niewiedzy. Niechęć ta wiąże się wyraźnie z zupełnym niezrozumieniem przez przeciętnego absolwenta szkoły średniej roli fizyki we współczesnym świecie oraz korzyści z jej znajomości w życiu codziennym, a także z niedoceniań humanistycznych walorów fizyki, jej związku z innymi naukami oraz wagi refleksji filozoficzno-przyrodniczej, jaką wiedza fizyczna niesie nie tylko dla rozwoju osobowości, ale także dla relacji społecznych. Można tutaj przytaczać różne anegdotki na poparcie tej tezy. Można też powoływać się na badania ankietowe świadczące o tym, że w szkołach fizyka jest najbardziej zniechęcanym przedmiotem.

Czy każdy musi pamiętać szczegółowe wzory i prawidłowości fizyczne? Oczywiście nie. Każdy współczesny człowiek powinien natomiast o fizyce wiedzieć tyle, ile potrzeba, aby rozumieć świat, który go otacza, i nie być wobec niego bezbronnym. To bardzo dużo, ale właśnie tyle fizyki powinniśmy nauczyć każdego młodego człowieka, bez względu na to, czy chce być inżynierem, czy filologiem lub artystą. Jeśli nie chcemy w przyszłości żyć w społeczeństwie dyletantów manipulowanych przez garstkę „dobrze poinformowanych”, musimy przekonać młodych ludzi u progu ich dorosłego życia, że warto znać fizykę nie tylko dlatego, aby życie miało więcej blasku, aby było ciekawsze i głębsze, ale również po to, aby umieć wykorzystywać naukowe argumenty i nauczyć się odróż-

niać je od bałamutnych, fałszywych lub powierzchownych informacji, którymi zasypuje nas codzienność. Gdy popatrzymy na przebieg nauki szkolnej, zobaczymy, że decydujące w ukształtowaniu na całe życie takiej świadomości przyrodniczej młodego człowieka, jego szacunku do wiedzy i stosunku do tego wszystkiego, co niesie wiedza fizyczna, będzie właściwe ustalenie tzw. kanonu fizyki w liceum, ostatniego obligatoryjnego etapu nauki fizyki w szkole. Przed precyzyjniejszym omówieniem celów oraz zakresu merytorycznego podstawy programowej kształcenia w zakresie fizyki i astronomii w nowym liceum warto zastanowić się nad sytuacją zastaną, tradycją dydaktyczną w tym zakresie, która dotychczas sprowadzała zazwyczaj kurs obligatoryjnej wiedzy fizycznej w liceum do oderwanych od siebie faktów z poszczególnych działów fizyki klasycznej i spowodowała powszechną niechęć do fizyki w polskich szkołach, a co najmniej jej nie zapobiegła.

### 3. Dlaczego uczniowie nie lubią fizyki?

Odpowiedzi bywają dwojakie: „bo fizyka jest nudna” lub „bo fizyka jest trudna”. Od lat szukamy więc gorączkowo sposobu, jak uczynić fizykę ciekawą i łatwą. W tej pogoni za skutecznymi metodami dydaktycznymi zatracamy niekiedy świadomość konieczności kształtowania spójnego ciągu oddziaływań dydaktycznych na kolejnych etapach kształcenia, dostosowywanych zarówno w zakresie metod, jak i poziomu przekazywanej wiedzy do wieku i dojrzałości intelektualnej odbiorców tych zabiegów. Rozważmy kilka modnych „przykazań” dydaktycznych, przewijających się często podczas konferencji i zjazdów: 1) przede wszystkim zaciekawić; 2) koniecznie blisko życia i codziennych zastosowań; 3) im mniej matematyki, tym lepiej; 4) najważniejsza jest intuicja. Pragnąc nakłonić uczniów, aby chcieli nas słuchać i oglądać, gotowi jesteśmy na spore kompromisy: cyrk, widowiska, jarmarki, światło, dźwięk, z których niestety często niewiele wynika. Przede wszystkim zaciekawić? Tak, oczywiście, ale co potem? To prawda, że najważniejsza jest intuicja, ale najpierw trzeba ją prawidłowo ukształtować, a to właśnie największy problem! To prawda, że niezbędne jest nawiązywanie do codziennych doświadczeń, ale nie można się do nich ograniczać, bo świat jest przecież większy niż otaczające ucznia szkolne podwórko. Im mniej matematyki, tym lepiej – dla tych, którzy jej nie umieją. Może jednak w szkole warto także pokazywać, że im więcej matematyki, tym łatwiej tym, którzy potrafią z niej korzystać. Przy obowiązującej obecnie dużej swobodzie programowej zatracamy niekiedy zdrowy rozsądek i kręcimy się w kółko. Nie można przecież mówić tego samego i w ten sam sposób do 10-letnich dzieci i prawie dorosłych ludzi! Tymczasem przeglądając niektóre pięknie wydane, kolorowe podręczniki szkolne czasem trudno zgadnąć, czy to liceum, czy gimnazjum, czy może przyroda ze szkoły podstawowej.

Dlaczego fizyka jest trudna dla większości uczniów? Trudności te, jak wiadomo, wynikają przede wszystkim z konieczności łączenia abstrakcyjnych pojęć z rzeczywistością i odwrotnie: przetwarzania rzeczywistości na abstrakcyjne obiekty, tworzące warsztat pojęciowy fizyka. Fizyka jest trudna, bo wiąże się z koniecznością łączenia zdolności manualnych i wyobraźni eksperymentatora z wyobraźnią matematyczną i umiejętnością ścisłego, logicznego, myślenia. Czy można uczynić fizykę łatwą, uciekając od problemów, które są jej istotą?

Trudności w nauczaniu fizyki są wielorakie. Mała liczba godzin, złe wyposażenie pracowni, brak podziału na grupy... Postulaty zmiany tego stanu rzeczy uniemożliwiającego, zdaniem wielu nauczycieli, prawidłowe prowadzenie procesu dydaktycznego, zgłaszane są bezskutecznie od lat. Nie o nich jednak chcę tutaj mówić, bo jest to dla mnie oczywistość, na którą niestety nie mam wpływu. Uważam natomiast, że w sytuacji istnienia tych organizacyjno-ekonomicznych trudności tym wnikliwiej powinniśmy się przyjrzeć trudnościom merytorycznym, wynikającym z niedoskonałości programowych, braku korelacji fizyki z matematyką w programach szkolnych czy konieczności popularyzacji trudnych, abstrakcyjnych pojęć. Może da się te trudności złączyć?

### 4. Jak uczyć fizyki w liceum?

To pytanie trzeba oczywiście powiązać z wyraźnie postawionym innym pytaniem: o czym należy uczyć na lekcjach fizyki w liceum? Jak wspomniałam w poprzednim rozdziale, zbyt często dyskusja o tym, jak uczyć atrakcyjnie, przesłania nam dyskusję merytoryczną, czego uczyć i po co. Eliminuje się przy tym zwykle z góry te wszystkie treści i cele, które wydają się niemożliwe do osiągnięcia przy powszechnie panujących, choć nie zawsze dostatecznie sprawdzonych przekonaniach, dotyczących tego, co uczeń jest w stanie, a czego nie jest w stanie zrozumieć. Przede wszystkim zaciekawić! Zanim określimy, jak zaciekawić ucznia liceum, zastanówmy się więc może najpierw, czym go zaciekawić. Istotne jest, aby w nauczaniu przedmiotu reagować na naturalną, zgodną z wiekiem ciekawość, dotyczącą zakresu zainteresowań, charakterystycznego dla tego wieku, i umieć tę ciekawość wykorzystać przez dobór odpowiednich tematów. Co młody, inteligentny człowiek może uznać za ciekawe? Jak zainteresować ucznia liceum fizyką, tak by uznał, że warto się jej uczyć? Hasło „koniecznie blisko życia” dla 16-letniego człowieka znaczy z pewnością coś więcej niż „blisko domu” czy „blisko domowego ogródka”. Jego świat to często marzenia i problemy, o których słyszy, czyta, ogląda w Internecie. To sprawy, które pobudzają jego wyobraźnię, często dalekie od dosłownie rozumianej codzienności. Czy wolno nam ignorować te młodzieńcze zainteresowania, dotyczące np. Wszechświata, tylko dlatego, że nie można ich zweryfikować w szkolnej pracowni?



Zapytałam kilka lat temu znajomego licealistę, czy lubi fizykę. Odparł: „A którą, szkolną czy tę inną?”. A potem pokazał mi artykuły ze *Świata Nauki* o teorii względności, kocie Schrödingera... Zdałam sobie wtedy sprawę z tego, że większość licealistów skończy naukę fizyki na osiągnięciach XIX wieku. Zgodnie z dawną podstawą programową tylko wybrani mieli bowiem szansę dowiedzieć się w IV klasie liceum czegoś o tzw. fizyce współczesnej. Była to wiedza głównie jakościowa, bez skomplikowanych wzorów i matematycznych szczegółów, które oczywiście na poziomie szkolnym są niemożliwe do wprowadzenia. Ale jeśli aparat matematyczny potrzebny do takich jakościowych rozważań jest niewielki, to dlaczego nie mówić o tym trochę wcześniej, nie tylko wybranym, ale wszystkim młodym ludziom ciekawym tego, co nieznanne i zaskakujące? Jeśli uchylimy im „rąbka tajemnicy”, to może lepiej będą w przyszłości rozumieli nas, fizyków, i nasze racje, a przede wszystkim może uwierzą i zapamiętają, że prawa przyrody, nawet gdy dotyczą spraw bardzo odległych od codzienności, są weryfikowalne i w ten sposób odróżnialne od bajki lub magii.

Jak to możliwe, że fizyk potrafi zobaczyć to, czego nie widać? Skąd wiemy, że istnieją atomy? Skąd wiemy, co się dzieje we Wszechświecie? Po co nam wiedza o tym, co jest od nas tak odległe, jak gwiazdy, albo tak bardzo małe, jak wnętrze atomu? Próba odpowiedzi na te zasadnicze dla ucznia w wieku licealnym pytania trafia również w istotę spraw, które powinny być celem kształcenia ogólnego w liceum i stanowić fundamentalną wiedzę wyniesioną ze szkoły na całe życie, przez każdego człowieka, również humanistę, a może przede wszystkim przez tego, który czuje się humanistą.

Jak więc uczyć fizyki w liceum?

## 5. Ogólna koncepcja nauczania fizyki w liceum

Obowiązująca podstawa programowa z fizyki i astronomii dla liceum składa się z dwóch części: tzw. k a n o n u, przeznaczonego dla wszystkich uczniów i realizowanego na początku nauki w liceum („Podstawa programowa kształcenia ogólnego dla liceów profilowanych” [1]), oraz z tzw. p r o f i l u, czyli rozszerzonej wersji nauczania („Podstawa programowa kształcenia w profilach, profil proakademicki” [1]).

Cel profilu jest oczywisty: pogłębić i uporządkować wiedzę i umiejętności fizyczne, tak aby mogły stanowić solidną podbudowę dla dalszej nauki.

Cel oraz koncepcję kształcenia zawartą w k a n o n i e można ogólnie określić w następujący sposób: zakładając, że uczeń ma elementarną wiedzę wyniesioną z gimnazjum, przedstawić w sposób kompleksowy podstawowe problemy fizyki i jej rolę w naszym życiu, pokazując w różnych aspektach jedność praw przyrody, tak jak ją widzi fizyka współczesna.

O ile profil skonstruowany jest jako naturalne uzupełnienie kanonu do tradycyjnego poziomu wiedzy

i umiejętności oczekiwanych zazwyczaj od kandydatów na studia, o tyle koncepcja zawarta w kanonie jest nowością w naszej tradycji dydaktycznej.

## 6. Struktura nauczania fizyki w polskich szkołach

Przystępując do prac nad aktualnie obowiązującymi podstawami programowymi dla liceum, miałam świadomość następujących obowiązujących ustaleń, ograniczających ramy i zawartość tego dokumentu: 1) wiek uczniów – 16 lat, 2) wiedza uczniów – wyniesiona z gimnazjum, 3) liczba godzin kanonu, realizowanego przez wszystkich uczniów – min. 3 godz. tygodniowo w cyklu rocznym, 4) liczba godzin profilu, realizowanego przez tych uczniów, którzy po zrealizowaniu kanonu wybrali fizykę w wymiarze rozszerzonym – min. 4 godz.

Jak widać, podstawa programowa została skonstruowana w taki sposób, iż kształcenie rozszerzone z fizyki musi zawierać zarówno kanon, jak i profil, który nie powtarza treści kanonu, a jedynie je uzupełnia. Chociaż obecna organizacja klas profilowanych w liceach bywa różna, zachowanie kolejności realizacji najpierw treści kanonu, a potem treści profilu jest istotne również w tych klasach, w których rozszerzony program fizyki deklarowany jest od początku nauki w liceum. Kolejność treści (choćby niekonwencjonalna) nie jest bowiem przypadkowa i wiąże się z koncepcją całej podstawy, co postaram się wyjaśnić w następnym rozdziale. Zachowanie takiego układu treści umożliwia ponadto odsunięcie o pewien czas ostatecznej decyzji o wyborze wersji rozszerzonej danego przedmiotu. Dla wielu uczniów oznacza to uniknięcie pomyłki w wyborze przyszłej drogi życiowej. Opinie na temat, kiedy należy rozpoczynać kształcenie profilowane, są bardzo podzielone. Warto jednak zwrócić uwagę, że odpowiednie ustawienie kanonu może w szczególności zachęcić do wybrania w przyszłości rozszerzonej wersji fizyki niektórych spośród tych uczniów, którzy po skończeniu gimnazjum nie wykazywali jeszcze ani wyraźnych predyspozycji, ani zainteresowania fizyką.

Spójrzmy na schemat na rys. 1, obrazujący zmiany strukturalne w polskiej oświacie. Jeśli przyjrzemy się liczbie godzin, którą dysponujemy obecnie w liceum, to przekonamy się, że treści kanonu są możliwe do zrealizowania jedynie wówczas, gdy oprzemy się na wiedzy i umiejętnościach uczniów, wyniesionych z gimnazjum. Innej możliwości po prostu nie ma. Niektórzy nauczyciele sugerują co prawda, że uczniowie z pewnością nic z gimnazjum nie wyniosą i trzeba będzie wszystko zaczynać od początku, lecz mam nadzieję, że sądy takie nie są uzasadnione. Spotkałam się też z opiniami sceptyków, iż uczeń I klasy liceum nie jest dostatecznie dojrzały intelektualnie do rozmów o ideach fizyki XX w. Tym, którzy wygłaszają takie opinie, chciałabym uświadomić, że w podświadomości wielu z nas tkwi zakorzenione przed laty wyobrażenie o dawnym liceum, które przenosimy teraz

na o wiele starszych uczniów klasy pierwszej obecnego liceum. Popatrzmy jeszcze raz na rys. 1. Obecna I klasa liceum to dawna przedmaturalna klasa X, której uczniowie traktowani byli już prawie jak dorośli. Dwie ostatnie zaś klasy obecnego gimnazjum to klasa VIII i IX dawnego liceum, w których przewidziane programem tematy z fizyki realizowane były na poziomie wystarczającym do zdania matury! Zmiany strukturalne w oświacie podnoszące poprzeczkę wiekową przypisaną nazwie „liceum” wywołały tymczasem u niektórych złudzenie, iż nowe liceum zaczynają, jak dawniej, prawie dzieci, które trzeba uczyć fizyki od początku.

Lata nauki	dawniej	ostatnio	teraz
		MATURA	MATURA
12	MATURA	L	L
11	L		
10			
9			G
8		P	
7	P		
6			P
5			
4			
3			
2			
1			

Rys. 1. Kierunek zmian strukturalnych w oświacie. Zaciemnione pola oznaczają lata nauki fizyki na poszczególnych etapach edukacji szkolnej, pola najciemniejsze – lata obowiązkowej nauki fizyki w liceum (lata te zaznaczone zostały orientacyjnie, ponieważ obecnie istnieje pewna dowolność w sposobie rozdzielania obowiązkowej liczby godzin na poszczególne lata). Litery P, G, L oznaczają odpowiednio szkołę podstawową, gimnazjum, liceum.

## 7. Czego chcemy nauczyć?

Zastanówmy się więc, jaką wiedzę o przyrodzie chcemy przekazać „na całe życie” na lekcjach fizyki w liceum. W podstawie programowej kanonu na pierwszym miejscu wśród celów edukacyjnych wymieniono: „świadomość istnienia praw rządzących mikro- i makroświatem oraz wynikającą z niej refleksję filozoficzno-przyrodniczą”. Wydaje mi się, że z upływem lat właśnie ten oczywisty cel edukacyjny został zepchnięty na margines, pod presją powszechnie obecnie lansowanej dosłowności i często zbyt płytko rozumianej użyteczności. Dlaczego nic, czego nie można sprawdzić przez proste uczniowskie doświadczenie wykonane w szkolnej pracowni, nie może być tematem rozważań na lekcjach fizyki? Przecież jest jeszcze doświad-

czenie myślowe, jest dostęp do informacji, jest możliwość zapoznania się z eksperymentami wykonanymi w wielkich laboratoriach współczesnej fizyki. . . Pierwsze zetknięcie się dziecka z nauką o przyrodzie w szkole podstawowej powinno rzeczywiście polegać prawie wyłącznie na prostym, bezpośrednim, dotyczącym codzienności doświadczeniu ucznia. Zgadzam się także, że nauka fizyki w gimnazjum powinna w dużej mierze opierać się na makroskopowym doświadczeniu wykonywanym w pracowni szkolnej. Uważam jednak równocześnie, że ograniczanie kręgu zainteresowań licealisty do trywialnej tematyki codziennych, bezpośrednich doświadczeń byłoby oczywistą głupotą. To nie takie ważne, czy każdy człowiek, niezajmujący się w swym życiu zawodowym fizyką, będzie np. umiał dobrze opisać ruch wirującej bryły. O wiele ważniejsze jest, aby rozumiał, że fizyk potrafi to zrobić, posługując się odpowiednimi modelami obiektów rzeczywistych. Tymczasem mój kontakt ze studentami świadczy o tym, że wielu absolwentów szkoły średniej nie potrafi obecnie świadomie wykorzystać nawet modelu punktu materialnego, który kiedyś, jak pamiętam z własnego dzieciństwa, był zrozumiały dla większości dzieci już w szkole podstawowej. To, co uważam za najistotniejsze dla kształtowania dojrzałości intelektualnej ucznia na poziomie kanonu licealnego i co w związku z tym zdecydowałam się włączyć do treści kształcenia ogólnego, to kilka ostatnio zapomnianych w praktyce szkolnej problemów. Oto najważniejsze z nich: 1) historyczny rozwój teorii fizycznych a zakres ich stosowności (w powiązaniu z doświadczeniem), 2) związki przyczynowo-skutkowe w teoriach fizycznych i historii filozofii (determinizm i indeterminizm w opisie przyrody), 3) nasza świadomość rzeczywistego świata i stosunek do niej (czyli fizyka a filozofia), 4) złożoność struktur mikroświata i ich wpływ na zjawiska makroskopowe oraz możliwość ich wykorzystania.

## 8. Podstawa programowa kanonu licealnego

Treści podstawy programowej kanonu zostały skonstruowane w ten sposób, iż hasło główne nie jest, jak poprzednio, konkretnym działem fizyki, pod którym znajdują się hasła szczegółowe, ale hasłem ogólniejszym, dotyczącym często kilku tradycyjnych działów, a dotyczącym istoty problemów fizyki współczesnej w kontekście przyrodniczym i filozoficznym. Tematy główne nie są więc ozdobnikami, ale elementem porządkującym i wiążącym wokół wspólnego wątku tematy szczegółowe, które po nim następują. Tematy zapisane pod hasłem głównym są – jak zwykle w takiej sytuacji – wskazaniem konkretnych zagadnień szczegółowych, które powinny być omawiane w ramach problemu nadrzędnego. Nie wystarczy ich jednak omówić odrębnie, należy omówić je tak, aby były rozwinięciem hasła głównego. Należy tutaj podkreślić, uprzedzając ewentualne zarzuty, że taki sposób mówienia o fizyce proponuje się nie na początku nauki tego

przedmiotu, a na końcu jej obowiązkowego cyklu. Zakłada się przy tym naturalnie, że wszyscy uczniowie przeszli już w gimnazjum, zgodnie z wymaganiami odpowiedniej podstawy programowej, elementarny kurs klasycznej fizyki makroskopowej. Konieczność nawiązania podczas nauki kanonu do wiedzy i umiejętności ucznia wyniesionych w tym zakresie z gimnazjum jest w podstawie licealnej wyraźnie zaznaczona.

Obecna podstawa licealna oznacza więc w praktyce inny niż w dotychczasowej tradycji dydaktycznej zakres i ułożenie treści programowych, a ponadto nieco inne niż dotychczas wymagania wobec absolwenta. Sprostanie zaś im wymaga w pewnych przypadkach zmiany niektórych dotychczasowych przyzwyczajzeń dydaktycznych nauczycieli. Pokażmy to na kilku przykładach.

Jeżeli na przykład główne hasło podstawy brzmi: „jedność mikro- i makroświata”, to nie wystarczy omówić zasady nieoznaczoności czy „fal materii”, ale należy zrobić to tak, aby uczeń potrafił wyjaśnić, dlaczego w wielu zjawiskach makroskopowych nie obserwujemy efektów kwantowych, pomimo przekonania fizyków o jedności mikro- i makroświata. Jeżeli natomiast chcemy zrealizować hasło „chaos i porządek w przyrodzie”, to nie wystarczy „przerobić” drugiej zasady termodynamiki. Trzeba koniecznie pokazać jej statystyczną interpretację, wskazującą mikroskopową przyczynę obserwowanego przebiegu procesów termodynamicznych. Jeżeli zaś pod hasłem głównym „oddziaływania w przyrodzie” znajdują się tematy szczegółowe „rodzaje oddziaływań w mikro- i makroświecie” oraz „pola sił i ich wpływ na charakter ruchu”, to znaczy, iż należy oczekiwać od ucznia umiejętności porównania różnych oddziaływań występujących w przyrodzie, podania różnic i podobieństw, określenia zasięgu oddziaływań. Nie oznacza to jednak wcale konieczności „przerabiania” z nim szczegółowo np. opisu ruchów ciał w poszczególnych polach sił, bo to przewidziane jest dopiero w rozszerzonym kursie fizyki (profilu).

## 9. Czy można wprowadzić osiągnięcia fizyki XX w. do kanonu licealnego?

Problematyka, o której mówiłam w poprzednim rozdziale, poruszana była dotychczas w zasadzie tylko w najwyższych klasach rozszerzonego profilu fizyki w liceum. Wprowadzenie jej do obowiązkowego kursu fizyki może na pierwszy rzut oka wydać się szokujące. Warto jednak zwrócić uwagę, że ten kurs obowiązkowy dotyczy nie całej populacji wiekowej, a tylko uczniów liceów lub innych typów szkół kończących się maturą, a więc uczniów o rozbudzonych potrzebach intelektualnych. Spokojne rozeznanie sprawy pokazuje wiele zalet takiego właśnie podejścia – przy obecnej strukturze polskiej szkoły wydaje się ono wręcz niezbędne. Aby to zobaczyć, zbierzmy teraz obowiązujące podstawy programowe na różnych poziomach nauki i – wybierając z nich najistotniejsze dla odpowiedniego etapu

kształcenia elementy – spróbujmy złożyć całościową koncepcję nauczania fizyki w szkole. Popatrzmy, jak te „klocki” ładnie do siebie pasują, jeśli uwypuklimy odpowiednie ich cechy:

---

### GLÓWNE CELE NAUCZANIA PRZYRODY W SZKOLE PODSTAWOWEJ

Rozbudzić zainteresowanie ucznia otaczającą przyrodą, wyrabiać spostrzegawczość, rozwijać dociekliwość i logiczne myślenie, kształtować postawę badawczą.

---

---

### GLÓWNE CELE NAUCZANIA FIZYKI W GIMNAZJUM

Nauczyć podstawowych pojęć i praw fizyki makroskopowej, pokazać, jak funkcjonują one w codziennej rzeczywistości ucznia i jak ich wykorzystanie kształtuje warunki naszego życia. Nauczyć stosowania elementarnych metod badawczych fizyki do wyjaśniania i przewidywania powszechnie obserwowanych zjawisk przyrodniczych.

---

---

### GLÓWNE CELE KANONU NAUCZANIA FIZYKI W LICEUM (obligatoryjnego dla wszystkich uczniów)

Wykształcić u ucznia refleksję filozoficzno-przyrodniczą wynikającą ze świadomości praw rządzących makro- i mikroświatem. Pokazać warsztat pracy współczesnego fizyka oraz związek współczesnej wiedzy fizycznej z różnymi dziedzinami działalności ludzkiej.

---

---

### GLÓWNE CELE PROFILU NAUCZANIA FIZYKI W LICEUM (przerabianego po zrealizowaniu kanonu)

Przygotować ucznia do przyszłych studiów na kierunkach ścisłych, przyrodniczych lub technicznych.

---

Dwa pierwsze etapy: przyroda w szkole podstawowej i fizyka w gimnazjum można byłoby określić wspólnym hasłem „fizyka wokół nas”, a więc fizyka oparta przede wszystkim na tym, co odbieramy w sposób bezpośredni naszymi zmysłami. Dwa następne etapy – kanon i profil licealny – to już niejako „fizyka we współczesnym świecie”, to szersze spojrzenie na świat, który nas otacza.

Przeanalizujmy teraz powiązania i zależności różnych elementów kształcenia na rys. 2. Przedstawiony na nim schemat nie zawiera oczywiście wszystkich szczegółowych haseł podstaw programowych, a jedynie

ich najistotniejsze dla przedstawianej koncepcji kształcenia, syntetycznie ujęte treści. Widać na nim w szczególności, jak zastosowana w podstawie licealnej koncepcja zamiany zwyczajowej kolejności omawianych tematów: najpierw treści fizyki XX w., potem tradycyjnie omawiane w liceum działy fizyki, pozwala złagodzić trudności w uczeniu fizyki w liceum w zakresie korelacji matematyki z fizyką. Trudności matema-

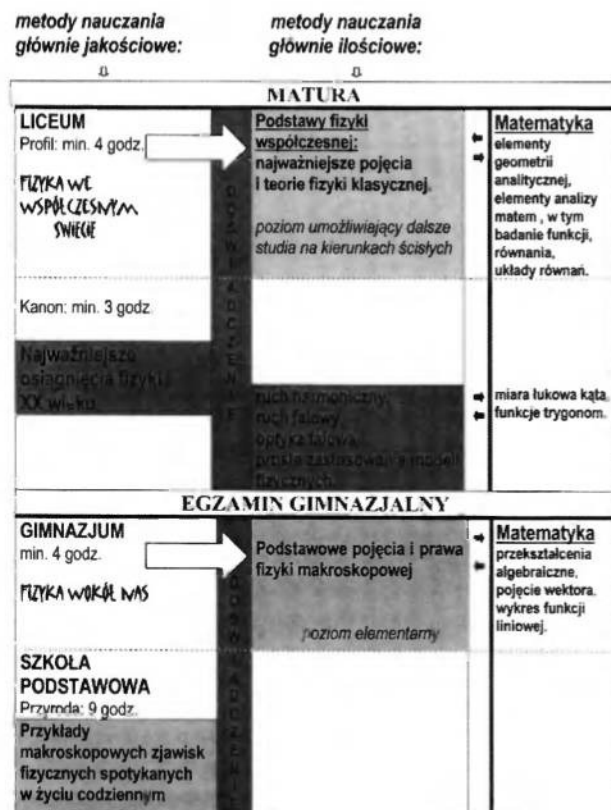
nuowania zarysowanych już w gimnazjum mechanicznych i optycznych problemów ilościowych, które można w tym momencie omawiać w stopniu wystarczającym także dla rozszerzonego programu fizyki w szkole, przeznaczonego przede wszystkim dla kandydatów na studia techniczne i przyrodnicze. Potrzebny warsztat matematyczny sprowadza się bowiem do znajomości miary łukowej kąta oraz funkcji trygonometrycznych dowolnego kąta, a to zagwarantowane jest w podstawie programowej kształcenia ogólnego z matematyki. Tak rozbudowana wiedza i umiejętności absolwenta gimnazjum powinny równocześnie wystarczyć do jakościowego dyskusowania wszystkich zawartych w podstawie kanonu problemów fizyki współczesnej. Tak więc „porządny” kurs fizyki klasycznej (dwuwymiarowy opis ruchu, pole elektromagnetyczne itp.) pojawia się w tej koncepcji tylko dla tych uczniów, którzy wybiorą fizykę w wersji rozszerzonej. Będą oni w ostatnich latach nauki dysponować już wystarczającą sprawnością matematyczną, aby materiał ten nie sprawił im większej trudności.

I jeszcze jedna uwaga. Oczywiście nie można równocześnie z realizacją obecnego kanonu „wciskać uczniom na siłę” dodatkowo wszystkiego tego, co uważamy, że być musi, bo zawsze było. Przyjęcie omawianej koncepcji podstawy programowej powoduje, że musimy zrezygnować na poziomie kształcenia ogólnego z omawiania np. bryły sztywnej czy niektórych innych szczegółowych, tradycyjnie przerabianych w liceum tematów. Uważam, że warto świadomie podjąć taką decyzję.

## 10. Zagrożenia i wyzwania

Czy można cele tak ambitne, jak określają je niektórzy, zrealizować w naszej szkole? Z sygnałów docierających do mnie w czasie kilku miesięcy funkcjonowania nowego liceum wydaje się, że tak. Świadczą o tym efekty pracy niektórych twórców podręczników i materiałów dydaktycznych, którzy z entuzjazmem podjęli koncepcję podstawy i wcielają ją w życie poprzez propozycje konkretnych rozwiązań. Świadczy o tym także stosunek do sprawy wielu nauczycieli, którzy pracując z tymi podręcznikami, realizują założenia nowej podstawy. Powodzenie koncepcji zależeć będzie jednak nie od garstki entuzjastów, ale przede wszystkim od znajomości rzeczy i pozytywnego do niej stosunku szerokiego rzesz nauczycieli liceum. Oprócz przychylnych lub wręcz entuzjastycznych opinii o omawianej koncepcji nauczania fizyki w liceum pojawiały się już podczas konsultacji projektu podstawy programowej wątpliwości, dotyczące przede wszystkim braku, zdaniem sceptyków, odpowiedniego przygotowania nauczycieli do tego typu zadań. Zadania te są z pewnością wyzwaniem, ale czy zbyt trudnym dla nauczyciela, który przecież jest, a przynajmniej powinien być fizykiem?

Głównym zagrożeniem, które może wiązać się z niewłaściwym odczytaniem podstawy, jest możliwość znalezienia w niej przez niektórych zachęty do bar-



Rys. 2. Treści fizyczne w szkole podstawowej, gimnazjum i liceum. Schemat przedstawia w sposób syntetyczny najistotniejsze dla prezentowanej koncepcji kształcenia treści oraz metody nauczania zawarte w podstawach programowych na kolejnych poziomach kształcenia. Umieszczone po prawej stronie hasła matematyczne wraz ze strzałkami (w obie strony) sygnalizują zakres możliwych i pożądaných korelacji treści fizycznych i matematycznych na odpowiednich poziomach.

tyczne są, jak wiadomo, główną przeszkodą w realizacji w szkole takich działów fizyki, jak mechanika czy elektrodynamika. Na elementarnym poziomie działy te przerabiane są po raz pierwszy w gimnazjum. Wiedza ta w pierwszej klasie liceum, zgodnie z zawartością kanonu, powinna być dodatkowo ilościowo podbudowana opisem ruchu harmonicznego oraz ruchu falowego. Szczególne rozbudowanie haseł treści kanonu w odniesieniu do tej właśnie tematyki nie jest przypadkowe. Trudno bowiem porównywać korpuskularne i falowe własności materii bez wcześniejszego wyrobienia intuicji falowej na przykładach ilościowych. Z drugiej strony opis ruchu falowego dobrze nadaje się do konty-

dzo powierzchniowego przekazywania wiedzy. Niepokoją mnie np. zauważone w propozycjach dydaktycznych jednego z wydawnictw stwierdzenia, iż treści fizyki XX w., jako zbyt trudne do realizacji w klasie, pozostawia się do pracy własnej uczniów, nie rezerwując na nie w programie ani jednej godziny. To oczywiście nonsens! Wprowadzenie powyższych treści do kanonu nauki szkolnej nie ma przecież na celu wymuszenia na uczniach spisywania z Internetu zbyt trudnych dla nich informacji, ale pomoc w zrozumieniu tego, na co mogą się natknąć np. przy samodzielnej lekturze artykułów popularnonaukowych. Nie chodzi więc o mnożenie w klasie pogadań popularnonaukowych, które oczywiście mogą być wzbogaceniem i ubarwieniem lekcji fizyki, ale o wykorzystanie do realizacji tych treści wszystkich dostępnych nauczycielowi fizyki metod dydaktycznych: prostych zadań, doświadczeń (także myślowych), dyskusji problemowych. Najpoważniejszym wyzwaniem dla nauczyciela wydaje się jednak konieczność podjęcia próby uczenia fizyki na poziomie kanonu licealnego w sposób kompleksowy i problemowy, a nie według tradycyjnych działów fizyki. Wydaje się, że takie podejście jest jedyną szansą, aby fizyka szkolna pozostawiła jakiś trwały ślad, poprzez refleksję filozoficzno-przyrodniczą, w świadomości przyszłych humanistów.

## 11. Pilne zadania

Uważam, że najpilniejszą w tej chwili potrzebą zapoczątkowanej kilka lat temu reformy jest uporządkowanie relacji między poszczególnymi szczeblami edukacji szkolnej, poprzez określenie poziomu minimalnej wiedzy i umiejętności niezbędnych do podjęcia nauki na każdym następnym etapie kształcenia. Jest to w zasadzie zadanie standardów wymagań egzaminacyjnych, które powinny być w tym celu odpowiednio szczegółowe i konkretne oraz tworzone ze świadomością zarówno wynikającej z podstawy programowej istoty nauczania na danym poziomie, jak i całościowej koncepcji kształcenia. Tak więc wymagania dotyczące sprawdzianu po szkole podstawowej powinny dawać nauczycielowi gimnazjum wyraźną wskazówkę,

do jakich treści z przyrody może się odwoływać na lekcjach fizyki, natomiast standardy wymagań egzaminu gimnazjalnego powinny przede wszystkim dotyczyć tej wiedzy i umiejętności z zakresu fizyki makroskopowej, które, zgodnie z podstawą programową, są niezbędną bazą kanonu licealnego. W przeciwnym razie, przy ogromnej różnorodności podręczników używanych w szkołach oraz niewielkiej liczbie godzin, grozi nam chaos edukacyjny. Obecnie istniejące standardy wymagań są niestety zbyt ogólnikowe, aby spełniać omawianą funkcję. Od standardów wymagań maturalnych oczekuję w szczególności, że nie ograniczą się one jedynie do wymienienia obowiązujących pojęć, zjawisk i praw, ale wymagać będą także umiejętności holistycznego spojrzenia i kojarzenia różnych faktów przyrodniczych. Zgodnie z intencją podstawy programowej, określenie standardów maturalnych jest szczególnie ważne w sytuacji wielu nieporozumień dotyczących zasad kształcenia w liceum. Podstawowym problemem okazuje się przy tym konieczność szerokiej informacji w tym zakresie, która obecnie jest stanowczo niewystarczająca, nie tylko dla nauczycieli, ale także twórców podręczników i recenzentów oraz ośrodków metodycznych, które powinny przecież tworzyć niezbędne dla nauczyciela zaplecze dydaktyczne. Podejmując pracę nad podstawą dla liceum byłam przekonana, że za zmianami strukturalnymi i programowymi pójdą, podobnie jak było to w przypadku szkoły podstawowej i gimnazjum, granty edukacyjne, przygotowujące nauczycieli do nowych obowiązków. Nie wnikać w przyczyny, dlaczego tak się nie stało, warto zastanowić się nad tym, co można i trzeba zrobić w obecnej sytuacji, aby wspomóc nauczyciela w realizacji jego niełatwych zadań.

## Literatura

- [1] Rozporządzenie MEN z dnia 21 maja 2001 r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego, kształcenia ogólnego w poszczególnych typach szkół oraz kształcenia w profilach w liceach profilowanych, Dz.U. Nr 61 (2001), poz. 625.
- [2] F. Bader, *Postępy Fizyki* 53, 93 (2002).
- [3] W. Niedzicki, *Postępy Fizyki* 53, 245 (2002).

# Euroatraktor: o losowych układach dynamicznych

Artur Łoziński

*Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński*

Karol Życzkowski

*Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński oraz Centrum Fizyki Teoretycznej PAN, Warszawa*

---

## Euroattractor: on random dynamical systems

---

Dyskretne układy dynamiczne z jednej strony stanowią szybko rozwijający się dział matematyki [1], a z drugiej są używane przez fizyków do modelowania bardziej złożonych procesów fizycznych. Analiza takich prostych odwzorowań odcinka w odcinek, jak odwzorowanie logistyczne, przesunięcie Bernoulliego czy odwzorowanie namiotowe, umożliwiła zrozumienie i opisanie zjawiska chaosu w układach nieliniowych [2–5].

Odwzorowania dyskretne należą do klasy układów deterministycznych: dowolny punkt początkowy układu określa jednoznacznie jego trajektorię. W niniejszym artykule przedstawimy ideę układu iterowanych odwzorowań (ang. iterated function systems, IFS), który stanowi pewne uogólnienie dyskretnego układu dynamicznego. Rozważmy zbiór  $k$  dyskretnych odwzorowań  $f_i: \Omega \rightarrow \Omega$ ,  $i = 1, \dots, k$ , przekształcających zbiór  $\Omega$  w siebie. Przed każdym krokiem wybieramy w sposób losowy jeden układ dynamiczny, który będzie użyty w danej iteracji. Wybór układu  $f_i$  następuje z zadaniem prawdopodobieństwem  $p_i$ , przy czym spełniony jest warunek  $\sum_{i=1}^k p_i = 1$ . Układ iterowanych odwzorowań, zdefiniowany w ten sposób, jest stochastyczny: dynamika zależy od czynnika losowego określającego, które odwzorowanie, spośród  $k$  możliwych, zostanie wykozystane w danym kroku iteracji.

Rozważmy prosty przykład IFS-u składającego się z dwóch odwzorowań:

$$f_1(x) = x/3 \quad \text{oraz} \quad f_2(x) = (x+2)/3, \quad (1)$$

zdefiniowanych na odcinku jednostkowym  $\Omega = [0, 1]$ . Obydwa prawdopodobieństwa są sobie równe i wynoszą  $p_1 = p_2 = 1/2$ . Trajektorię rozpoczynającą się w dowolnym punkcie  $x_0 \in \Omega$  generujemy w następujący sposób: z równym prawdopodobieństwem losujemy jeden z układów, a wylosowany układ, działający na  $x_0$ , wyznacza punkt  $x_1$ . Kolejny krok iteracji polega na ponownym losowym wybraniu układu, który określi punkt  $x_2 = f(x_1)$  przy założeniu, że zmienne

losowe są od siebie niezależne. Taki schemat postępowania odpowiada losowej wędrówce ulicami miasta, gdy na każdym skrzyżowaniu rzucamy (odpowiednią) kostką, aby określić kierunek dalszego marszu. W ten sposób można modelować procesy fizyczne, w których dynamika przez pewien czas jest deterministyczna, ale wybór rodzaju oddziaływania zależy od niekontrolowanego czynnika przypadkowego.

Zrealizujmy za pomocą komputera przykładową trajektorię układu losowego (1). Iteracje rozpoczynamy z dowolnego punktu  $x_0$ , a na odcinku  $[0, 1]$  oznaczamy tylko drugi tysiąc punktów,  $\{x_{1001}, \dots, x_{2000}\}$ . W jaki kształt ułożą się punkty na ekranie? Powtarzając kilkakrotnie takie doświadczenie numeryczne zaobserwujemy, iż niezależnie od wyboru punktu początkowego i konkretnej realizacji procesu losowego obraz powstający na ekranie są nie do rozróżnienia. Co więcej, powstający obraz ma skomplikowaną strukturę fraktalnego zbioru Cantora, pomimo że dynamika każdego z układów z osobna jest prosta i łatwa do opisanie: każde odwzorowanie ma jeden przyciągający punkt stały,  $(f_1)^n(x) \rightarrow 0$  oraz  $(f_2)^n(x) \rightarrow 1$ .

Dynamikę danego IFS-u można również opisywać, analizując ewolucję gęstości (lub ogólniej, miar probabilistycznych) zadanych na zbiorze  $\Omega$ . Załóżmy, że początkowa gęstość jest jednorodna, tzn.  $\gamma_0(x) = 1$  dla  $x \in [0, 1]$ . Jak będzie wyglądała gęstość  $\gamma_1(x)$  po jednokrotnej iteracji układem iterowanych odwzorowań? Otrzymanie odpowiedzi ułatwi wprowadzenie operatora Markowa, stowarzyszonego z każdym IFS-em. W najprostszym przypadku, gdy wszystkie odwzorowania  $f_i$  są odwracalne, operator Markowa  $M$  opisujący ewolucję gęstości  $\gamma$  jest zdefiniowany wzorem [6,7]

$$M[\gamma](x) = \sum_{i=1}^K p_i (f_i^{-1}(x)) \gamma(f_i^{-1}(x)) \left| \frac{df_i^{-1}}{dx} \right|, \quad (2)$$

gdzie  $x \in \Omega$ . W analizowanym przykładzie obrazem

gęstości jednorodnej  $\gamma_0(x)$  jest  $\gamma_1 = M[\gamma_0]$ , czyli gęstość jednorodna w każdym z przedziałów:  $[0, 1/3]$  oraz  $[2/3, 1]$ . W kolejnej iteracji powstaje gęstość  $\gamma_2$ , jednorodna na czterech przedziałach o długości  $1/9$ , a w granicy asymptotycznej otrzymamy osobliwą miarę prawdopodobieństwa  $\mu_*$  skoncentrowaną na fraktalnym zbiorze Cantora, jak ilustruje rys. 1. Zbiór ten ma własności samopodobne, gdyż powiększając trzykrotnie lewą część zbioru, zawartą w odcinku  $[0, 1/3]$ , otrzymamy cały zbiór.



Rys. 1. Cztery kolejne iteracje początkowej miary jednorodnej na odcinku jednostkowym. Kolejne miary są coraz bardziej podobne do miary niezmienniczej  $\mu_*$  IFS-u zdefiniowanego wzorem (1).

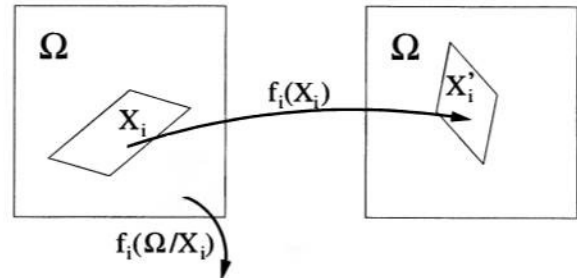
Punkty określone przez dowolną trajektorię generowaną przez IFS (1) utworzą na ekranie zbiór Cantora (a ściślej mówiąc, jego dowolnie dobre przybliżenie), gdyż miara Cantora  $\mu_*$  jest miarą niezmienniczą operatora Markowa,  $\mu_* = M[\mu_*]$ . Jest to miara przyciągająca, tzn. rozpoczynając iteracje z dowolnej miary początkowej  $\nu$  otrzymamy w granicy miarę Cantora,  $\lim_{n \rightarrow \infty} M^n[\nu] = \mu_*$ . Takie przyciągające miary niezmiennicze nazywamy atraktorami układu, choć niekiedy ta nazwa dotyczy też zbiorów niezmienniczych, czyli nośników miary niezmienniczej.

Interesującym problemem matematycznym jest podanie warunków wystarczających, aby dany IFS miał tylko jedną miarę przyciągającą. Można wykazać [8], że przy stałych prawdopodobieństwach  $p_i$  warunkiem wystarczającym istnienia atraktora dla danego iterowanego układu odwzorowań jest własność zwężania (kontrakcji), spełniana przez każde z odwzorowań  $f_i$ . Oznacza to, że istnieje taka liczba  $L < 1$  (stała Lipschitza), że dla każdej pary punktów  $x, y \in \Omega$  spełniony jest warunek:  $d(f_i(x), f_i(y)) \leq Ld(x, y)$ . IFS spełniający tę własność nazywany jest hiperbolicznym, a przykład (1) należy do tej klasy (ze stałą  $L = 1/3$  dla obu odwzorowań).

Zbiory niezmiennicze pewnej klasy iterowanych układów odwzorowań mają własności fraktalne. IFS-y działające w przestrzeni dwuwymiarowej mogą służyć do tworzenia grafiki komputerowej oraz projektowania sztucznych krajobrazów i graficznych efektów specjalnych [8,9]. Innym zastosowaniem iterowanych układów

odwzorowań może być kodowanie lub kompresja informacji graficznej: zamiast zapamiętywać rysunek bit po bicie, można próbować znaleźć układ, którego miara niezmiennicza dobrze przybliży kodowaną informację, a następnie przesyłać liczby definiujące IFS. Na podstawie otrzymanych danych odbiorca można odzyskać zakodowaną informację graficzną przez iterowanie tak zdefiniowanego układu.

Zanim przedstawimy przykład IFS-u dopasowanego do danej informacji graficznej, przedstawimy jego proste uogólnienie. W standardowej definicji IFS odwzorowania  $f_i$  przeprowadzają całą przestrzeń  $\Omega$  na nią samą. Zrezygnujemy jednak z tego wymogu i dopuścimy szerszą klasę odwzorowań. Dla każdego odwzorowania  $f_i$  zdefiniujemy zbiór  $X_i \subset \Omega$ , który zostaje odwzorowany na przestrzeń  $\Omega$  ( $f_i: X_i \rightarrow \Omega$ ). Natomiast punkty należące do dopełnienia tego zbioru (tj. należące do zbioru  $\Omega \setminus X_k$ ) są odwzorowywane poza przestrzeń  $\Omega$  (rys. 2).

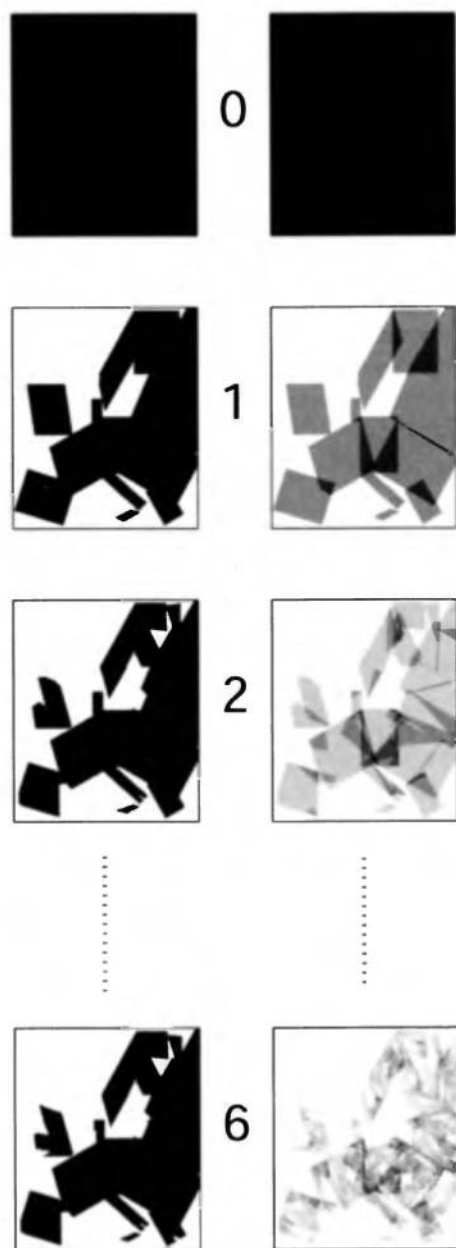


Rys. 2. Ilustracja działania odwzorowań dopuszczalnych dla uogólnionych IFS-ów. Dla odwzorowania  $f_k$  każdy punkt należący do zbioru  $X_k$  jest odwzorowywany na pewien punkt z przestrzeni  $\Omega$ . Punkty nienależące do zbioru  $X_k$  są usuwane poza  $\Omega$ .

Jako przykład zdefiniujemy uogólniony IFS, składający się z 13 odwzorowań  $f_i$  zdefiniowanych na czworokątnych podzbiorach  $X_i$  kwadratu jednostkowego,  $\Omega = [0, 1]^2$ , o jednakowych prawdopodobieństwach,  $p_i = 1/13, i = 1, \dots, 13$ . Każde odwzorowanie  $f_i$  jest afiniczne i zadane przez macierz  $2 \times 2$  przekształcenia liniowego oraz wektor translacji. Wartości parametrów wszystkich odwzorowań znaleźć można w preprintcie [10], natomiast rys. 3 pokazuje wybrane iteracje miary początkowej, która jednorodnie pokrywa kwadrat jednostkowy. Już szósta iteracja tej miary nie jest numerycznie odróżnialna od siódmej iteracji (i następnych), a więc może być traktowana jako dobre przybliżenie miary niezmienniczej. Kształt zbioru niezmienniczego (nośnika miary niezmienniczej) uzasadnia nadanie układowi nazwy Euroatraktor<sup>1</sup>. Chociaż nie jesteśmy w stanie udowodnić, że w takim układzie istnieje dokładnie jedna miara niezmiennicza, wyniki

<sup>1</sup> Do zdefiniowania tego układu zainspirowała nas konferencja „Euroatraktor” zorganizowana przez prof. W. Kłownoskiego z Instytutu Biocybernetyki PAN w Warszawie w czerwcu 2002 r. (patrz [hrabia.ibib.waw.pl/~euroatraktor](http://hrabia.ibib.waw.pl/~euroatraktor)).

numeryczne nie są sprzeczne z taką hipotezą<sup>2</sup>: dla dowolnego zbioru warunków początkowych układ dąży do atraktora przedstawionego po lewej stronie u dołu rys. 3...



Rys. 3. Euroatraktor. Po prawej kolejne obrazy miary jednorodnej na całym kwadracie jednostkowym, po lewej – nośniki tych miar. Już szósta iteracji miary jednorodnej przez operator Markowa stanowi dobre przybliżenie miary niezmienniczej.

Naszkiwowana teoria iterowanych układów odwzorowań jest wciąż przedmiotem badań matematycznych, dotyczących głównie istnienia przyciągających miar niezmienniczych. Iterowane układy odwzorowań mogą być też użyteczne przy obliczaniu całek po miarach fraktalnych [7]: całka po mierze  $\mu_*$ , która jest przyciągającą miarą niezmienniczą pewnego IFS-u, jest równa granicy ciągu całek po miarach  $\nu_n$ , gdzie  $\nu_0$  jest dowolną miarą (gęstością) początkową, a kolejne miary są zadane przez operator Markowa,  $\nu_n = M^n[\nu_0]$ . Ta metoda umożliwia analityczne obliczenia entropii dynamicznej dla wybranych układów jednowymiarowych [11].

Z punktu widzenia fizyka IFS stanowi ciekawy model dynamiczny, w którym występują elementy deterministyczne i stochastyczne. Takie podejście służyć może np. statystycznemu opisowi badanego układu, przy założeniu, że okresowe oddziaływanie z otoczeniem włączane jest w sposób losowy. Formalizm IFS, uogólniony na grunt mechaniki kwantowej [12], może być wykorzystany do analizy pewnej klasy otwartych układów kwantowych.

## Literatura

- [1] A. Katok, B. Hasselblatt, *Introduction to the Modern Theory of Dynamical Systems* (Cambridge University Press, Cambridge 1995).
- [2] H.G. Schuster, *Chaos deterministyczny* (PWN, Warszawa 1993).
- [3] E. Ott, *Chaos w układach deterministycznych* (WNT, Warszawa 1997).
- [4] G.L. Baker, J.P. Gollub, *Wstęp do dynamiki układów chaotycznych* (PWN, Warszawa 1998).
- [5] R. Dorfman, *Wprowadzenie do teorii chaosu* (PWN, Warszawa 2001).
- [6] A. Lasota, M. Mackey, *Chaos, Fractals and Noise* (Springer, Berlin 1994).
- [7] W. Słomczyński, J. Kwapien, K. Życzkowski, „Entropy computing via integration over fractal measures”, *Chaos* 10, 180 (2000); arxiv.org/abs/chao-dyn/9804006.
- [8] M. Barnsley, *Fractals Everywhere* (Academic Press, San Diego 1988).
- [9] P. Pierański, *Fraktale: od geometrii do sztuki* (Ośrodek Wydawnictw Naukowych, Poznań 1992).
- [10] K. Życzkowski, A. Łoziński, „Euroattractor: a brief introduction to Iterated Function Systems”, arxiv.org/abs/nlin.CD/0210071.
- [11] W. Słomczyński, „From quantum entropy to iterated function systems”, *Chaos, Solitons & Fractals* 8, 1861 (1997).
- [12] A. Łoziński, K. Życzkowski, W. Słomczyński, „Quantum Iterated Function Systems”, arxiv.org/abs/quant-ph/0210029; *Phys. Rev. E* (2003), w druku.

<sup>2</sup> Patrząc na zmiany polityczne zachodzące ostatnio w Europie, można się zastanawiać, czy Unia Europejska stanie się globalnym atraktorem przyciągającym wszystkie kraje naszego kontynentu?





ARTUR ŁOZIŃSKI, rocznik 1975, wielunianin z pochodzenia. Obecnie kończy doktorat w Instytucie Fizyki UJ. Jego zainteresowania naukowe to kwantowy chaos, teoria kwantowych układów otwartych, a także splątanie kwantowe. Poza fizyką interesuje się przede wszystkim literaturą. Tak jak Borges uważa, że powodem do chwały są głównie książki, które się przeczytało, a nie te, które się napisało, wobec czego czyta, a nie pisze.



Dr hab. KAROL ŻYCKOWSKI, urodzony w 1960 r. w Krakowie, habilitacja z fizyki teoretycznej na Uniwersytecie Jagiellońskim w roku 1994. Prowadzi badania w dziedzinie układów nieliniowych, kwantowego chaosu, splątania kwantowego, a także podstaw teorii informacji kwantowej. Był stypendystą Fundacji Humboldta (Essen, 1990) oraz Fulbrighta (University of Maryland, 1997), pracuje w Instytucie Fizyki UJ w Krakowie oraz w Centrum Fizyki Teoretycznej PAN w Warszawie. Zainteresowania: historia, polityka, sport, w szczególności narciarstwo wysokogórskie.



## „Wszechobecna energia”

(dokończenie ze strony 142)

Urszula Petri-Szrama), Ewelina Dyba (Gimn. nr 1 w Szprotawie, naucz. Bożena Doligalska), (Gimn. nr 2 w Żaganiu, naucz. Alicja Nadwodna) oraz Michał Bajon i Michał Zapotoczny (Gimn. nr 1 w Zielonej Górze, naucz. Beata Pawlak).

W obecnych czasach, gdy uczniowie nie są zafascynowani zdobywaniem wiedzy, warto organizować takie konkursy, które na pewno rozwijają osobowość ucznia, zachęcają do nauki i wskazują rozumne sposoby zagospodarowania wolnego czasu. Członkowie KN ZO PTF są dumni, że własnymi siłami udało się im zrealizować szczytną ideę konkursu.

Ewa Królczyk



## Oddział Wrocławski

16 grudnia 2002 r. odbyło się Walne Zebranie Oddziału Wrocławskiego PTF. Ustępujący Zarząd, któremu

przewodniczył Jerzy Czerwonko, przedstawił sprawozdanie z dwuletniej działalności.

Oddział Wrocławski liczy 165 członków, wśród nich 41 emerytów i rencistów. W czasie tej kadencji przyjęto 19 nowych członków. Działalność naukowa Towarzystwa w Oddziale Wrocławskim jest trudna. Trzy główne ośrodki skupiające fizyków pracujących naukowo: Uniwersytet Wrocławski, Politechnika Wrocławska oraz Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN organizują liczne własne seminaria, od kilku do kilkunastu tygodniowo. Tradycyjne spotkania ogólnooddziałowe poza terminami owych seminariów zawodowych nie udają się. Z tego względu Zarząd Oddziału w poprzedniej kadencji uznał, że Towarzystwo nie powinno organizować dodatkowych spotkań naukowych, lecz raczej wybierać seminaria szczególnie interesujące dla środowiska i czynić je spotkaniami Oddziału PTF. Wykłady wygłosili (wymieniam tylko osoby spoza Wrocławia): prof. Horst Kant (Instytut Maksa Plancka w Berlinie) „The unintentional revolution: Max Planck's discovery”, prof. Łukasz Turski (CFT PAN) „Defekty topologiczne w materii”, prof. Jacek Kosut (IF PAN) „Struktury hybrydowe w półprzewodnikach magnetycznych”, prof. Manfred Bayer (Uniwersytet

w Würzburgu) „Quantum information processing in semiconductor environment”, prof. Jan Gaj (UW) „Eksycytory naładowane w studniach kwantowych” oraz prof. Ryszard Horodecki (UG) „Splątanie szumowe w kwantowej teorii informacji”.

Oddział wspomaga upowszechnianie fizyki wśród młodzieży. W uniwersyteckich Instytutach Fizyki odbywają się cykle wykładów połączonych z pokazami dla uczniów i ich nauczycieli z regionu Polski południowo-zachodniej. PTF pokrywa część kosztów obsługi technicznej pokazów towarzyszących wykładom. To właśnie owe demonstracje są atrakcją przyciągającą uczniów. Jako wykładowcy występują nauczyciele akademicy oraz fizycy z INTiBS. W okresie sprawozdawczym było 25 takich spotkań. Liczba słuchaczy wynosiła 120–250 osób. W 2001 r. zorganizowano dwa spotkania z nauczycielami fizyki regionu dolnośląskiego. Na jednym z nich dyskutowano nad programami nauczania fizyki w szkołach ponadpodstawowych, na drugim – nad programami w liceach ogólnokształcących, przedstawiono także Studium Talent działające na Politechnice Wrocławskiej. Są to regularne wykłady z fizyki na poziomie I roku studiów dla utalentowanej młodzieży licealnej. Absolwenci tego Studium mają ułatwiony wstęp na studia na PW. r.

Działający we Wrocławiu Okręgowy Komitet Olimpiady Fizycznej przeprowadza zawody pierwszych dwóch stopni dla młodzieży województwa dolnośląskiego. Spośród uczniów, którzy rozwiązania zadań pierwszego stopnia przysłali do naszego Komitetu, wyłoniono grupę (51 osób w roku 2001 i 50 w roku 2002), która brała udział w zawodach drugiego stopnia we Wrocławiu. Do Warszawy na zawody centralne wysłano po 6 osób w 2001 i 2002 r. Nasz Okręg miał w ostatnich 2 latach trzech laureatów Olimpiady Centralnej. Pochodzą oni z III LO oraz XIV LO we Wrocławiu.

Walne Zebranie udzieliło absolutorium ustępującemu Zarządowi. Następnie wybrano nowy Zarząd w składzie: przewodniczący – Adam Kiejna, wiceprzewodniczący – Jacek Własak, sekretarz – Jan Chojcan, skarbnik – Julian Furtak, członkowie – Ewa Dębowska, Bernard Jancewicz, Zbigniew Kletowski.

Bernard Jancewicz



## Sekcja Młodych

Zachęcenie poparciem inicjatywy przez prof. Macieja Kolwasa, prezesa Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Fizycznego, nosimy się z zamiarem utworzenia Sekcji Młodych Polskiego Towarzystwa Fizycznego.

Głównymi celami Sekcji będą: 1) popularyzacja fizyki wśród młodzieży, 2) wzrost zaangażowania studentów fizyki w działalność naukową i popularyzatorską, 3) umożliwienie młodym fizykom szybszego wejścia w świat nauki, 4) lepsza wymiana informacji między krajowymi ośrodkami naukowymi.

Działalność Sekcji Młodych będzie się skupiała na: 1) organizacji odczytów, konferencji oraz zjazdów członków Sekcji, 2) koordynacji działalności naukowych kół fizyków, polegającej m.in. na informowaniu o seminariach, konferencjach i innych przedsięwzięciach organizowanych przez koła naukowe, 3) propagowaniu fizyki wśród młodzieży szkolnej przez organizowanie konkursów, wyjazdów naukowych, spotkań dyskusyjnych, wykładów oraz pokazów, 4) aktywnym uczestnictwie w Zjazdach Fizyków Polskich, 5) współpracy z Oddziałami oraz innymi Sekcjami PTF.

Do Sekcji Młodych zapraszamy członków PTF w wieku nieprzekraczającym 35 lat: osoby ze stopniem naukowym doktora, asystentów, uczestników studiów doktoranckich, studentów oraz uczniów szkół średnich.

Wszystkich zainteresowanych dalszymi informacjami i uczestnictwem w przyszłych pracach Sekcji prosimy o kontakt listowny na adres: Uniwersytet Śląski, Instytut Fizyki im. Augusta Chełkowskiego, „Sekcja Młodych”, pokój 152, ul. Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice, lub o kontakt drogą poczty elektronicznej: Beata Walasek – bwalasek@us.edu.pl, Beata Kaczorowska – bkaczorowska@us.edu.pl, Andrzej Ptok – aptok@us.edu.pl.

Jesteśmy przekonani, że powołanie Sekcji przyniesie wiele nowych możliwości rozwoju młodzieży i młodym naukowcom oraz wzbogaci środowisko fizyków w Polsce o jeszcze jedną formę dobrego i efektywnego współdziałania.

Beata Walasek, Beata Kaczorowska, Andrzej Ptok

## SPROSTOWANIE

Do artykułu Andrzeja Krasińskiego „Jak powstała teoria względności” (*Postępy Fizyki* 55, zes. 3, 95 (2003)) wkradł się błąd. Dokładny wzór na skróce-

nie Lorentza–FitzGerala jest następujący:

$$\Delta L = L \left( 1 - \sqrt{1 - v^2/c^2} \right).$$

## ■ Krzysztof Kąkol

Jego życie – zarówno prywatne, jak i zawodowe – jest związane z Krakowem. Tam się urodził (w 1954 r.) i mieszka do dzisiaj. W Krakowie studiował fizykę techniczną na AGH. Jeszcze na studiach (w 1976 r.) rozpoczął pracę w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego tej uczelni. W tym czasie włączył się w badania związków ziem rzadkich z metalami przejściowymi, koncentrując się na charakterystyce własności magnetycznych związków pierwiastków ziem rzadkich i kobaltu. Stopień doktora nauk fizycznych uzyskał w 1985 r. na Wydziale Matematyki i Fizyki UJ. Po doktoracie rozpoczął badania materiałów tlenkowych magnetycznych i nadprzewodzących. Istotny wpływ na wybór tej tematyki miał jego wyjazd na Uniwersytet Purdue (USA), gdzie pracował w latach 1988–91. Prowadził tam badania przejść fazowych w tych materiałach. Podsumowaniem tych prac była jego rozprawa habilitacyjna. Stopień doktora habilitowanego nauk fizycznych uzyskał w 1995 r. na Wydziale Fizyki i Techniki Jądrowej AGH. Aktualnie kontynuuje tę tematykę. W szczególności zajmuje się badaniem wpływu dynamiki sieci na przemiany fazowe w materiałach tlenkowych. Jego dorobek naukowy obejmuje ponad 60 publikacji. Tytuł naukowy profesora nauk fizycznych otrzymał 4 grudnia 2002 r.



Bardzo ważnym elementem jego aktywności jako fizyka jest działalność dydaktyczna, w której ramach opracował m.in. wiele edukacyjnych programów komputerowych, dostępnych dla studentów na jego stronie internetowej: [galaxy.uci.agh.edu.pl/~kakol/](http://galaxy.uci.agh.edu.pl/~kakol/).

Od 1999 r. pełni funkcję prodziekana ds. studenckich Wydziału Fizyki i Techniki Jądrowej AGH.

Jest żonaty i ma dwoje dzieci. Jego hobby to informatyka. Odpoczywa słuchając muzyki jazzowej, czytając książki biograficzne i uprawiając sport, zwłaszcza tenis, pływanie i narciarstwo. Zajmuje się też akwarystyką.

## ■ Marek Pajek

Urodził się w 1954 r. w Warszawie. Studia fizyczne ukończył na Uniwersytecie Jagiellońskim. Doktorat uzyskał w 1989 r., habilitował się w 1993 r., a tytuł naukowy otrzymał 27 lutego 2003 r.

Od 1978 r. jest związany z Akademią Świętokrzyską w Kielcach, obecnie jako dyrektor Instytutu Fizyki, a także kierownik Zakładu Fizyki Atomowej. W latach 1993–97 był przewodniczącym Oddziału Kieleckiego PTF.



Prowadzi badania z zakresu fizyki zderzeń atomowych oraz zastosowań spektroskopii rentgenowskiej. W latach 1984–87 przebywał w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej, a w latach 1990–92 – w Instytucie Manne Siegbahna (MSI) w Sztokholmie; współpracował także z Uniwersytetem w Erlangen. Utrzymuje wieloletnią współpracę z Instytutem Problemów Jądrowych w Świerku. Obecnie kontynuuje badania z zakresu akceleratorowej fizyki atomowej we współpracy z Instytutem Paula Scherrera (PSI) w Villigen oraz Instytutem Fizyki Ciężkich Jonów (GSI) w Darmstadcie. Eksperymenty te dotyczą precyzyjnego badania struktury wielokrotnie zjonizowanych atomów metodami spektroskopii rentgenowskiej. Najbliższe jego plany naukowe dotyczą wykorzystania promieniowania synchrotronowego w badaniu roli rozpraszania ramanowskiego w rentgenowskiej analizie fluorescencyjnej (TXRF).

Prowadzi wykłady z podstaw fizyki, fizyki atomowej oraz metod statystycznych w fizyce. Wypromował jednego doktora, kieruje dwiema dalszymi pracami doktorskimi. Kierował czterema projektami badawczymi KBN. Współautor ponad 80 publikacji w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym oraz blisko 100 doniesień na konferencjach naukowych. Członek komitetów naukowych konferencji międzynarodowych z zakresu fizyki zderzeń atomowych i promieniowania rentgenowskiego.

Żona Małgorzata, również fizyk, troje dzieci: Marcin, Marta i Maria.

## 39. Zimowa Szkoła Fizyki Teoretycznej

Pierwsza Zimowa Szkoła Fizyki Teoretycznej organizowana przez Instytut Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Wrocławskiego odbyła się w Karpaczu w roku 1964. Kolejne Szkoły, poświęcane różnym dziedzinom fizyki teoretycznej, organizowane były odtąd co roku. Jedynym wyjątkiem był rok 1982, kiedy stan wojenny uniemożliwił zorganizowanie Szkoły. Tak więc tegoroczna Zimowa Szkoła Fizyki Teoretycznej, która odbyła się w Łądku Zdroju w dniach 2–12 lutego 2003 r., nosiła dopiero numer trzydziesty dziewiąty.

Tytuł tegorocznej Szkoły brzmiał „Foundations of Quark-Gluon Plasma”, a jej współdyrektorami byli Ludwik Turko z Uniwersytetu Wrocławskiego oraz Jan Rafelski z University of Arizona w Tucson. Pojęcie plazmy kwarkowo-gluonowej pojawiło się po raz pierwszy w literaturze naukowej pod koniec lat 70. ubiegłego wieku. Postęp w technice akceleratorowej stworzył wtedy możliwość planowania doświadczeń, w których zderzające się ze sobą ciężkie jądra (np. Au, Pb, U), rozpędzone do prędkości ultrarelatywistycznych, stworzą w wyniku oddziaływania nowy stan materii hadronowej, gdzie kwarki i gluony utworzą w miarę jednolitą mieszaninę. Gęstość takiej materii byłaby 3–4 razy większa aniżeli gęstość materii we wnętrzu pojedynczego protonu, a temperatura, rzędu  $10^{12}$  kelwinów, o kilka rzędów wielkości przekraczałaby temperaturę, jaką można znaleźć wewnątrz nawet najgorętszych gwiazd.

Polskie grupy badawcze są uczestnikami eksperymentów prowadzonych w głównych ośrodkach doświadczalnych zajmujących się zagadnieniami wysokoenergetycznych zderzeń ciężkich jonów. Są to przede wszystkim akceleratory SPS w CERN-ie oraz RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider) w Brookhaven. Planuje się również udział Polski w tworzonej w CERN-ie projekcie ALICE, który umożliwi zderzenia ciężkich jonów o jeszcze większych energiach.

W Szkole brało udział ok. 40 uczestników i wykładowców. Wykładowcy, którzy do Łądku zjechali z trzech kontynentów – obu Ameryk i Europy – dokonali obszernego przeglądu zarówno obecnego materiału doświadczalnego, jak i naszego zrozumienia teoretycznego zjawisk zachodzących przy zderzeniach ciężkich jonów. Analiza teoretyczna jest tu szczególnie ważna, ponieważ w pojedynczym zderzeniu powstaje do kilkunastu tysięcy cząstek. Z tego gąszczy trzeba dopiero wyciągnąć wnioski dotyczące ewentualnego powstania nowego stanu materii.

Oto pełny spis wykładów na Szkole: Rudolf Baier (Bielefeld) – Formation of quark-gluon plasma in heavy ion collisions – some aspects, Andrzej Białas (Kraków) – Charge fluctuations, Jerzy Bartke (Kraków) – Perspectives of ultrarelativistic heavy ion physics at the CERN Large Hadron Collider (LHC), Marek Gaździcki (Frankfurt) – Search for a new state of matter at CERN-SPS: the low energy domain, Olaf Kaczmarek (Bielefeld) – Lat-

tice QCD at high temperature and density, Takeshi Kodama (Rio de Janeiro) – Relativistic hydrodynamics and equation of states for relativistic gas, Stanisław Mrówczyński (Warszawa) – Transport theory of quark-gluon plasma, Jan Rafelski (Tucson) – Hadrochemistry, Krzysztof Redlich (Wrocław) – Particle production in heavy ion collisions: statistical hadronization and string dynamics, Peter Senger (Darmstadt) – The future international accelerator facility for beams of ions and antiprotons in GSI Darmstadt, Johanna Stachel (Heidelberg) – Thermal hadron production and statistical charmed hadron production, Boris Tomasik (CERN) – HBT interferometry in ultrarelativistic heavy-ion collisions, Ludwik Turko (Wrocław) – Properties of cold and dense QGP, Bolesław Wystouch (MIT) – RHIC results survey.

Szkoła została zorganizowana przy wsparciu finansowym Uniwersytetu Wrocławskiego, Ministerstwa Edukacji Narodowej i Sportu oraz Komitetu Fizyki PAN.

Ludwik Turko

Instytut Fizyki Teoretycznej UWr  
Wrocław

## Symposium w 50. rocznicę śmierci Jana Czocharalskiego

Kwiecień bieżącego roku upłynął pod znakiem uroczystości upamiętniających 50. rocznicę śmierci prof. Jana Czocharalskiego, jednego z najbardziej na świecie znanych polskich uczonych i wynalazców, uważanego powszechnie za ojca współczesnej elektroniki. A uroczystości były imponujące, jeśli spojrzeć na nie z perspektywy już 20 lat starań, by osoba i dokonania Czocharalskiego zostały poznane i uznane w kraju i za granicą, by nazwisko znane dotychczas z nazwy metody otrzymywania monokryształów nie było tylko niewiele mówiącą zbitką liter.

Dotychczasowe mozolne działania kilku czy kilkunastu osób owocowały pojedynczymi, choć znaczącymi inicjatywami i wydarzeniami. W tym roku, mimo początkowych trudności, udało się zrealizować kilka dalszych imprez związanych z rocznicą. Z inicjatywy Polskiego Towarzystwa Wzrostu Kryształów, którego patronem jest prof. Jan Czocharalski, i dzięki zapałowi oraz niespożytej energii prof. Anny Pajczkowskiej z Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych w Warszawie, prezesa Towarzystwa, zostało zorganizowane Międzynarodowe Symposium z okazji 50. rocznicy śmierci Jana Czocharalskiego. Współorganizatorami były: Instytut Fizyki UMK oraz Urząd Gminy i Miasta Kcyni przy współpracy Niemieckiego Towarzystwa Wzrostu Kryształów (DGKK). W Symposium uczestniczyło sto kilkadziesiąt osób z kraju i zagranicy (Francji, Niemiec, Rosji, Czech, Belgii, Japonii). Warto podkreślić fakt liczego udziału w tej części Symposium młodzieży z Kcyni, członków rodziny prof. Czocharalskiego i wielu zaproszo-

nych gości. Ich pobyt był możliwy dzięki hojności sponsorów.

Honorowy patronat nad Sympozjum objął prezydent Rzeczypospolitej Aleksander Kwaśniewski, nawiązując w ten sposób do przedwojennego patronatu, jakim prezydent Ignacy Mościcki objął prace organizacyjne i naukowe Jana Czochralskiego. Uważa się, że dzięki temu powinny umilknąć niepotrzebne spory na temat osoby i działań Czochralskiego.

Pierwszego dnia (26 kwietnia) w Instytucie Fizyki UMK odbyła się część naukowa Sympozjum, za którą odpowiadała prof. Hanna Męczyńska. Wygłoszono 9 referatów i przedstawiono 35 plakatów ukazujących różne aspekty hodowli monokryształów metodą Czochralskiego i własności materiałów tak otrzymanych (pokazano m.in. niebieski laser!). Życiorys Jana Czochralskiego przedstawił prof. Krzysztof Kurzydłowski z Wydziału Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej, chlubiącego się kontynuowaniem tradycji i prac przedwojennego Instytutu Metalurgii i Metaloznawstwa, utworzonego przez Czochralskiego. Było to pierwsze publiczne i oficjalne wystąpienie przedstawiciela Politechniki Warszawskiej w tak ważnej dla nas, Polaków, sprawie (współautorem referatu był rektor PW, prof. Stanisław Mańkowski). Lody wieloletniej niechęci wobec Czochralskiego ze strony Politechniki są, jak się zdaje, ostatecznie przełamane. Jest to ważne wydarzenie, nawet jeśli wynika tylko z prostej zmiany pokoleń.

Ważną osobistością był przewodniczący obradom dr Detlaf Klimm, wiceprezes DGKK, które aktywnie promuje w Niemczech osobę Jana Czochralskiego. To przecież w Berlinie Czochralski opracował metodę pomiaru szybkości krystalizacji, wykorzystaną później do otrzymywania monokryształów.

Trzecią ważną osobistością był prof. Tsuguo Fukuda z Uniwersytetu Tohoku w Sendai (Japonia), wiceprezes Azjatyckiego Towarzystwa Wzrostu Kryształów (ASCGT) i twórca Nagrody im. Jana Czochralskiego, złożonej m.in. z pożądanego medalu.

W materiałach Sympozjum znalazła się też, ufundowana przez Urząd Gminy i Miasta Kcyni, książeczka o Janie Czochralskim pióra autora tej notatki. W tej dwujęzycznej publikacji, specjalnie przygotowanej przez Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN oraz Oficynę Wydawniczą ATUT, znalazły się: życiorys Profesora i opis początków metody Czochralskiego (nawiązujący do próby wykreślenia nazwiska Czochralskiego z nazwy metody), spis publikacji Czochralskiego i spis jego wydanych życiorysów, opis obu medali im. J. Czochralskiego (polskiego i japońskiego) i poprzednich prób jego ustanowienia oraz ponad 50 ilustracji, z których część nigdy dotychczas nie była publikowana. Książkę można zamawiać w Wydawnictwie (oficyna@atut.ig.pl) lub u autora (petomasz@int.pan.wroc.pl).

Wieczorne przyjęcie w Pałacu Dąbskich uświetnił smyczkowy Kwartet Toruński.

W niedzielny poranek uczestnicy Sympozjum zostali przewiezieni do Kcyni, rodzinnego miasta Jana Czochralskiego.

Tu odbyła się wspomnieniowo-rocznicowa część Sympozjum, przygotowana pod kierunkiem mgra Jana Kuranta z miejscowego Liceum Ogólnokształcącego im. K. Libelta. Po uroczystej mszy w kościele NMP złożono wiązanki kwiatów na grobie Profesora i odwiedzone miejsca związane z jego życiem. Następnie uczestników Sympozjum ugościła Szkoła Podstawowa im. prof. Jana Czochralskiego (nosząca to imię od 1999 r.). Centralnym punktem programu było odsłonięcie (przez burmistrza Kcyni, mgr. inż. Tomasza Szczepaniaka, oraz przez najmłodszego potomka Profesora, Adama Nowackiego) i poświęcenie pomnika Jana Czochralskiego (fot.). Marzenia i plany autora sprzed kilku lat ziściły się. Przed szkołą stanęło popiersie Profesora dłuta Andrzeja Grodzkiego, odlane w brązie w Koninie przez firmę „Fugo-Odlew” i postawione na cokole z czerwonego granitu, a ufundowane przez wiele instytucji krajowych i zagranicznych. Wysłuchaliśmy referatu o Kcyni i Profesorze przygotowanego przez Magdalenę Stachowiak oraz mogliśmy zwiedzić specjalną wystawę i szkolną Izbę Pamięci Profesora.



Pomnik Jana Czochralskiego w Kcyni (fot. Jacek Nowaczewski)

Na specjalnym stoisku Poczty Polskiej można było zaopatrzyć się w widokówkę oraz okolicznościowy datownik pocztowy przygotowany przez władze Kcyni. Warto zauważyć, że jest to już drugi taki datownik poświęcony Profesorowi – pierwszy stosowano podczas Europejskiego Kongresu Krystalograficznego we Wrocławiu w 1986 r.

Na obiad i wręczenie upominków dla organizatorów i zasłużonych gości zaproszono wszystkich do zamku w pobliskim Grocholinie, gdzie w pięknym parku zostaliśmy powitani przez regionalny zespół „Pałuki”.

Wdzięczni wszystkim organizatorom i sponsorom wracaliśmy do domów z gościnnej Kcyni, pamiętając, że nie wszystko jeszcze zostało zrobione. Prowadzone są nadal badania nad dorobkiem metaloznawczym Czochralskiego, a także prace nad odzyskaniem willi „Margowo”, wybudowanej przez Profesora, a zajmowanej teraz przez osoby niezwiązane z rodziną Czochralskich. Trwają niezwykle trudne rozmowy o powołaniu międzynarodowej kapituły, która przyznawałaby jeden Medal im. Jana Czochralskiego, wspólny dla krystalografii, hodowli kryształów i materiałoznawstwa. Wobec prób odebrania medalu polskim instytucjom ważne jest zagwarantowanie polskiej stronie (w tym m.in. rodzinie Profesora) odpowiedniej pozycji w tej kapitule. Nie można teraz zapominać, że Jan Czochralski był Polakiem i polskim uczonym.

Pragniemy również, by oprócz pomnika z brązu możliwe było ufundowanie stypendium im. Jana Czochralskiego dla młodych kcyńian, przyszłych następców i naśladowców ich wielkiego rodaka. Prowadzone od trzech lat rozmowy nie przyniosły na razie funduszy, które pozwoliłyby ruszyć z miejsca tej cennej inicjatywie. Może sukces Sympozjum pozwoli zrealizować i ten pomysł, nawiązujący do stypendiów fundowanych przez Jana Czochralskiego polskim studentom we Frankfurcie nad Menem i Warszawie.

Paweł Tomaszewski

Instytut Niskich Temperatur  
i Badań Strukturalnych PAN  
Wrocław

## RECENZJE

### Atlas fizyki

Hans Breuer: *Atlas fizyki*, przełożył Jerzy Gronkowski, Wydawnictwo Prószyński i S-ka, Warszawa 2000, s. 402.

Zapowiedź Wydawnictwa oraz „Przedmowa do wydania polskiego” od Redakcji informuje, że *Atlas fizyki* ma charakter ilustrowanej publikacji syntetycznej, w której 188 kolorowych plansz ilustruje pojęcia, zjawiska, prawa bądź przyrządy fizyczne. W sposób systematyczny i zwięzły w poszczególnych rozdziałach tematycznych przedstawione zostały podstawowe działy fizyki, jak: mechanika, drgania i fale, akustyka, termodynamika, optyka i promieniowanie, elektryczność i magnetyzm, fizyka ciała stałego, fizyka współczesna.

Książka jest pierwszym polskim wydaniem dwutomowej wersji *dtv-Atlas zur Physik* (t. 1, wyd. 6, t. 2, wyd. 5) z 2000 roku. W zamyśle Redakcji adresowana jest do szerokiego kręgu czytelników zainteresowanych fizyką – od gimnazjalistów poczynając, po naukowców. Wydaje się jednak, że jako swoiste kompendium wiedzy fizycznej szczególnie przydatna będzie przede wszystkim uczniom szkół średnich zainteresowanym fizyką (olimpijczykom, zdającym maturę z fizyki bądź egzamin na studia), nauczycielom, studentom wszystkich typów studiów, gdzie wykładana jest fizyka, młodym pracownikom nauki, jak też wykładowcom.

*Atlas fizyki* nie jest lekturą łatwą, „do pooglądania”. Jak w większości publikacji syntetycznych, charakteryzujących się niewielką objętością w stosunku do przedstawianych zagadnień, każde zdanie jest tu ważne, przekazuje najistotniejsze treści i wymaga od czytelnika koncentracji uwagi oraz zastanowienia. Znacznym ułatwieniem prezentacji, a w efekcie percepcji przez czytelnika wiedzy fizycznej, ma być bogata warstwa ilustracyjna *Atlasu*. Publikacja składa się z wielobarwnych rysunków, schematów i tablic na parzystych stronach, których zadaniem jest ułatwienie zrozumienia tekstów umieszczonych na stro-

nach nieparzystych. Taki układ i forma prezentacji przyjęte zostały za typowe dla całej serii „Atlasów” wydawanych przez Wydawnictwo Prószyński i S-ka.

Nadmienić jednak należy, że nazwa *Atlas fizyki* jest poniekąd myląca – mamy raczej do czynienia z atrakcyjnym, bogato ilustrowanym przewodnikiem tematycznym z zakresu podstaw fizyki. Bowiem zbiór tablic, rysunków, wykresów, diagramów czy grafów objaśniających dane zagadnienie fizyczne nie pełni funkcji nadrzędnej wobec bogato prezentowanej treści (tzn. tekst nie jest tylko „legendą” do prezentowanych tablic, jak sugeruje nazwa *Atlas*). To poszczególne hasła (a nie tablice) pełni tu główną funkcję – im nadano układ logiczny, one wymusiły odstępstwa od przyjętej formy „stron dla tablic” i „stron dla tekstu” (np. s. 14, 58, 102). To właśnie dzięki koncepcji logicznej ciągłości (kontynuacji) treści omawiana publikacja może być czytana wrywkowo „hasłami” lub jak zwarty podręcznik. Warto zatem podkreślić, że polskie zasoby (niestety nadal stosunkowo ubogie) przewodników, kompendiów, encyklopedii oraz słowników z fizyki wzbogaciły się o cenną i rzetelną pod względem zarówno naukowym, jak i dydaktycznym pozycję.

Niewątpliwym walorem tej publikacji jest zwięzłość i uporządkowanie tematyczne, jak również to, że w sposób kompetentny i poglądowy przedstawiono w niej stosunkowo szeroki zakres tematyczny – od niezbędnych wiadomości ogólnych (obejmujących podstawy matematyczne oraz zestawienie wielkości fizycznych, ich oznaczeń i jednostek SI) po elementy fizyki współczesnej (teorię względności, teorię kwantów, cząstki elementarne). Pewien niedosyt pozostawia brak współczesnych osiągnięć fizyki Wszechświata (elementów kosmologii). Pomimo syntetycznego ujęcia, przy poszczególnych hasłach uwidoczniono związki między różnymi dziedzinami fizyki, jak również innymi naukami: biologią (np. zjawisko plazmolizy, s. 126), medycyną (np. lasery w medycynie, s. 190), techniką (np. historia chłodnictwa, s. 118).

Końcowym akcentem książki jest Dodatek o charakterze informacyjnym, w którym przedstawiono współczesne sposoby gromadzenia i wyszukiwania informacji naukowej oraz zamieszczono tabele z zakresu historii fizyki: wybitne postacie, najważniejsze wydarzenia, laureaci Nagrody Nobla. Na końcu *Atlasu* – co zasługuje na szczególną uwagę – zamieszczono Bibliografię dostępną dla Czytelnika w języku polskim oraz wybrane adresy internetowe. Te ostatnie – niestety w bardzo ograniczonym zakresie (zwłaszcza strony www dostępne w języku polskim).

Przejrzysty Indeks nazwisk oraz bogaty Indeks rzeczowy umożliwiają Czytelnikowi szybką orientację w zasobach *Atlasu* oraz bezpośrednie dotarcie do poszukiwanych haseł. Niestety – próżno szukać – zarówno w Indeksie nazwisk, jak i pośród Wybitnych postaci – np. nazwiska Kopernika (choć pojawia się na s. 45 przy „systemie kopernikańskim” oraz przy „układzie heliocentrycznym”, wyróżnionym w tabeli: Najważniejsze wydarzenia w historii fizyki). Również inne zauważone – nieliczne – uchybienia zaliczyć należy raczej do redakcyjnych, np.:

s. 226: opisanie osi  $U$  wykresu – jest: 0, 4, 6, 12, powinno być: 0, 4, 8, 12;

s. 228: oznaczenie osi wykresu – jest: czas,  $t$ , powinno być: czas  $t$ ;

s. 228: błędny zapis wzoru – jest:  $U = U_0/e^{-t/\tau}$ , powinno być:  $U = U_0e^{-t/\tau}$ ;

s. 240: brak opisu biegunów magnesu sztabkowego, podkowiastego, pierścieniowego;

s. 246: opis bieguna N w diagramie 3 sugeruje istnienie bieguna poza magnezem;

s. 256: brak opisu biegunów magnesów; interpretację utrudnia brak bezpośrednich odnośników poszczególnych przykładów graficznych do opisu w tekście;

s. 262: oznaczenie osi wykresu – jest: czas,  $t$ , powinno być: czas  $t$ ;

s. 292: brak opisu osi dla wykresów w diagramie Elektryczny obwód *RLC*.

Istotną niedogodnością jest brak numeracji rysunków, tabel, plansz oraz związany z tym brak bezpośrednich odwołań w tekście. Same zaś ilustracje pomimo niewielkich rozmiarów są na ogół przejrzyste i czytelne. Nieliczne przypadki mało czytelnych rysunków pojawiają się tam, gdzie na stronie zgromadzono zbyt dużą ich liczbę (np. s. 138 – Wklęsłe zwierciadło sferyczne). Nie wszędzie przyjęte konwencje dla zastosowania kolorów będą jasne dla czytelnika; np.: s. 194 – szerokie żółte wiązki światła nie ułatwiają zrozumienia warunków powstawania obrazów dyfrakcyjnych; s. 292 – Czytelnik może mieć problem z interpretacją żółtych pól na wykresach w diagramie „Elektryczny obwód *RLC*”. Nie podano żadnego kryterium wyboru „Wybitnych postaci w historii fizyki”, ani legendy, co oznaczają kolory przypisane do poszczególnych krajów (s. 370) oraz epok (s. 374). W tabeli na s. 376 – „Liczba laureatów różnych narodowości” – kolor sugeruje narodowość uczonych (podczas gdy chodzi raczej o obywatelstwo w czasie otrzymania Nagrody Nobla). Na podstawie podanego kryterium w następnej ta-

beli można by błędnie odczytać, że M. Skłodowska-Curie była narodowości francuskiej, a I.I. Rabi pochodził z USA.

I uwaga końcowa: nie sposób rzetelnie i szczegółowo omówić w krótkim tekście tak obszerną, wielowątkową pracę, jaką jest *Atlas fizyki*. Zapewne można coś w niej ulepszać, ujednoczyć, coś dodawać, z czegoś rezygnować. W tym jednak miejscu należy podziwiać ogrom pracy wykonanej przez Autora oraz polskiego Tłumacza. Wydawałoby się, że w tak skondensowanej formie trudno o żywy język czy przykłady, a rezygnacja ze sformalizowanych zapisów musi przyczynić się do nadmiernego rozrostu treści. Tymczasem po publikację sięga się chętnie – spełniając rygory naukowości, jest przystępna dla Czytelnika, dobrze opracowana dla celów dydaktycznych. Szata edycyjna *Atlasu fizyki* zapewnia jego użytkowanie przez dłuższy czas. Poręczny rozmiar, twarda oprawa, solidne zszycie stron zachęcają do częstego korzystania z książki – nie tylko dla pozyskiwania nowej wiedzy fizycznej, ale w celu nieustannego odnawiania i systematyzowania wiedzy już nabytej.

Małgorzata Klisowska  
Instytut Fizyki UR  
Rzeszów

## Fulereny i nanorurki

Władysław Przygocki, Andrzej Włochowicz: *Fulereny i nanorurki. Własności i zastosowanie*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2001, s. 479.

W latach 80. i 90. ubiegłego stulecia byliśmy świadkami dwóch doniosłych odkryć w dziedzinie, w której nasza wiedza wydawała się dość dobrze ugruntowana. Odkrycia te dotyczyły nowych postaci tak powszechnie znanego i stosowanego od wielu dziesięcioleci materiału, jakim jest węgiel. Pierwsze z nich, odkrycie fulerenów, przyniosło jego autorom, Curlowi, Kroto i Smalleyowi, Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii w 1996 r. Natomiast drugie, będące niejako logiczną kontynuacją pierwszego, autorstwa japońskiego badacza lijimy, doprowadziło do odkrycia jednego z najbardziej fascynujących materiałów, jakie zostały wytworzone przez człowieka – nanorurki węglowe. Te dwie nowe postaci węgla stały się bardzo szybko przedmiotem zainteresowania wielu grup badawczych, a liczba opublikowanych na ich temat prac wzrasta w tempie niespotykanym w najnowszej historii nauki. Nie będę w tym miejscu omawiał znaczenia nowo odkrytych materiałów w aspektach czysto poznawczym i zastosowań – zrobili to doskonale Autorzy w recenzowanej książce.

*Fulereny i nanorurki* to druga wydana w 2001 r. książka spółki autorskiej Władysław Przygocki i Andrzej Włochowicz z Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej. Recenzję pierwszej – *Fizyki polimerów – czytelnicy Postępów Fizyki* znajdują w zeszytach 3 z 2002 r. na s. 159. Tam też można znaleźć bardziej szczegółowe informacje o Autorach. Od roku 1996 na rynku światowym pojawiły się trzy pozycje książkowe na podobny temat, a mianowicie: M.S. Dressel-

haus, G. Dresselhaus, P.C. Eklund, *Science of Fullerenes and Carbon Nanotubes* (1996), R. Saito, G. Dresselhaus, M.S. Dresselhaus, *Physical Properties of Carbon Nanotubes* (1998) i P.J.F. Harris, *Carbon Nanotubes and Related Structures: New Materials for the Twenty-first Century* (1999). Wśród polskich monografii należałoby wymienić dwie pozycje: W. Śliwa, *Fullereny* (1996) i A. Huczko, *Fulereny* (1999). Książka Władysława Przygóckiego i Andrzeja Włochowicza, tematycznie i stylistycznie najbardziej bliska słynnej już monografii Dresselhausów i Eklunda, jest na naszym rynku pozycją cenną, ponieważ obejmuje wszystkie najbardziej istotne zagadnienia w dziedzinie wiedzy o fulerenach i nanorurkach oraz jest dobrym przewodnikiem po literaturze dzięki bardzo licznyemu odnośnikom. Z tego punktu widzenia Autorzy wykonali prawdziwie benedyktyńską pracę. Mam nadzieję, że recenzowana książka przyczyni się do ugruntowania zalecanej przez językoznawców pisowni słowa fuleren. Nie będę porównywał wydanych dotychczas i wyżej wymienionych książek. Chciałbym jednak zaznaczyć, że biorąc pod uwagę zakres tematyczny i obszerność przedstawionego materiału, pozycja *Fulereny i nanorurki* dobrze wypada na ich tle. Autorzy w Przedmowie polecają swoją książkę chemikom, fizykom i inżynierom, interesującym się tą nową i bardzo szybko rozwijającą się dziedziną nauki. Moim zdaniem również studenci znajdą w niej wiele interesujących wiadomości, pozwalających na rozpoczęcie przygody z fulerenami i nanorurkami.

Recenzowana książka składa się z 12 rozdziałów oraz indeksów: nazwisk i rzeczowego. Pierwszych 11 rozdziałów dotyczy fulerenów, natomiast ostatni, 12. rozdział, poświęcono nanorurkom węglowym. Każdy rozdział jest zakończony spisem odnośników literaturowych, co jest wygodne dla czytelnika, ponieważ stosunkowo łatwo i szybko można znaleźć dane bibliograficzne źródłowych prac. Taki układ książki umożliwia czytanie i zrozumienie poszczególnych rozdziałów bez konieczności dogłębnej lektury rozdziałów poprzednich. Jest to szczególnie ważne dla bardziej doświadczonych czytelników, szukających wiadomości na ściśle interesujący ich temat.

Po spisie treści Autorzy zamieścili wykaz skrótów używanych później w tekście oraz tłumaczenia niektórych określeń z języka angielskiego. Do tej części wkraść się kilka błędów, które chciałbym od razu skorygować. Na stronie 9 AFM (ang. atomic force microscopy) przetłumaczono jako „mikroskop sił atomowych”, a powinno być „mikroskopia sił atomowych”. Skróty bcc, bct, fcc, hcp (s. 9 i 10) skojarzono z układami krystalograficznymi, tłumacząc je jako „układ regularny przestrzennie centrowany” itd. W rzeczywistości te określenia oznaczają typ sieci Bravais’go i należałoby je tłumaczyć jako „sieć regularna przestrzennie centrowana” itd. Tego typu błędy pojawiają się wielokrotnie w tekście. CVD to „chemical vapour deposition”, a nie „chemical vapour deposition of graphitic carbon”, DSC należałoby przetłumaczyć jako „różnicowa kalorymetria skaningowa”, a nie „dynamiczna kalorymetria skaningowa”, EELS to „spektroskopia strat energii elektronów”, a nie „spektroskopia fotoelektronowa”.

HRTEM to „mikroskopia transmisyjna o wysokiej rozdzielczości”, a nie mikroskop, R-EELS to „odbiciowa spektroskopia strat energii elektronów”, a nie fotoelektronów, SEM to „skaningowa mikroskopia elektronowa”, a nie mikroskop, podobnie STM to „skaningowa mikroskopia tunelowa”. XPS zgrabniej byłoby przetłumaczyć jako „spektroskopia fotoelektronów rentgenowskich” zamiast „rentgenowska spektroskopia fotoelektronów”.

W rozdziale pierwszym Autorzy wprowadzili podstawowe pojęcia z mechaniki kwantowej, konieczne do zrozumienia specyfiki tworzenia wiązań chemicznych między atomami węgla, opisali różne postacie węgla poznane do roku, w którym odkryto fulereny, oraz poglądy na ich budowę w skali atomowej. Tutaj też zauważyłem kilka błędów. Na stronie 23 zdanie „Elektron przybywający na orbitalu wiążącym  $\psi_+$  ma energię większą, niż elektron znajdujący się na orbitalach atomowych  $\psi_a$  i  $\psi_b$ , natomiast na orbitalu antywiązącym jego energia jest wyższa niż na orbitalu  $\psi_a$  lub  $\psi_b$ ” powinno brzmieć: „Elektron przybywający na orbitalu wiążącym  $\psi_+$  ma energię mniejszą...” W Tabeli 1.2 wartości ciepła właściwego grafitu i modułu sztywności umieszczono w kolumnie „wzdłuż osi  $a$ ”. Może to być mylące dla czytelnika. Moim zdaniem wartości ciepła właściwego, wyrażone w  $J/(g \cdot K)$ , powinny wynosić 0,502 dla diamentu i 0,712 dla grafitu. Moduł Younga dla diamentu wynosi 107,5 GPa, a dla grafitu 1060 GPa wzdłuż osi  $a$  i 36,5 GPa wzdłuż osi  $c$ . Współczynnik ściśliwości dla grafitu wynosi  $2,98 \cdot 10^{-11} m^2/N$ , a dla diamentu  $2,26 \cdot 10^{-12} m^2/N$ . Na stronie 36 napisano: „Grafit krystalizuje w płasko centrowanej sieci heksagonalnej...” Nie ma takiej sieci Bravais’go.

W drugim rozdziale znajdujemy krótki rys historyczny dotyczący odkrycia fulerenów, metod doświadczalnych, przy użyciu których doszło do tego odkrycia, i opis pierwszych wyników doświadczalnych potwierdzających to odkrycie.

Rozdział trzeci poświęcono opisowi cząsteczek fulerenów o różnej wielkości i kształcie; scharakteryzowano też sposób rozmieszczenia w nich atomów węgla oraz omówiono mechanizmy ich powstawania i wzrostu. Jeden z podrozdziałów zawiera informacje o występowaniu fulerenów w różnego typu minerałach. Charakteryzując rodzaje wiązań chemicznych w cząsteczce  $C_{60}$  (s. 89), Autorzy podają ich długości. I tak, wiązaniu podwójnemu  $C=C$  przypisują długość 0,139 nm, natomiast długość wiązania pojedynczego  $C-C$  wynosi ich zdaniem 0,144 nm. Ta wartość jest niezbyt ścisła. Dane literaturowe mówią o długości 0,146 nm. Średnio daje to odległość 0,144 nm między atomami węgla, co zostało potwierdzone doświadczalnie.

Kolejny rozdział, czwarty, zawiera zwięzły opis metod wytwarzania fulerenów oraz sposobów ich oczyszczania. Po ogólnym wstępie przedstawiono szczegółowo kilka podstawowych metod otrzymywania fulerenów, jak metoda łukowa Krätschmera i Huffmana oraz metody płomieniowe. Omówiono ich wady i zalety. Ważnym zagadnieniem jest czystość otrzymywanych produktów oraz



sposoby ekstrakcji, co znalazło odbicie w treści tego rozdziału.

Ogólnie rozumiana chemia fulerenów jest przedmiotem rozdziałów piątego i szóstego. Czytelnik znajdzie w nich opisy podstawowych reakcji chemicznych, jakim podlegają cząsteczki fulerenów różnych rodzajów, jak kompleksowanie, uwodornianie, utlenianie, polimeryzacja czy cykloaddycja. Ta część książki będzie ciekawa dla chemików, którzy są zainteresowani wykorzystaniem fulerenów jako substratów w otrzymywaniu bardziej skomplikowanych cząsteczek. Poważnym niedopatrzeniem ze strony Autorów jest powtórzenie w rozdziale piątym na stronach 156 i 157 tekstu podrozdziału 1.3.5 (s. 32 i 33), dotyczącego wiązań koordynacyjnych.

Rozdział siódmy zawiera opis struktury krystalicznej fulerenów oraz przemian fazowych, zachodzących pod wpływem temperatury i ciśnienia. Jest to ważna część monografii, ponieważ zrozumienie właściwości fizycznych fulerenów opiera się na znajomości ich struktury. Najbardziej istotne znaczenie ma przemiana polegająca na zahamowaniu rotacji cząsteczek  $C_{60}$  i pojawieniu się uporządkowania orientacyjnego. W tym rozdziale znalazłem kilka błędów, związanych głównie z niewłaściwie stosowanym nazewnictwem krystalograficznym. Na s. 254  $Fm\bar{3}m$  to grupa symetrii kryształu, a nie sieci krystalicznej. Na s. 261 zamiast „o grupie symetrii  $6/mmm$ ” powinno być „ $P6/mmm$ ”. Na s. 265 skrót „sc” (simple cubic), występujący w zwrocie „o sieci regularnej prostej”, powinien być przetłumaczony „o sieci regularnej prymitywnej”. Analogicznie na s. 272 jest „należą do prostego układu regularnego”, a powinno być „do prymitywnej sieci regularnej”. Na s. 270 fragment „o grupie punktowej  $P6_3/mme$ ” powinien być zapisany „o grupie przestrzennej  $P6_3/mmc$ ” lub w postaci skróconej:  $P6/mmc$ .

Następny rozdział, ósmy, traktuje o badaniach fulerenów metodami spektroskopii oscylacyjnej w podczerwieni i ramanowskiej oraz badaniach dynamiki sieci metodą niesprężystego rozpraszania neutronów. Badania tego typu mają duże znaczenie i wiele cennych informacji, które przyczyniły się do poznania struktury fulerenów, zostało z nich wydedukowanych. Drobnym błędem we wzorze (8.1) jest brak reprezentacji nieredukowalnej  $A_u$ .

W rozdziale dziewiątym przedstawiono zagadnienia związane ze strukturą elektronową fulerenów, będącą podstawą wyjaśnienia zjawisk transportu elektronowego, fotoprzewodnictwa i nadprzewodnictwa w tych materiałach. Te problemy zostały poruszone w rozdziale 11. Pomiedzy nimi umieszczono rozdział 10, dotyczących fulerydów. Ta część książki ma duże znaczenie dla czytelników zainteresowanych wyjątkowymi właściwościami fizycznymi fulerenów i możliwościami ich zastosowań. Również w tym fragmencie książki znalazłem sporo błędów. I tak, na s. 298 w opisie rysunku 9.2 zamiast „punktu  $\chi$  w strefie Brillouina” powinno być „w punkcie  $X$ ”. Na s. 302, w tekście i w opisie rysunku 9.3, użyto określenia „goła” masa elektronu. To określenie razi i powinno być zastąpione wyrażeniem „masa elektronu swobodnego”. Potencjał jonizacji oznaczono na s. 305 raz

jako JP, a w innym miejscu jako IP; oznaczenia tej samej wielkości powinny być takie same. Na s. 317 zamiast „czynnika temperaturowego Debye'a–Wallea” powinno być „Debye'a–Wallera” i dalej zamiast „grupę punktową  $Pm\bar{3}$ ” powinno być „grupę przestrzenną”. W pierwszym akapicie podrozdziału 10.1.1 powtórzono informacje o strukturze  $C_{60}$  z rozdziału siódmego. Na stronach 320, 321, 333 i 349 użyto określeń „położenie tetrahedralne, oktaedralne”, „luka tetrahedralna, oktaedralna”. W języku polskim istnieją przymiotniki „tetraedryczny” i „oktaedryczny”, które są powszechnie używane w literaturze krystalograficznej, i to właśnie one powinny pojawić się w tekście. Zdanie (s. 350) „Zaobserwowano też, że w monokryształach (fcc)  $C_{60}$  należących do układu regularnego prostego, następuje przesunięcie progu fotoprzewodnictwa od wartości 1,81 do 1,85 eV [30], co może mieć związek z obecnością defektów w sieci” powinno brzmieć następująco: „Zaobserwowano przesunięcie progu przewodnictwa od wartości 1,81 eV w fazie fcc do wartości 1,85 eV w fazie regularnej prymitywnej. . .”

Ostatni rozdział jest całkowicie poświęcony nanorurkom węglowym. Znajdziemy w nim wiadomości na temat różnych metod syntetyzowania nanorurek, metod ich oczyszczania, mechanizmów wzrostu oraz krótką wzmiankę o otrzymywaniu nanorurek niewęglowych. Następnie Autorzy omawiają metody doświadczalne stosowane do badań struktury nanorurek. W kolejnych podrozdziałach analizowane są ich właściwości mechaniczne, elektryczne i magnetyczne. Rozdział kończy się przeglądem możliwości zastosowań nanorurek. Ta część jest szczególnie godna polecenia, ponieważ wyraźnie pokazuje, jak ważny materiał udało się stworzyć i jak niezwykle są możliwości jego zastosowań. Autorzy dość szczegółowo piszą o strukturze atomowej nanorurek, wprowadzając podstawowe definicje pojęć używanych przy charakteryzacji typu nanorurek i podając wiele wzorów opisujących zależności geometryczne. W tej części książki pojawiło się wiele błędów wynikających z niekonsekwencji w wyborze podstawowych wektorów bazowych, które generują heksagonalną sieć nanorurek. Na rysunku 12.17 (s. 405) przyjęto wektory bazowe tworzące kąt  $60^\circ$ . Natomiast wzory (12.3), (12.9) i (12.10) są napisane dla układu wektorów bazowych tworzących kąt  $120^\circ$  – taką konfigurację przyjęto w pierwszych pracach (pozycja 314 w spisie literatury tego rozdziału). Pozostałe wzory odpowiadają pierwszej możliwości, która przyjęta się i jest obecnie stosowana. W ten sposób wzory są niespójne. Taka sytuacja może być myląca dla początkującego w tej dziedzinie czytelnika. Określenia „defekty pentagonalne i heptagonalne” (s. 415) są niezbyt szczęśliwe – zgrabniej byłoby użyć sformułowań „defekty w formie pięciokąta i siedmiokąta”. Nie rozumiem pojęcia „wzrost wiązkości” (s. 424).

Zauważyłem także wiele błędów drukarskich, m.in.:  
 równ. (2.2): jest (j.)  $\sigma(f-v-e) = p = 12$ , powinno być (p.b.)  $6(f-v-e) = p = 12$ ;  
 s. 209, 229: j.  $C_S$ , p.b.  $C_5$ ;

s. 271: j.  $^{31}\text{C-NMR}$ , p.b.  $^{13}\text{C-NMR}$ ;  
 s. 291: j. grupa symetrii  $D_{5d}$ , p.b.  $D_{5h}$ ;  
 rys. 10.2 (podpis): j. (bet), p.b. (bct);  
 s. 353, rys. 11.4: j. p,  $m\Omega \cdot \text{cm}$ , p.b.  $\rho$ ,  $m\Omega \cdot \text{cm}$ ;  
 rys. 11.5:  $T_r$ , p.b.  $T_c$ ;  
 s. 405, wzór (12.2): j.  $OA = c_h = na_1 + na_2$ , p.b.  $OA = c_h = na_1 + ma_2$ ;  
 s. 410: j.  $0 < 2 < 1$ , p.b.  $0 < \alpha < 1$ ;  
 s. 412, 413: j. (hko), p.b. (hk0);  
 s. 428, 433: j. funkcje Blochka, p.b. funkcje Blocha.  
 Mimo wielu błędów, jakie książka *Fulereny i nanorurki* zawiera, byłbym niesprawiedliwy, gdybym tylko je

podkreślał. Jest to pozycja cenna na naszym rynku wydawniczym i godna polecenia szerokiego gronu odbiorców. Ma ładną szatę graficzną, a tekst czyta się z łatwością. Moją intencją było sprostowanie pomyłek, jakie zauważyłem, i tym samym ułatwienie jej lektury mniej doświadczonym czytelnikom. Wyszczególnione poprawki polecam uwadze Autorów przy kolejnym wydaniu tej interesującej książki, czego im serdecznie życzę.

Andrzej Burian  
 Instytut Fizyki UŚI  
 Katowice

## KRONIKA

### ■ Tytuły profesorskie

Tytuł naukowy profesora nauk fizycznych, nadany przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej, otrzymali w dniu 6 czerwca 2003 r.: Jan Kownacki (UW), Andrzej Kus (UMK), Leszek Sirko (IF PAN) i Marek Żukowski (UG).

[www.prezydent.pl](http://www.prezydent.pl)

### ■ Nowa pracownia detektorowa

W latach 2001–03 w Zakładzie Fizyki Wysokich Energii Instytutu Problemów Jądrowych powstała nowa pracownia detektorowa. Przebudowano pomieszczenie warsztatowe i zainstalowano urządzenia zapewniające wysoką czystość powietrza oraz stabilizację temperatury niezbędne w wielu technologiach budowy detektorów dla potrzeb fizyki wielkich energii. W najbliższym czasie planowane jest rozpoczęcie produkcji dryfowych komór słomkowych dla eksperymentu LHCb w CERN-ie.

Dokończenie inwestycji i wyposażenie pracowni umożliwiła subwencja z Fundacji Nauki Polskiej w ramach programu MILAB 2002.

Marek Szczekowski

### ■ Udział fizyki w gospodarce Wielkiej Brytanii

To, że fizyka leży u podstaw wielu zastosowań przemysłowych, fizycy świetnie wiedzą, ale czy reszta społeczeństwa zdaje sobie z tego sprawę?

Brytyjski Instytut Fizyki (IoP) wydał raport o znaczeniu fizyki dla gospodarki brytyjskiej i udostępnił go w marcu 2003 r. prasie. Badania przeprowadzone z inicjatywy IoP wykazały, że liczba przedsięwzięć przemysłowych opierających się na wykorzystaniu nowych osiągnięć fizyki wzrosła między rokiem 1989 i 2000 o 165%. W roku 2000 przedsiębiorstwa te stanowiły ponad połowę wszystkich ośrodków produkcyjnych w Wielkiej Brytanii. Wzrost szczególnie dotyczy przedsiębiorstw zajmujących się fotonią i nanotechnologią.

Raport wskazuje również mankamenty – inwestowanie w prace badawcze i rozwojowe zmniejsza się w ostatnich latach i badania prowadzone na uniwersytetach w dziedzinie fizyki rzadziej niż w innych dziedzinach są wprowadzane do przemysłu. Ponadto liczba absolwentów fizyki staje się już niewystarczająca, aby zapewnić przemysłowi wykwalifikowanych specjalistów. „Oczekujemy, że nasz raport będzie stymulował rząd, uniwersytety, przemysł oraz inwestorów do współpracy z IoP dla polepszenia w przyszłości ekonomii brytyjskiej” – oświadczył menedżer ds. gospodarki i przemysłu Instytutu Fizyki.

*Phys. J. 2*, nr 4 (2003)

B. W.

### ■ Lise Meitner na scenie

Robert Marc Friedman, historyk, profesor uniwersytetu w Oslo, napisał w języku szwedzkim jednoaktówkę „Wspomnienie o panie Meitner”, w której występują 3 postaci: Lise Meitner, Otto Hahn i Manne Siegbahn. Sztuka analizuje wkład Meitner w odkrycie rozszczepienia jądrowego, jej długoletnią współpracę z Hahnem i jej sytuację w Sztokholmie, gdzie po ucieczce z Niemiec pracowała, dzięki poparciu Nielsa Bohra, w Noblowskim Instytucie Fizyki Doświadczalnej u Siegbahna, który zresztą traktował ją pogardliwie i nie włączał do swojej grupy badawczej.

Lise Meitner urodziła się w Austrii w 1878 r. Studiowała fizykę na Uniwersytecie Wiedeńskim i była pierwszą kobietą, która na tym Uniwersytecie uzyskała stopień doktora. W 1907 r. przeniosła się do Berlina i tam zaczęła się jej 30-letnia współpraca z chemikiem Hahnem. Osiągnęła ważne wyniki w dziedzinie fizyki jądrowej. Między innymi wykazała, że promieniowanie  $\gamma$  jest wysyłane przez jądra powstające w wyniku przemian jądrowych, badała także mechanizm powstawania promieniowania  $\beta$ . Jako Żydówka musiała w 1938 r. uciekać z Niemiec. Gdy Hahn zawiadomił ją o wynikach prowadzonych wspólnie ze Strassmannem doświadczeń nad przemianą jądra uranu, Meitner razem ze swoim siostrzeńcem Ottonem Frischem dała właściwą ich interpretację, udowadniając, że zachodzi tu rozszczepienie jądra uranu.

Sztuka przedstawia te 3 postacie tak, jakby żyły dziś i oceniały wydarzenia sprzed ponad 60 lat. Jak wiadomo, Hahn otrzymał w 1944 r. Nagrodę Nobla z chemii za odkrycie rozszczepienia jądowego. Komitet Noblowski nie uznał istotnego wkładu Meitner.

Jednoaktówka była w kwietniu 2003 r. grana po szwedzku w Göteborgu, Sztokholmie i Umei. Autor zamierza rozszerzyć ją na sztukę kilkuaktową, napisać po angielsku, wprowadzić jeszcze 2 postacie, którymi będą Max Planck i zaprzyjaźniona z Meitner szwedzka fizyczka Eva von Bahr-Borgius. Sztukę tę Friedman zamierza wystawić w czerwcu 2004 r. w Göteborgu w czasie Międzynarodowej Konferencji Fizyki Jądowej.

*Phys. World* 16, nr 4 (2003)

B. W.

## 150 rocznica urodzin Lorentza

Hendrik Antoon Lorentz, syn Gerrita Fredericka i Gertrudy z domu van Ginkel, urodził się w Arnheim 18 lipca 1853 r. Od dzieciństwa wykazywał nadzwyczajne zdolności. W 1870 r. wstąpił na uniwersytet w Lejdzie. Po ukończeniu studiów uzyskał w 1875 r. stopień doktora filozofii. W 1878 r. został na tym uniwersytecie profesorem utworzonej dla niego katedry fizyki matematycznej. Pracował na niej do 1912 r., a później pozostał tam jako profesor emerytowany. Od 1923 r. był dyrektorem Instytutu Teylera w Haarlemie.

Lorentz zajmował się początkowo zagadnieniem opisu propagacji światła w ciałach poruszających się. Podał w 1892 r. transformację współrzędnych między dwoma układami odniesienia poruszającymi się względem siebie ruchem prostoliniowym ze stałą prędkością jednostajną jako przekształcenie, przy którym równania Maxwella pola elektromagnetycznego pozostają współzmiennicze. Wraz ze współrzędnymi przestrzennymi transformuje się także współrzędna czasowa, co różni ją zasadniczo od transformacji Galileusza. Nazwana transformacją FitzGerala–Lorentza, pozwalała ona wytłumaczyć brak przesunięcia prążków widmowych stwierdzony w doświadczeniu Michelsona–Morleya (1887) hipotezą, że ciała poruszające się ze stałą prędkością względem „eteru” ulegają skróceniu w kierunku ich ruchu.

Einstein w szczególnej teorii względności przyjął, że prawa fizyki nie zależą od jednostajnego ruchu translacyjnego układu fizycznego (postulat względności) i przyjął postulat niezależności prędkości światła w próżni  $c$  od ruchu jego źródła. Przyjął transformację FitzGerala–Lorentza, wyjaśnił pojęcie równoczesności i uwolnił fizykę od wyobrażenia „eteru”.

Szczególne transformacje Lorentza wykonywane w różnych kierunkach nie tworzą grupy, natomiast wraz z obrotami w zwykłej trójwymiarowej przestrzeni grupę tworzą. W dalszym rozwoju fizyki teoretycznej rozwinięły się badania grupy transformacji Lorentza i jej podgrup, transformacji jednorodnych i niejednorodnych, właściwych i niewłaściwych, dalej odpowiednich transformacji czterowektora energii–pędu, polaryzacji cząstek, różniczkowych przekrojów czynnych itp. Grupa zespolonych

właściwych transformacji Lorentza jest grupą macierzy zespolonych  $\Lambda$  o wyznaczniku  $\det \Lambda = 1$  takich, że dla tensora metrycznego  $g$  zachodzi  $\Lambda^+ g \Lambda = g$ . Wzory na transformację składowych pola elektrycznego i magnetycznego towarzyszące transformacji Lorentza podał Ludwik Silberstein w trzatomowym podręczniku *Elektryczność i magnetyzm* (Warszawa 1908–13). Nazwiskiem Lorentza nazywany jest w elektrodynamice klasycznej i kwantowej warunek cechowania czteropotencjału  $A, \Phi$ :  $\nabla \cdot A + \partial \Phi / \partial(ct) = 0$ .

W elektrodynamice często stosowany jest układ jednostek znany jako układ jednostek Heaviside'a–Lorentza.



Hendrik Antoon Lorentz

Lorentz pracował nad uzupełnieniem równań Maxwella o równania opisujące wpływ materii skondensowanej na pole elektromagnetyczne, w szczególności rozchodzenie się fal elektromagnetycznych w ośrodkach materialnych. W 1875 r. wyjaśnił prawa odbicia i załamania światła na granicy dielektryków i metali. Od czasu odkrycia elektronu w 1897 r. przez J.J. Thomsona interesował się szczególnie teorią elektronową materii skondensowanej. Przyjmował, podobnie jak Voldemar Voigt (1850–1919) i Paul Drude (1863–1906), model oscylatora harmonicznego w teorii mikroskopowej dla elektronu związanego. Wyprowadził zależność współczynnika załamania od gęstości ośrodka, od przewodnictwa elektrycznego i od częstości fali świetlnej. Podał w 1880 r., niezależnie od duńskiego fizyka L.V. Lorenza (1829–91), wzór wiążący współczynnik załamania z polaryzowalnością dielektryka, nazwany wzorem Lorenza–Lorentza. Było to zastosowanie wzoru Clausiusa–Mossottiego, wiążącego współczynnik przenikalności elektrycznej z polaryzowalnością ośrodka dielektrycznego, do zakresu częstości optycznych, przy których wkład do przenikalności pochodzi głównie od elektronów. Dla dielektryków polarnych rozszerzenie wzoru Lorenza–Lorentza o człon zależny od temperatury daje wzór Debye'a–Langevina.

Pieter Zeeman (1865–1943), uczeń Kamerlingh Onnesa i Lorentza, wykonywał pomiary linii widmowych ato-

mów w polu magnetycznym. W sierpniu 1896 r. stwierdził rozszczepienie linii widmowych par sodu w polu magnetycznym proporcjonalne do natężenia pola magnetycznego. Lorentz rozumiał, że pole magnetyczne  $H$  działa na ładunek elektryczny  $e$  poruszający się z prędkością  $v$  siłą  $e(v/c) \times H$ . Tę siłę powszechnie nazywa się siłą Lorentza. Lorentz przyjął dla elektronu w atomie moment pędu o wartości  $m\hbar$  będącej wielokrotnością stałej Plancka  $\hbar = h/2\pi$  z całkowitą liczbą magnetyczną  $m$ . Moment pędu  $d$  elektronu o masie  $m_e$  daje moment magnetyczny  $p = -ed/(2m_e)$ . Przyłożenie pola magnetycznego  $H$  zmienia energię dipola magnetycznego o  $-p \cdot H$ . Wobec tego zmiana energii atomu w polu magnetycznym o natężeniu  $H$  może być wyrażona jako  $\Delta E = ehHm/4\pi m_e$ . Przejścia optyczne między stanami o liczbach magnetycznych  $m_a$  i  $m_e$  różniących się o  $\pm 1$  lub 0 dają trzy linie, o różnicach częstości  $\Delta\nu = \pm eH/4\pi m_e$  oraz 0, zwane normalnym trypletem Lorentza. To tzw. normalne zjawisko Zeemana obserwowane jest raczej wyjątkowo. Przeważnie w widmach atomowych występuje rozszczepienie na większą liczbę składowych, od czterech do dziewięciu. To tzw. anomalne zjawisko Zeemana wymaga dla wyjaśnienia uwzględnienia spinu i spinowego momentu magnetycznego elektronu w pełnym ujęciu mechaniki kwantowej. W rok po przyznaniu pierwszej Nagrody Nobla z fizyki, dla Wilhelma Conrada Roentgena, Królewska Szwedzka Akademia Nauk przyznaje w 1902 r. Nagrodę Nobla z fizyki Zeemanowi i Lorentzowi.

H.A. Lorentz starał się, podobnie jak M. Abraham, opracować teorię czysto elektromagnetycznego modelu naładowanej elektrycznie cząstki uwzględniającą siłę jej pola własnego czyli tzw. siłę samoodziaływania. Tego rodzaju usiłowania doprowadziły do wielu publikacji, także późniejszych autorów. Prace zmierzające do wyprowadzenia w ramach elektrodynamiki kwantowej równania ruchu elektronu uwzględniającego siłę samoodziaływania opisał w szczególności F. Rohrlich, np. w publikacjach w *Amer. J. Phys.* **38**, 1310 (1970), **65**, 1051 (1997).

Rozpowszechniony jest podręcznik Lorentza *The theory of electrons and its application to the phenomena of light and radiant heat. A course of lectures delivered in Columbia University, N. York, in 1906* (Teubner, 1909, 1916), systematycznie formułujący zagadnienia procesów elektronowych i dający ilościowe wyjaśnienie wielu zjawisk fizycznych w ośrodkach materialnych. W rozwoju fizyki prace Lorentza odegrały poważną rolę – podstawową przed nadchodzącą epoką mechaniki kwantowej.

Po pierwszej wojnie światowej, w 1919 r., Holendrzy rozpoczęli budowę ogromnej zapory wodnej na Zuyderzee. Lorentz wykonywał w ciągu 8 lat pracochłonne obliczenia z zakresu hydrodynamiki przemieszczających się mas wody, zweryfikowane następnie w robotach inżynierskich przy budowie tamy. Po powołaniu przez Ernesta G. Solvaya (1838–1922) w 1911 r. konferencji najwybitniejszych uczonych fizyków i chemików, tzw. Conseil de Physique Solvay, Lorentz został przewodniczącym kolejnych konferencji.

Hendrik Antoon był żonaty z Alettą Cathariną, córką historyka sztuki J.W. Kaysera. Ich najstarsza córka Gertruda Luberta, żona fizyka W.J. de Haasa, czynna fizyczka, tłumaczyła na język niemiecki wykłady Lorentza *Theorie der Strahlung* (1927), wydała jego wykłady *Theory of quanta (1916–1917)* (1927). Jego *Lectures on theoretical physics delivered at the University of Leiden* (1927) są tłumaczeniem na angielski, którego dokonali Ludwik Silberstein i A.P.H. Trivelli.

Uniwersytet w Cambridge i Uniwersytet w Paryżu nadały Lorentzowi godność doktora honoris causa. Lorentz został wybrany na członka, a w roku 1925 na przewodniczącego Komitetu Współpracy Intelktualnej Ligi Narodów. Zmarł w Haarlemie 4 lutego 1928 r. Liczba pochodzących od jego nazwiska terminów w fizyce należy do największych w historii fizyki.

Maciej Suffczyński

## ■ 150 rocznica urodzin Kamerlingh Onnesa

Heike Kamerlingh Onnes urodził się 21 września 1853 r. w Groningen. Jego ojciec, Harm, był właścicielem cegielni, matka, Anna Gerdina Coers, córką architekta. Heike wstąpił na uniwersytet w Groningen w 1870 r. Studiował fizykę i matematykę. W następnym roku udał się do Heidelbergu, gdzie przez trzy semestry pracował pod kierunkiem R.W. Bunsena i G.R. Kirchhoffa. W 1876 r. obronił rozprawę i uzyskał doktorat. W 1882 r. został profesorem fizyki na Uniwersytecie w Lejdzie. Zajął się aparaturą do otrzymywania niskich temperatur i skraplaniem gazów. W lutym 1906 r. ukończył budowę skraplarki umożliwiającej skraplanie wodoru. 10 lipca 1908 r. dokonał skroplenia helu. W 1924 r. dokonał zestalenia helu pod ciśnieniem.



Heike Kamerlingh Onnes

Już w 1873 r. Johannes Diderik van der Waals (1837–1923) opublikował równanie opisujące zależność objętości gazów od ciśnienia i temperatury, przewidujące, że w niskich temperaturach gazy można skroplić. Z równania van der Waalsa wynikało tzw. prawo stanów zgodnych, pozwalające zachowanie gazów rzeczywistych

opisać w jednolity sposób, jeśli wielkości określające ich stan odniesie się do wartości tych wielkości w tzw. stanie krytycznym. Równanie van der Waalsa, podające warunki równowagi gazów i cieczy, zostało potwierdzone w dużej liczbie pomiarów. W 1910 r. van der Waals otrzymał za nie Nagrodę Nobla z fizyki.

W 1911 r. Kamerlingh Onnes odkrył, że w rtęci, cynie i ołowiu w niskich temperaturach opór elektryczny znika. Nazwał to zjawisko nadprzewodnictwem. Później znikanie oporu elektrycznego w niskich temperaturach stwierdzone zostało w glinie, bizmucie i innych metalach, a także w związkach metalicznych. Kamerlingh Onnes otrzymał w 1913 r. Nagrodę Nobla z fizyki za badania własności ciał w najniższych temperaturach. W swoim wykładzie noblowskim powoływał się na „podstawowe, klasyczne prace Wróblewskiego i Olszewskiego nad skropleniem tlenu”.

Laboratorium kriogeniczne Kamerlingh Onnesa w Lejdzie stało się w latach dwudziestych XX w. najważniejszym na świecie ośrodkiem badań w dziedzinie niskich temperatur. Kamerlingh Onnes lubił powtarzać swoje motto „Przez pomiary do wiedzy” i zalecał, by było ono umieszczone w każdym laboratorium. Energicznie starał się o powołanie fundacji na rzecz kriogeniki, a następnie został do końca swego życia jej przewodniczącym. Był inicjatorem organizacji na rzecz kształcenia techników pomiarów fizycznych, założonej w 1901 r. W warsztatach laboratorium kriogenicznego Uniwersytetu w Lejdzie prowadził na wysokim poziomie szkolenie mistrzów wytwarzania pomiarowych przyrządów fizycznych (Instrumentmakers).

Laboratorium Kamerlingh Onnesa wydawało czasopismo *Communications from the Physical Laboratory of Leyden* i gościło wielu wybitnych fizyków. Konstanty Zakrzewski (1876–1948) po uzyskaniu w 1900 r. doktoratu na Uniwersytecie Jagiellońskim przez dwa lata pracował w tym Laboratorium i opublikował prace o warunkach współistnienia fazy ciekłej oraz gazowej chlorku metylu i dwutlenku węgla. W 1931 r. W.H. Keesom odwiedził Zakrzewskiego na UJ i wygłosił odczyt o pracach prowadzonych w Laboratorium. Pracował w tym Laboratorium w 1924 r. Wacław Werner (1879–1948) z Politechniki Warszawskiej, Mieczysław Wolfke (1883–1947), następnie Dobiesław Dobrzyński (1892–1942) z UJ, Ignacy Roliński (1889–1962), Józef Mazur (1896–1977) z PW. Dobrzyński opublikował z Keesomem dwie prace o pomiarach rozszerzalności cieplnej szkła jenajskiego aż do temperatur helowych (1934).

Kamerlingh Onnes stwierdził w 1924 r., że gęstość ciekłego helu wykazuje w pobliżu temperatury 2 K maksimum. Tym zagadnieniem zainteresował się Wolfke. W Laboratorium w Lejdzie za pomocą aparatury stosującej lampy elektronowe, zbudowanej w warsztacie Politechniki Warszawskiej, mierzył współczynnik dielektryczny ciekłego helu. W 1927 r. stwierdził, że wykazuje on wyraźny spadek w bardzo wąskim zakresie temperatury około 2,2 K (M. Wolfke, W.H. Keesom, *Koninklijke Akade-*

*mie van Wetenschappen te Amsterdam* **36**, 1209 (1927)). Keesom i Wolfke zrozumieli, że w tej temperaturze zachodzi przemiana fazowa i zaproponowali nazwy faz: powyżej tej temperatury – He I, a poniżej – He II (W.H. Keesom, M. Wolfke, tamże **36**, 1204 (1927)). Nie udało się dostrzec menisku na granicy fazy, ale hel II w porównaniu z helem I wykazywał mniejszą gęstość, większe ciepło parowania i wyraźnie mniejsze napięcie powierzchniowe. W.H. Keesom i K. Clusius stwierdzili w 1928 r., że przy zbliżaniu się do temperatury punktu krytycznego ciepło właściwe  $C$  przemiany wzrasta logarytmicznie:  $C \propto \ln(T - T_\lambda)$ . Z kształtu wykresu zależności ciepła właściwego od temperatury, podobnego do litery  $\lambda$ , pochodzi nazwa punktu krytycznego jako „punktu  $\lambda$ ”. Badania helu II doprowadziły do odkrycia przez Piotra Kapicę w 1938 r. nadpłynności helu II i rozpoczęły rozwój fizyki cieczy kwantowych, które wykazują zjawiska makroskopowej spójności, analogiczne do odpowiednich zjawisk w nadprzewodnikach.

Kamerlingh Onnes był członkiem Akademii Królewskiej w Amsterdamie oraz Akademii Nauk w Kopenhadze, Uppsali, Turynie, Wiedniu, Getyndze i Halle, Royal Society w Londynie, Accademia dei Lincei w Rzymie i honorowym członkiem Franklin Institute of Philadelphia. Był odznaczony m.in. Komandorią Orderu Polonia Restituta. Zmarł w Lejdzie 21 lutego 1926 r.

Maciej Suffczyński

## ■ György Marx (1927–2002)

2 grudnia 2002 r. zmarł György Marx, fizyk węgierski, dobrze znany ze swoich zainteresowań zagadnieniem masy neutrina.

Marx urodził się w 1927 r., fizykę studiował na Uniwersytecie Loranda Eötvösa w Budapeszcie, był profesorem fizyki atomowej tego Uniwersytetu. Od wczesnych lat 60. zajmował się rolą i możliwością detekcji neutrin pochodzenia kosmicznego. Przez wiele lat dyskutował te zagadnienia z Zeldowiczem. W 1972 r. zorganizował nad Balatonem międzynarodową konferencję neutrinową, która zapoczątkowała trwającą do dziś serię tych konferencji, i był do 2002 r. przewodniczącym ich Międzynarodowego Komitetu Doradczego. Dobrze znany gronu fizyków zajmujących się tymi problemami, był w latach 70. przewodniczącym Oddziału Fizyki Wielkich Energii Europejskiego Towarzystwa Fizycznego.

Wiele wysiłku włożył w modernizację nauczania fizyki w szkołach średnich. Był zapraszany przez UNESCO do organizowania seminariów szkoleniowych dla nauczycieli w Azji i Afryce. W Węgierskim Towarzystwie Fizycznym (którego był kilkakrotnie prezesem) doprowadził do przyjęcia nauczycieli w poczet członków. Był autorem książki, wydanej oryginalnie w języku angielskim, *The Voice of Martians*, w której przedstawił biografie 28 znanych uczonych węgierskich XX wieku. Był członkiem Węgierskiej Akademii Nauk.

B. W.

## WARUNKI PRENUMERATY

Cena prenumeraty krajowej w 2003 r. wynosi 36,00 zł za pół roku, 72,00 zł za rok. Prenumeratę przyjmują:

I. „RUCH” S.A.

1. Wpłaty na prenumeratę przyjmują jednostki kolportażowe „RUCH” S.A. właściwe dla miejsca zamieszkania lub siedziby prenumeratora.

2. Informacji o prenumeracie ze zleceniem dostawy za granicę udziela Dział Prenumerat i Współpracy z Zagranicą, ul. Jana Kazimierza 31/33, 01-248 Warszawa, tel. (+4822) 5328731, e-mail: prenumerata@okdp.ruch.com.pl, Internet: www.ruch.pol.pl.

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. ZARZĄD GŁÓWNY PTF

Wpłaty należy dokonać na konto Zarządu Głównego PTF w PKO BP IX O/Warszawa nr 51 10201097 122911128 lub w Biurze Zarządu Głównego PTF. Dostawa *Postępów Fizyki* następuje drogą pocztową pod wskazany adres.

### III. ODDZIAŁY PTF

Opłata dla członków PTF oraz studentów wynosi 48,00 zł. Dostawa *Postępów Fizyki* odbywa się za pośrednictwem oddziału PTF.

## INFORMACJE DLA AUTORÓW

Artykuły powinny mieć charakter przeglądowy i być dostępne dla ogółu fizyków. Prace należy nadsyłać pod adresem redakcji. O przyjęciu pracy do druku decyduje komitet redakcyjny. Maszynopisów prac niezamówionych i niezakwalifikowanych do druku redakcja nie zwraca. Bardziej szczegółowe informacje na temat układu i sposobu przygotowania pracy znajdują się na stronie internetowej *Postępów Fizyki*.

## REKLAMA W POSTĘPACH FIZYKI

Zapraszamy – szczególnie przedstawicieli producentów aparatury oraz sprzętu i oprogramowania komputerowego, wydawców podręczników i książek naukowych oraz popularyzatorów – do zamieszczania ogłoszeń reklamowych w *Postępach Fizyki*. Nasze czasopismo dociera do większości polskich fizyków, z których wielu decyduje o bieżących zakupach uczelni, instytutów i szkół. Zainteresowanych prosimy o kontakt z redakcją pod adresem: [postepy@fuw.edu.pl](mailto:postepy@fuw.edu.pl).

## POSTĘPY FIZYKI (ADVANCES IN PHYSICS)

founded in 1949, published bimonthly in Polish with titles 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 (for details see <http://www.ruch.pol.pl>).

## NOWE KSIĄŻKI

- Jerzy Kubowski, *Broń jądrowa: fizyka – budowa – działanie – skutki*, Inst. Technologii Eksploatacji, Radom 2003, s. 107, cena 14 zł.
- Maja Duda, Andrzej Krawczyk, *Wielcy badacze elektromagnetyzmu*, PTZE, Warszawa 2003, s. 43, cena 8 zł.
- *Physics and Mathematics at Wrocław University – Past and Present*, red. Jerzy Lukierski, Helmut Rechenberg; Wyd. Uniw. Wrocławskiego, Wrocław 2002, s. 147, cena 15 zł.
- *Historia nauki arabskiej, t. II: Nauki matematyczne i fizyka*, red. Roshid Rashed, Régis Morelon; Wyd. Akademickie Dialog, Warszawa 2001, s. 394, cena 47 zł.

## POSTĘPY FIZYKI W INTERNECIE

Zapraszamy do odwiedzania naszej strony internetowej [www.fuw.edu.pl/~postepy](http://www.fuw.edu.pl/~postepy), na której można znaleźć:

- szczegółowe spisy treści wszystkich zeszytów wydanych od roku 1993, z możliwością ich przeszukiwania,
- materiały dodatkowe, uzupełniające treść niektórych artykułów,
- materiały XXXV Zjazdu Fizyków Polskich w Białymstoku w 1999 r. (spis treści obu zeszytów dodatkowych *Postępów Fizyki* z 1999 i 2000 r.),
- materiały XXXVI Zjazdu Fizyków Polskich w Toruniu w 2001 r. (PEŁNE TEKSTY WSZYSTKICH ARTYKUŁÓW tomu dodatkowego *Postępów Fizyki*, 53D (2002), w formacie pdf).

## NOWOŚĆ

### PEŁNE TEKSTY WYBRANYCH ARTYKUŁÓW

- z zeszytu 1/2003: Wolfgang Ketterle – Gdy atomy zachowują się jak fale: kondensacja Bosego–Einsteina i laser atomowy
- z zeszytu 2/2003: Janusz Zakrzewski – Na 50-lecie odkrycia hiperjąder
- z zeszytu 3/2003: Andrzej Krasieński – Jak powstawała teoria względności

## WKRÓTCE W POSTĘPACH

- *Wykłady noblowskie Raymonda Davisa, Masatoshiego Koshiy i Riccarda Giacconiego*
- *Adam Sobiczewski – Ćwierć wieku w Postępach Fizyki*
- *Grzegorz Brona o tym, po co nam fizyka cząstek elementarnych*



**Dziekan Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego  
ogłasza konkurs na stanowisko profesora nadzwyczajnego  
w Instytucie Fizyki Teoretycznej w dziedzinie teorii materii skondensowanej.**

Od osoby, która obejmie to stanowisko, oczekuje się w szczególności, że będzie prowadziła:

- badania naukowe na wysokim poziomie w dziedzinie nowoczesnej teorii kwantowej materii skondensowanej,
- prace magisterskie i doktorskie w zakresie teorii materii skondensowanej,
- wykłady i seminaria specjalistyczne z dziedziny teorii materii skondensowanej,
- kursowe zajęcia dydaktyczne z fizyki teoretycznej.

Po przyjęciu do pracy istnieje możliwość ewentualnego zatrudnienia współpracownika na stanowisku adiunkta.

Do konkursu mogą przystąpić osoby, które spełniają warunki określone w ustawie o szkolnictwie wyższym z dnia 12 września 1990 roku (Dz.U. nr 65, poz.385).

**Kandydaci powinni wykazać się:**

- dorobkiem naukowym w zakresie teorii materii skondensowanej,
- umiejętnością inicjowania i rozwijania tematyki badawczej,
- umiejętnością pracy w zespołach naukowych i kierowania pracą tych zespołów,
- doświadczeniem w prowadzeniu zajęć dydaktycznych.

**Kandydat powinien złożyć następujące dokumenty:**

1. zgłoszenie do konkursu,
2. kwestionariusz osobowy,
3. odpis dyplomu doktora habilitowanego nauk fizycznych,
4. życiorys,
5. autoreferat (informacje o dotychczasowej pracy naukowej, pracy dydaktycznej, kształceniu kadry i działalności organizacyjnej oraz plany i zamierzenia w dalszej działalności naukowej i dydaktycznej),
6. wykaz publikacji z podaniem liczby cytowań tych prac w latach 1997–2003,
7. ewentualne inne dokumenty i opinie, które kandydat uzna za istotne.

**Zgłoszenia do konkursu należy składać w Dziekanacie Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa, Polska, do dnia 3 października 2003 r.**

**Konkurs rozstrzyga Komisja Rady Wydziału Fizyki UW.**

**Termin rozstrzygnięcia konkursu: do dnia 31 grudnia 2003 r.**

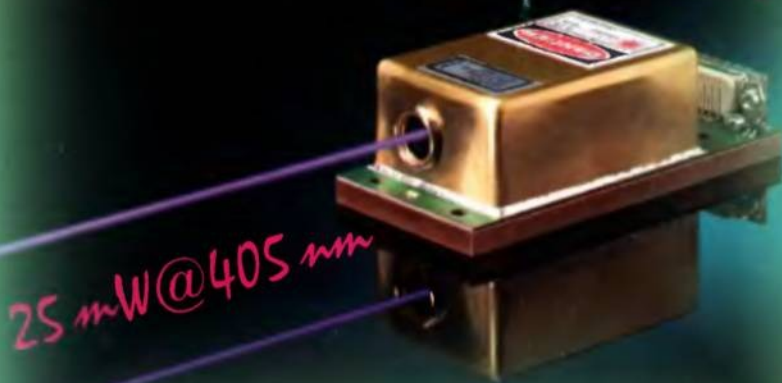
**Kandydaci mogą być poproszeni przez Komisję o złożenie dodatkowych informacji lub wyjaśnień, zaproszeni na rozmowę lub wygłoszenie referatu na którymś z seminariów w Instytucie.**

**Uniwersytet Warszawski nie zapewnia mieszkania.**

*Dziekan Wydziału Fizyki  
Uniwersytetu Warszawskiego*

Warszawa, dnia 11 czerwca 2003 r.

# Fioletowa rewolucja



# Ultrafioletowa rewolucja



## Lasery

Podzespoły inżynierii fotonicznej

Optyka i optomechanika

Mierniki mocy i analizatory wiązki

Klocki optyczne i układy

---

Eurotek International Sp. z o. o. (od 1992 r.)

Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa

Tel./faks: (22) 843 79 40 / 843 61 43. [inbox@eurotek.com.pl](mailto:inbox@eurotek.com.pl)