

PTF

DWUMIESIĘCZNIK
POŚWIĘCONY
UPOWSZECHNIANIU
WIEDZY
FIZYCZNEJ

POSTĘPY FIZYKI

TOM 48
ZESZYT 3
1997

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

ZARZĄD GŁÓWNY

- Prezes: Prof. dr HENRYK SZYMCZAK
- Wiceprezesi: Prof. dr STANISŁAW K. HOFFMANN
Prof. dr JÓZEF SZUDY
- Sekretarz Generalny: Prof. dr IRENEUSZ STRZAŁKOWSKI
- Skarbnik: Dr EDMUND WESOŁOWSKI
- Członkowie Zarządu: Prof. dr EWA DOBIERZEWSKA-MOZRZYMAS
Mgr WANDA DOBORZYŃSKA-GŁAZEK
Prof. dr JERZY NIEWODNICZAŃSKI
Prof. dr TADEUSZ REWAJ
Mgr KRZYSZTOF STOCKI
Dr EDMUND ŚNIADEK

Redaktorzy naczelni czasopism PTF

- Prof. dr ADAM SOBICZEWSKI – *Postępy Fizyki*
Prof. dr JERZY PROCHOROW – *Acta Physica Polonica A*
Prof. dr ANDRZEJ STARUSZKIEWICZ – *Acta Physica Polonica B*
Dr hab. MAREK KORDOS – *Delta*
Prof. dr ANDRZEJ JAMIOŁKOWSKI – *Reports on Mathematical Physics*

Przewodniczący oddziałów Towarzystwa

- | | |
|--|--|
| Prof. dr ANDRZEJ MAZIEWSKI (Białystok) | Prof. dr MARIA GILLER (Łódź) |
| Prof. dr BRONISŁAW GRZEGORZEWSKI (Bydgoszcz) | Dr STANISŁAW CHABIK (Opole) |
| Prof. dr MARIAN GŁOWACKI (Częstochowa) | Prof. dr JERZY DEMBCHYŃSKI (Poznań) |
| Dr hab. LEON MURAWSKI (Gdańsk) | Prof. dr MARIAN KUŹMA (Rzeszów) |
| Prof. dr ZYGMUNT KLESZCZEWSKI (Gliwice) | Prof. dr HENRYK WREMBEL (Słupsk) |
| Prof. dr JERZY WARCZEWSKI (Katowice) | Prof. dr TADEUSZ REWAJ (Szczecin) |
| Dr MAREK PAJEK (Kielce) | Prof. dr ANDRZEJ BIELSKI (Toruń) |
| Prof. dr WOJCIECH GAWLIK (Kraków) | Prof. dr BRONISŁAW ORŁOWSKI (Warszawa) |
| Prof. dr STANISŁAW HAŁAS (Lublin) | Prof. dr WŁADYSŁAWA NAWROCKA (Wrocław) |

ADRES ZARZĄDU

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

POSTĘPY FIZYKI

DWUMIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY UPOWSZECHNIANIU
WIEDZY FIZYCZNEJ

TOM 48, ZESZYT 3
1997

Zeszyt dofinansowany
przez Komitet Badań Naukowych

Wydano pod patronatem
Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

Warszawa 1997

RADA REDAKCYJNA

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

KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor Naczelny: Adam Sobiczewski
Członkowie Redakcji: Tomasz Dietl, Jerzy Gronkowski, Mirosław Łukaszewski,
Magdalena Staszal, Barbara Wojtowicz

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

Korespondenci oddziałów PTF:

Dr Maciej Horowski (Białystok)
Prof. dr Jerzy J. Wysocki (Częstochowa)
Dr Stanisław Zachara (Gdańsk)
Dr Roman Bukowski (Gliwice)
Prof. dr Wiktor Zipper (Katowice)
Dr Małgorzata Suchańska (Kielce)
Dr Jacek Bieroń (Kraków)
Mgr Tomasz Durakiewicz (Lublin)
Prof. dr Leszek Wojtczak (Łódź)
Dr Ryszard Czajka (Poznań)
Mgr Danuta Ficek (Słupsk)
Dr Ewa Weinert-Rączka (Szczecin)
Dr Józefina Turło (Toruń)
Dr Ewa Jędryka (Warszawa)
Prof. dr Bernard Jancewicz (Wrocław)

Reuben T. Collins

*Colorado School of Mines
Golden, Colorado, USA*

Philippe M. Fauchet

*Laboratory for Laser Energetics
University of Rochester
Rochester, N.Y., USA*

Michael A. Tischler

*Epitronics Inc.
Phoenix, Arizona, USA*

Krzem porowaty: od luminescencji do diody świecącej*

Porous silicon: from luminescence to LEDs

Abstract: With its tunable light emission, room-temperature quantum efficiencies near 10% and increasingly efficient light-emitting diodes, porous silicon may hold the promise of fully integrated optoelectronic devices.

1. Wstęp

Krzem jest kluczem do rewolucji w mikroelektronice. Jego przewaga nad innymi półprzewodnikami jest ściśle związana z lepszymi własnościami materiałowymi i technologicznymi oraz olbrzymią bazą produkcyjną, która się wokół niego rozwinęła. Jest mało prawdopodobne, by inny półprzewodnik zastąpił krzem jako

*Artykuł, opublikowany w *Physics Today* 50, nr 1, 24 (1997), został przetłumaczony za zgodą Autorów i Wydawcy [Translated with permission. Copyright ©1997 by American Institute of Physics] (przyp. Red.).

podstawowy materiał w zastosowaniach elektronicznych. Jednakże krzem jest niezwykle mało wydajny jako źródło światła i z tego powodu nie uzyskał podobnej pozycji dominującej w zastosowaniach optycznych.

Potrzeba stworzenia technologii, która pozwoliłaby na integrację urządzeń optycznych i elektronicznych na jednej płytce krzemowej, istnieje od dawna. Postęp w tej dziedzinie miałby znaczący wpływ na rozwój urządzeń dla potrzeb komunikacji, komputerów, wyświetlaczy i wielu innych. Pewien postęp w dziedzinie integracji optoelektronicznej na płytce krzemowej już nastąpił. Przykładem są wysoko wydajne optyczne detektory krzemowe, a układy detekcyjne CCD (charge coupled devices) są w powszechnym użyciu. Całkowita integracja optyczna i elektroniczna wymaga jednak umieszczenia na jednej płytce krzemowej diod świecących LED (light-emitting diodes) i laserów półprzewodnikowych razem z detektorami i elementami elektronicznymi. Układy półprzewodnikowe emitujące światło, wytwarzane przy użyciu współczesnych technologii, opierają się głównie na materiałach półprzewodnikowych z prostą przerwą energetyczną typu arsenku galu czy fosforu indu, mających znacznie wyższe wydajności optyczne niż krzem. Bezpośrednie połączenie z krzemem układów opartych na związkach półprzewodnikowych okazało się bardzo trudne.

Alternatywnym rozwiązaniem tego problemu jest zwiększenie wydajności optycznej samego krzemu lub znalezienie wydajnego optycznie materiału, który można byłoby łączyć z krzemem. W rozwiązanie tak postawionego zagadnienia włożono znaczny wysiłek. Używano różnych technologii, od inżynierii supersieci i studni kwantowych opartych na krzemie, germanie i węglu, do metod domieszkiwania optycznie wydajnymi atomami ziem rzadkich, jak erb (patrz artykuł [1], gdzie omówiono wiele z tych zagadnień). W niektórych metodach nastąpił duży postęp, ale wydajność w temperaturze pokojowej jeszcze do niedawna pozostawała daleko w tyle za możliwościami materiałów dwuskładnikowych.

Jesienią 1990 r. pracownik brytyjskiej Wojskowej Agencji Badań (Defense Research Agency) Leigh Canham zakomunikował o możliwości otrzymania w temperaturach pokojowych fotoluminescencji w warstwie krzemu porowatego, utworzonej na powierzchni płytki krzemowej [2]. Możliwość emisji światła przez krzem porowaty była intrygująca z wielu powodów. Po pierwsze, energia emitowanego światła była dużo większa od szerokości przerwy energetycznej dla krzemu krystalicznego. Po drugie, energię (barwę) światła można było zmieniać w sposób kontrolowany w całym zakresie widzialnym poprzez zmianę warunków wytwarzania warstwy porowatej. Jest to bardzo istotne w technologii monitorów i wyświetlaczy, gdzie potrzebne są trzy podstawowe barwy: czerwona, zielona i niebieska. Wreszcie, wydajność kwantowa była porównywalna do wydajności materiałów dwuskładnikowych z prostą przerwą.

Publikacja Canhama rozbudziła nadzieje na szybki rozwój technologii optoelektronicznych opartych na krzemie i spowodowała burzliwy rozwój badań krzemu porowatego. W ciągu 6 lat, które upłynęły od pierwszej publikacji donoszącej o fotoluminescencji w temperaturze pokojowej na krzemie porowatym, udało się dokonać znacznego postępu w zrozumieniu podstawowych mechanizmów tego zjawiska. Przydatność krzemu porowatego w zastosowaniach optoelektronicznych była przedmiotem wielu badań; skonstruowano diody świeące (LED) z wydajnościami w temperaturze pokojowej większymi niż 0.1%, a także zintegrowane struktury testowe zawierające LED i urządzenia elektroniczne (rys. 1). Niniejszy artykuł podsumowuje aktualny stan badań i omawia problemy wciąż wymagające rozwiązania, jeśli krzem porowaty miałby stanowić brakujące ogniwo w integracji elektroniki i optoelektroniki.

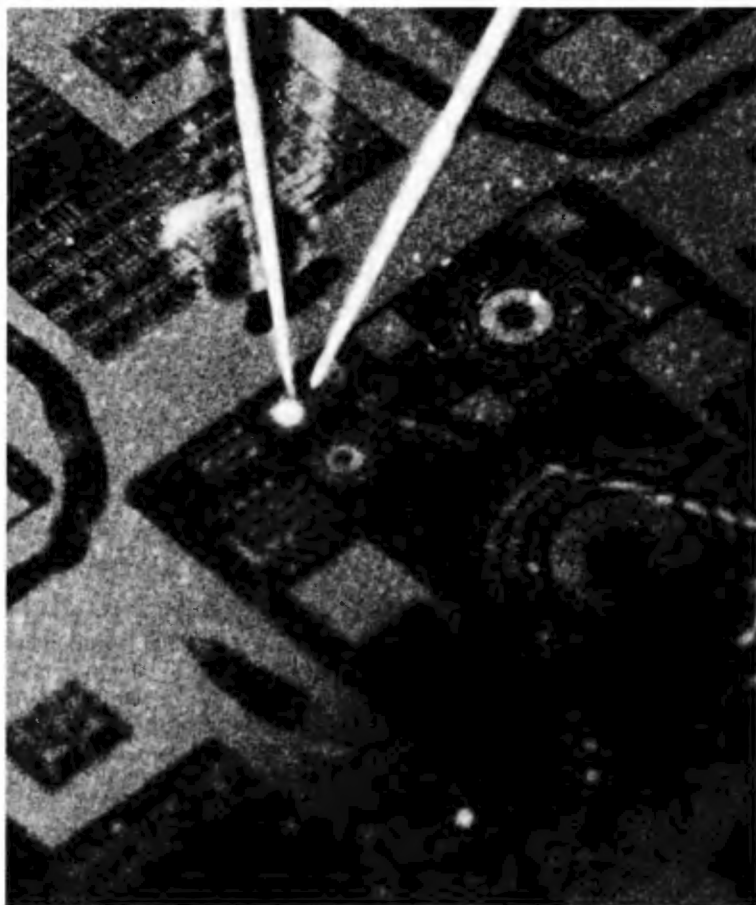
2. Co to jest krzem porowaty?

Mówiąc najprościej, krzem porowaty to sieć nanokrystalitów krzemu otoczonych pustymi przestrzeniami (rys. 2). Warstwę krzemu porowatego wytwarza się w procesie elektrochemicznej anodyzacji powierzchni płytki krzemowej. Rysunek 2a pokazuje schemat typowego ogniwa elektrochemicznego używanego do wytwarzania warstwy porowatej przez trawienie anodowe.

Mimo że odkrycie własności luminescencyjnych krzemu porowatego jest osiągnięciem ostatnich lat, sam krzem porowaty został odkryty w 1956 r. podczas badań nad elektropolerowaniem krzemu [3]. Związki między własnościami strukturalnymi i elektronicznymi krzemu porowatego a warunkami procesu jego wytwarzania były przedmiotem intensywnych badań w kolejnych pracach. Gęstość prądu, koncentracja kwasu fluorowodorowego, obecność lub brak dodatkowego oświetlenia podczas trawienia, a zwłaszcza typ domieszkiowania i oporność krzemu silnie wpływają na morfologię warstwy porowatej. Na przykład w lekko domieszkowanym materiale typu p przeważa morfologia porów typu gąbki, a w materiale typu n oraz w mocno domieszkowanych płytkach typu p tworzy się struktura dendrytów lub struktura kolumnowa. Porowatość (procentowy udział przestrzeni pustych w strukturze) zwykle waha się w granicach od 50% do 90%, przy czym wydajność świecenia jest ogólnie większa dla wyższych wartości porowatości.

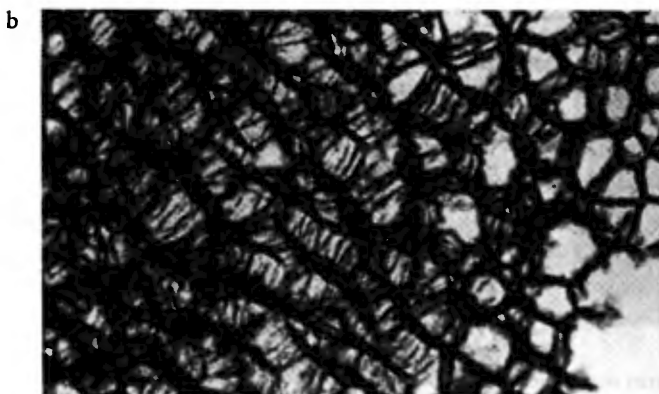
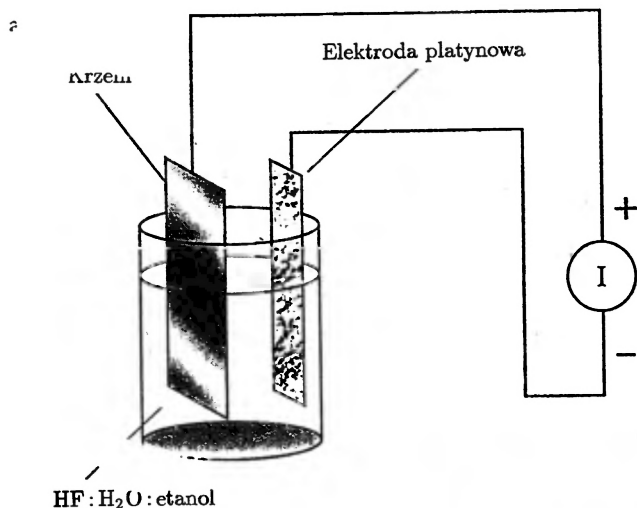
3. Niska wydajność optyczna krzemu objętościowego

Aby wyjaśnić własności optyczne krzemu porowatego, musimy zrozumieć, dlaczego krzem objętościowy, będący półprzewodnikiem ze skośną przerwą energetyczną, ma tak małą wydajność optyczną. Rysunek 3 pokazuje strukturę pas-



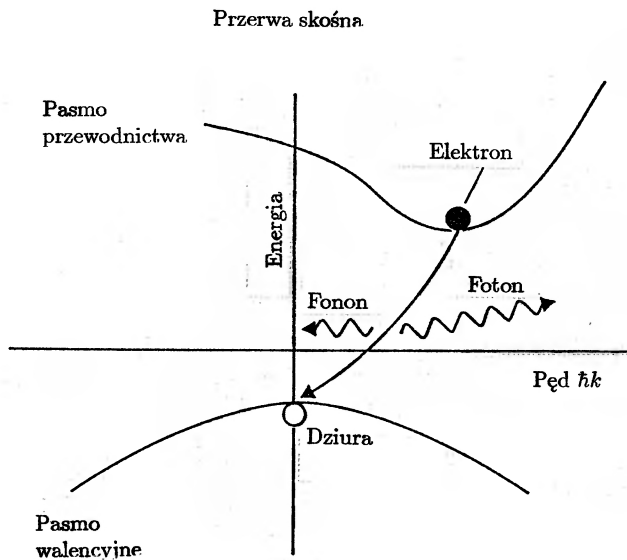
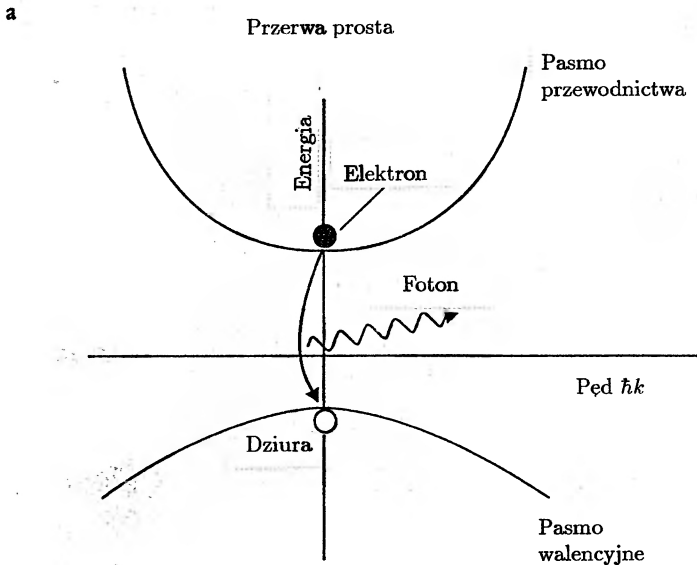
Rys. 1. Układ optoelektroniczny na krzemie porowatym, w którym tranzystor krzemowy, zbudowany na tym samym podłożu krzemowym, steruje diodą świecącą (LED). Każdy układ koncentrycznych pierścieni metalowych odpowiada osobnemu układowi LED/transzystor. Pierścienie to kontakty tranzystora, który ma kształt kołowy i umieszczony jest pod pierścieniami. Dioda znajduje się w środku pierścienia. Mały, jasny dysk o rozmiarze 0.3 mm w pobliżu zakończeń kontaktów to światło luminescencji z diody.

nową w pobliżu przerwy energetycznej dla półprzewodnika z prostą przerwą np. GaAs (rys. 3a) oraz dla przypadku skośnej przerwy, np. krzemu (rys. 3b). Struktura pasmowa przedstawia energię elektronów jako funkcję wektora falowego k , gdzie $\hbar k$ jest „pędem krystalicznym” elektronu (pęd krystaliczny jest analogiem pędu klasycznego, ale odniesionym do periodycznej sieci krystalicznej).



Rys. 2. Trawienie anodowe i jego wynik. (a) Schemat ogniw elektrochemicznego używanego do produkcji krzemu porowatego. Katoda wykonana jest z platyny, a krzem pełni rolę anody. Elektrolit jest mieszaniną kwasu fluorowodorowego, wody i etanolu. Podstawowym elementem trawiącym (rozpuszczającym) krzem jest kwas, a etanol jest czynnikiem zwilżającym. Przy polaryzacji dodatniej ogniwa tworzy się na płytce kilkumikronowa warstwa porowata. (b) Transmisyjna mikrografia elektronowa krzemu porowatego wytrawionego na płytce krzemowej typu p^+ . Próbkę była celowo wytrawiona tak, by uzyskać morfologię o bardzo dużych porach. Wielkość porów jest rzędu 50 nm, a szkielet krzemowy składa się z krystalitów o wymiarach poprzecznych mniejszych niż 10 nm. Zgodnie z opisem w tekście artykułu, wielkość krystalitów w próbkach o najwyższej wydajności jest bliska 2 nm (zdjęcie wykonane przez Anthony'ego G. Cullisa z brytyjskiej Wojskowej Agencji Badań).

Emisja światła z krawędzi pasma w półprzewodniku wymaga wzbudzenia elektronu z wypełnionego pasma walencyjnego do pustego pasma przewodnictwa i następnie jego rekombinacji z niezapełnionym stanem (dziurą) w paśmie walencyjnym. Proces deekscytacji jest nazywany rekombinacją elektron-dziura. Emisja światła następuje, jeśli energia rekombinacji jest wydzielana w postaci fotonu. W procesie rekombinacji zarówno energia, jak i pęd krystaliczny muszą



być zachowane. Warunki te są analogiczne do praw zachowania energii i pędu w oddziaływaniach dwu ciał.

W półprzewodnikach z prostą przerwą minimum pasma przewodnictwa i maksimum pasma walencyjnego występują dla tej samej wartości k . Ponieważ pęd fotonu jest bardzo mały, w procesie emisji fotonu jako wyniku rekombinacji elektron-dziura k jest zachowane. Zjawiska optyczne w półprzewodnikach z prostą przerwą są stosunkowo silne. Inaczej jest w półprzewodnikach ze skośną przerwą, gdzie minimum pasma przewodnictwa i maksimum pasma walencyjnego występują w różnych punktach przestrzeni k . W tym przypadku pęd krystaliczny nie może być zachowany wyłącznie dzięki prostej emisji lub absorpcji fotonu. Jednoczesna emisja fotonu i emisja lub absorpcja innej cząstki, np. fononu (drgania sieci) może zachować k , ale takie zjawiska są procesami drugiego rzędu i dlatego są mało prawdopodobne w porównaniu z prostą rekombinacją optyczną. Z tego powodu emisja światła w krzemie objętościowym jest znacznie słabsza niż w półprzewodnikach z prostą przerwą, a także musi obejmować jednoczesną emisję fotonu i fononu, unoszącego pęd k . W temperaturze pokojowej wydajności typowe dla krzemu są znacznie mniejsze od 0.001%. W przeciwieństwie do krzemu, typowe diody z GaAs mają wydajności kwantowe w granicach 1–10%, a w niektórych specjalnych układach LED osiągają nawet 30%.

4. Mechanizm luminescencji w krzemie porowatym

Pierwsza publikacja donosząca o luminescencji w krzemie porowatym o energii przekraczającej szerokość przerwy dla krzemu ukazała się w 1984 r. [4]. Badania wykonano jednakże w niskich temperaturach; nie podano osiągniętej wydajności. Jak już wspomniano, ogromne zainteresowanie emisją światła w krzemie

Rys. 3 (na sąsiedniej stronie). Struktura pasmowa w pobliżu przerwy energetycznej dla półprzewodnika z przerwą (a) prostą i (b) skośną. W przejściach optycznych pęd krystaliczny $\hbar k$ jest zachowany. (a) Ponieważ pęd fotonu jest zaniedbywalnie mały, proste przejścia optyczne mogą zachodzić tylko między stanami walencyjnymi i w pasmie przewodnictwa dla tej samej wartości k . W półprzewodniku z prostą przerwą, jak np. GaAs, minimum pasma przewodnictwa i maksimum pasma walencyjnego wypadają dla tej samej wartości k i bezpośrednia rekombinacja elektronów oraz dziur zachodzi stosunkowo intensywnie. (b) W półprzewodniku z przerwą skośną pęd krystaliczny może być zachowany jedynie przy emisji lub absorpcji wraz z fotonem dodatkowej cząstki, jak fonon. Ponieważ są to procesy drugiego rzędu, wydajność przejść optycznych dla materiałów z przerwą skośną jest względnie mała w porównaniu z półprzewodnikami z przerwą prostą, jak krzem. Strzałki oznaczające fotony i fonony są symboliczne i nie mają znaczenia ilościowego. W rzeczywistości fonony unoszą większość pędu, a bardzo niewiele energii.

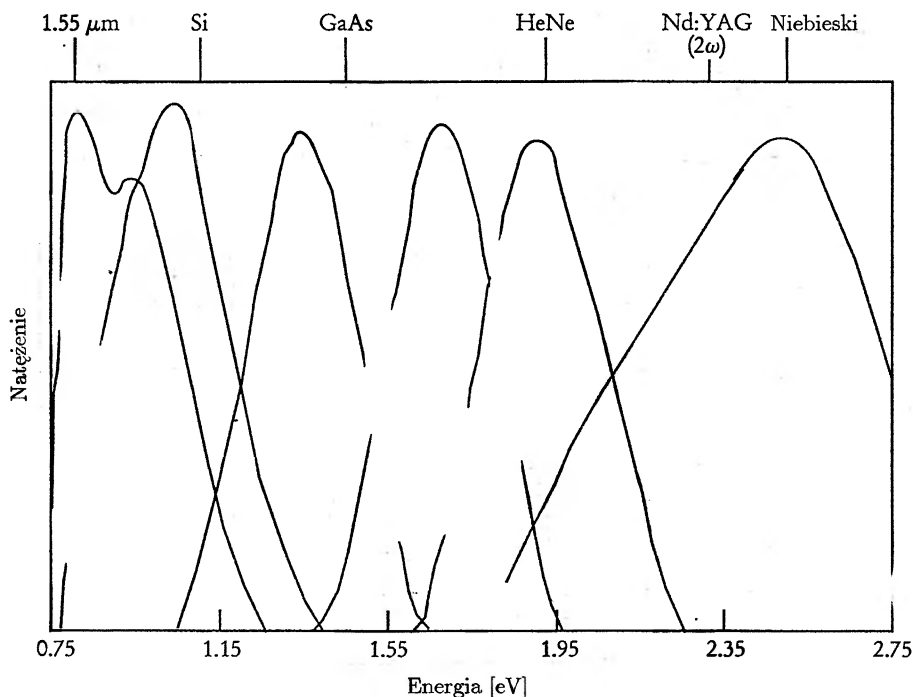
porowatym datuje się w istocie od czasu publikacji Canhama w 1990 r., która pokazała możliwość wydajnej, regulowanej emisji światła w temperaturze pokojowej o energii o wiele większej od szerokości przerwy w krzemie. Zakres energii emisji jest naprawdę imponujący. Jak pokazano na rys. 4, dzięki zmianie warunków trawienia można uzyskać energię emisji od bliskiej podczerwieni do niebieskozielonej części widma widzialnego. Mniej więcej w tym samym czasie co praca Canhama ukazał się artykuł Volkera Lehmana i Ulricha Goselego [5], podówczas pracowników Uniwersytetu Duke'a, przedstawiający optyczne widma transmisyjne krzemu porowatego. Ich wyniki również sugerowały, że przerwa energetyczna krzemu porowatego jest większa niż krzemu monokrystalicznego.

Celem większości następných badań nad krzemem porowatym było wyjaśnienie mechanizmu emisji światła. Jest to zagadnienie interesujące nie tylko ze względu na jego podstawy, ale także ze względu na możliwości bezpośredniego wykorzystania tego materiału w zastosowaniach optoelektronicznych. W swych pierwszych pracach zarówno Canham, jak i Lehmann z Goselem sugerowali, że warstwy porowate składają się z obszarów nanokrystalicznych, a zwiększenie przerwy energetycznej w stosunku do krzemu objętościowego jest rezultatem powstania studni kwantowych w nanokrystalach. Model kwantowy w krzemie porowatym i zakres jego stosowalności stał się tematem ożywionej dyskusji w literaturze przedmiotu.

Rysunek 5a przedstawia schematycznie studnię kwantową w materiale półprzewodnikowym. Elektryony w paśmie przewodnictwa i dziury w paśmie walencyjnym są ograniczone przestrzennie przez bariery potencjału – na przykład wytworzone przez powierzchnie nanokrystalitów. W wyniku tego ograniczenia elektronów i dziur najniższa energia przejścia optycznego wzrasta, zwiększając efektywnie szerokość przerwy energetycznej. W prostym przybliżeniu masy efektywnej energia przerwy ograniczonej wyraża się wzorem:

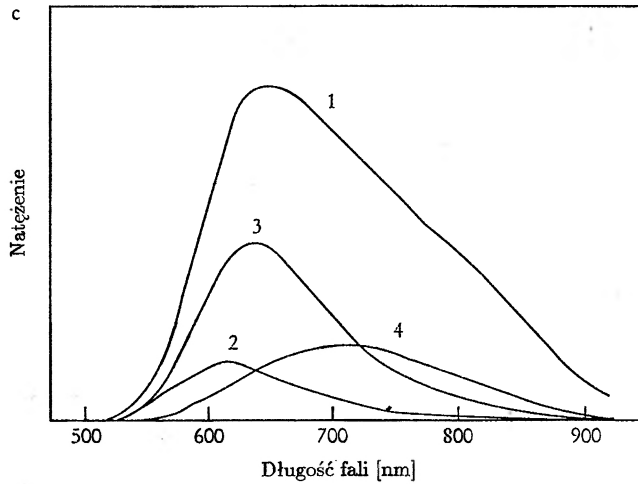
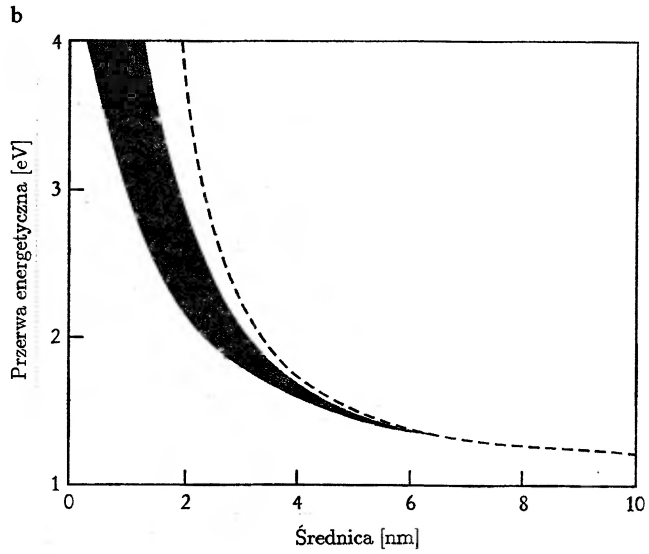
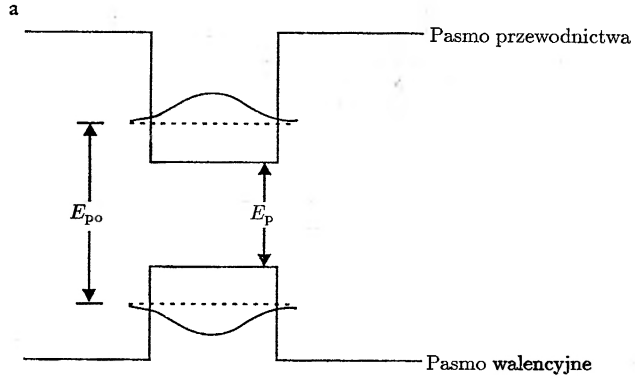
$$E_{\text{po}} = E_{\text{p}} + \frac{\hbar^2 \pi^2}{2} \left(\frac{1}{w_x^2} + \frac{1}{w_y^2} + \frac{1}{w_z^2} \right) \left(\frac{1}{m_c^*} + \frac{1}{m_v^*} \right),$$

gdzie E_{po} i E_{p} są odpowiednio szerokością przerwy ograniczonej oraz szerokością zwykłej przerwy w krzemie monokrystalicznym, m_c^* i m_v^* – masami efektywnymi dla pasm przewodnictwa i walencyjnego, a w_x , w_y i w_z – rozmiarami obszaru ograniczonego. Wielkość przerwy energetycznej dla studni kwantowej rośnie wraz ze zmniejszaniem się rozmiarów krystalitów. Zjawisko kwantowego ograniczenia jest dobrze znane i zbadane dla takich układów półprzewodnikowych, jak heterostruktury GaAs/Al_{1-x}Ga_xAs, w których jest wykorzystywane do dobierania energii emisji laserów półprzewodnikowych.



Rys. 4. Widma fotoluminescencyjne dla serii próbek krzemu porowatego, otrzymane w temperaturze pokojowej. Widma zostały znormalizowane. Różną energię emisji otrzymano dzięki zróżnicowaniu warunków trawienia. Emisja w podczerwieni o energii mniejszej niż przerwa energetyczna krzemu, jak dla najniższej energii na rysunku, jest prawdopodobnie związana z defektami sieci. Wysokoenergetyczna emisja w zakresie niebieskim, obserwowana dla mocno utlenionych próbek, jest związana z tlenkami, a nie z krzemem; widmo o najwyższej energii na rysunku otrzymano dla próbki utlenionej. Te dwa zakresy emisji różnią się od pozostałych, wydajnych pasm, pochodzących od próbek, w których luminescencja zależy od doboru warunków trawienia. Właśnie te pasma pośrednie są tematem niniejszego artykułu. Dzięki zmianie warunków trawienia energię pasma można dostrajać od bliskiej podczerwieni do zakresu niebieskozielonego pasma widzialnego z wydajnością rzędu 10%. Dla ułatwienia porównań zaznaczono na górnej osi długości fali charakterystyczne dla powszechnie stosowanych źródeł światła (laser He-Ne i laser Nd:YAG z podwajaniem częstości), odpowiadające szerokości przerwy energetycznej w typowych półprzewodnikach (Si oraz GaAs) i długość fali w łączach światłowodowych (1.55 μm).

Rysunek 5b pokazuje wyniki obliczeń (na podstawie podanego wzoru) optycznej przerwy energetycznej dla nanokrystalitu krzemu jako funkcji jego rozmiarów charakterystycznych. W krystalicie o rozmiarach rzędu 3 nm energia przejścia wynosi około 2 eV, co odpowiada części czerwonej widma widzialnego. W rzeczywistości jest to zbyt uproszczony sposób obliczania energii przejścia. Zaniedbuje



on nieparaboliczność pasma przewodnictwa, dokładny kształt pasma walencyjnego oraz wpływ pasm sąsiednich (przy dużej energii studni), a także wkład pochodzący od ekscytonów. Dokładniejsze obliczenia opublikowało kilka zespołów badawczych [6]. Aczkolwiek szerokość przewidywanej przerwy energetycznej silnie zależy od szczegółów modelu, wyniki, które układają się w obszarze zaczerpionym na rys. 5b pokazują, że model masy efektywnej dyskutowany powyżej zawyża szerokość przerwy dla danej wielkości nanokrystalu. Przejście optyczne o energii 2 eV zachodzi prawdopodobnie w kryształach o rozmiarach w granicach od 2 do 2.5 nm.

Pierwszym krokiem do sprawdzenia modelu kwantowego ograniczenia byłoby zbadanie, czy kryształy o takich rozmiarach stanowią dużą część warstwy porowatej. Jeśli założyć, że tak jest, to obserwowane zmiany energii przejścia optycznego przy zmianie rozmiarów nanokrystalitów stanowiłyby dość przekonujący dowód na poprawność modelu. Oryginalna praca Canhama zawiera pośredni dowód istnienia takiej zależności. Zaobserwował on, że energia luminescencji rośnie ze wzrostem czasu trawienia. Jeśli dłuższy czas trawienia oznacza mniejsze nanokrystale, to można wnioskować, że ich rozmiary są skorelowane z energią luminescencji. Chociaż ten wynik jest bardzo sugestywny, to jednak jest możliwe, że także inne własności warstwy porowatej, jak obecność w niej wodoru i tlenu lub koncentracja defektów powierzchniowych zależą od czasu trawienia. Z tego też powodu badacze poszukiwali bardziej bezpośrednich dowodów istnienia korelacji pomiędzy wielkością kryształitów a szerokością przerwy wzbronionej. Transmisyjna mikroskopia elektronowa i spektroskopia ramanowska wykazały, że

Rys. 5 (na sąsiedniej stronie). Ograniczenie kwantowe. (a) Schemat jednowymiarowej półprzewodnikowej studni kwantowej. Pokazano funkcje falowe stanów podstawowych pasma walencyjnego i pasma przewodnictwa. E_p jest szerokością przerwy energetycznej dla objętościowego, nieograniczonego półprzewodnika. E_{po} jest najniższą energią przejścia optycznego z pasma walencyjnego do pasma przewodnictwa w studni kwantowej. Ograniczenie efektywnie zwiększa przerwę energetyczną materiału. (b) Linia przerywaną oznaczono zależność wielkości przerwy energetycznej nanokrystalu krzemu jako funkcji rozmiarów kryształitów, obliczoną według przybliżenia masy efektywnej, podanego w tekście. Założono ograniczenie trójwymiarowe w pudle o kształcie sześcianu. W dokładniejszych obliczeniach przerwy energetyczne silnie zależą od modelu. Wyniki takich obliczeń na ogół zawierają się w obszarze zacieniowanym. Pomimo pewnych różnic wszystkie modele dają dla danej wielkości kryształitów szerokości przerwy energetycznej mniejsze niż wynikające z modelu masy efektywnej. (c) Krzywa 1 pokazuje fotoluminescencję pochodzącą od nanokrystalów krzemu o rozmiarach rozłożonych statystycznie. Widma 2-4 otrzymano dla nanokrystalów segregowanych pod względem wielkości przy użyciu chromatografii cieczowej. Widać wyraźną zależność pomiędzy średnią wielkością kryształitów, która maleje od krzywej 4 do 2, a odpowiednią energią pasma luminescencji (z pracy [8]).

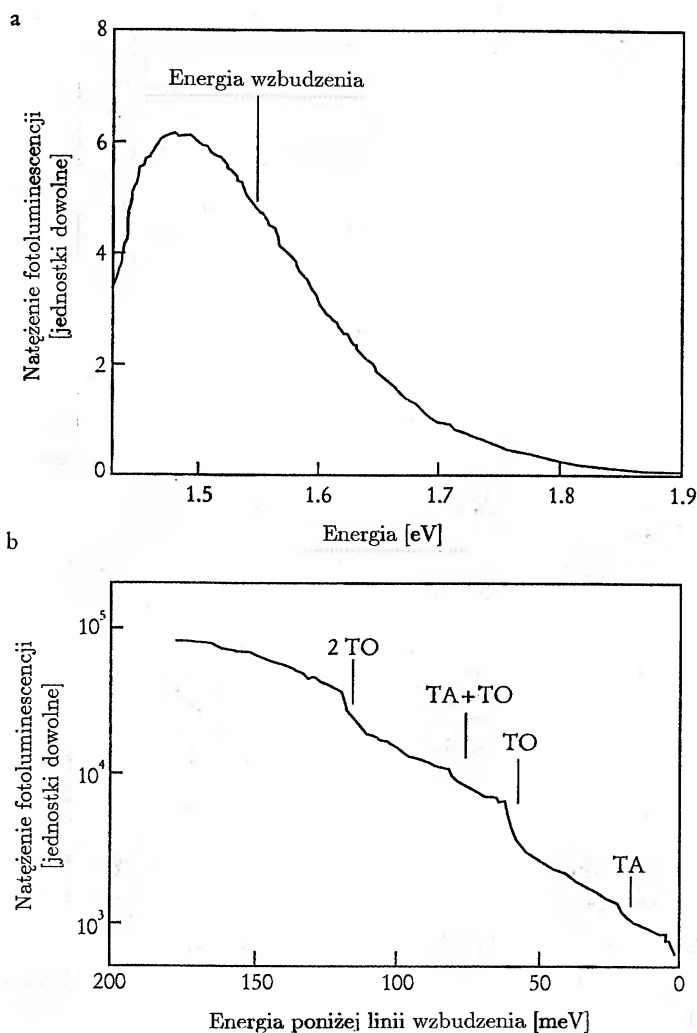
krystalitości o odpowiednich wielkościach są rzeczywiście obecne w warstwach porowatych [1,7]. Duża szerokość linii luminescencyjnych krzemu porowatego (rys. 4) sugeruje, że rozrzut wielkości krystalitów jest znaczny, użyte metody nie pozwalają jednak na jednoczesny pomiar rozmiarów pojedynczych cząstek oraz ich energii emisji.

5. Test modelu kwantowego ograniczenia

Pomimo tych trudności nastąpił duży postęp w powiązaniu rozmiarów krystalitów i energii emisji. Bardzo interesujące wyniki zostały opublikowane przez grupy badawcze, które opracowały metody chemicznej syntezy nanokryształów krzemu bez podłoża o wymiarach mniejszych niż 10 nm [8]. Tak wyhodowane nanokrystały wykazują bardzo wydajną luminescencję w paśmie widzialnym o właściwościach podobnych do luminescencji krzemu porowatego. Jest bardzo prawdopodobne, że model wyjaśniający zjawisko fotoluminescencji w nanokryształach będzie można zastosować także do opisu zjawisk w warstwach krzemu porowatego. Nanokrystały tak hodowane wykazują równie szeroki rozkład wielkości krystalitów. William Wilson i jego współpracownicy z byłych Laboratoriów Bella firmy AT&T wykorzystali metodę chromatografii cieczy do separacji nanokryształów na grupy o większych i mniejszych średnich rozmiarach krystalitów. Na rysunku 5c widać, że widmo emisyjne przesuwają się w stronę większych wartości energii, gdy maleją średnie rozmiary krystalitów. Stefan Schuppler i jego koledzy z Laboratoriów Bella oraz Narodowego Laboratorium Lawrence'a w Berkeley zastosowali rentgenowskie metody absorpcyjne do wyznaczenia rozmiarów krystalitów, które podobnie malały ze wzrostem energii maksimum pasma luminescencji [8].

Innym wynikiem pomiarów, który przemawia za modelem kwantowego ograniczenia, jest rezonansowe wzbudzenie pasma fotoluminescencyjnego. Na rysunku 6a pokazano widmo luminescencji próbki krzemu porowatego wzbudzonej światłem nadfioletowym. Rysunek 6b pokazuje widmo tej samej próbki, ale wzbudzone promieniowaniem o energii ze środka pasma luminescencyjnego (w rezonansie z pasmem). Dla widma na rys. 6b zero energii odpowiada energii wzbudzenia przez linie lasera, zatem widmo to pokazuje natężenie linii emisyjnych dla energii mniejszej od energii linii lasera. Położenia charakterystycznych „schodków” widma odpowiadają wartościom energii fononów w krzemie krystalicznym. Korelacja ta sugeruje, że luminescencja zachodzi w krzemie krystalicznym, mimo że jego przerwa energetyczna jest dużo większa niż w krzemie objętościowym.

Obecność fononów wskazuje również, że bezpośrednia rekombinacja optyczna, która zaczyna być dozwolona, gdy zanika symetria translacyjna w mikrokryształach, zachodzi na co najmniej porównywalną skalę wraz z przejściami pośrednimi



Rys. 6. Wzbudzenie rezonansowe. (a) Widmo fotoluminescencji krzemu porowatego. Widmo otrzymano dla energii wzbudzenia rzędu 3 eV przy użyciu nadfioletu. Wskaźnik oznacza energię wzbudzenia wykorzystaną do otrzymania widma pokazanego na rys. 6b. Energia ta jest w rezonansie z pasmem luminescencji. (b) Widmo rezonansowe fotoluminescencji. „Schoдки” pochodzące od fononów optycznych (TO) i akustycznych (TA) unoszących pęd krystaliczny w krzemie są wyraźnie widoczne na krzywej widmowej. Wszystkie pomiary wykonano w temperaturach helowych.

dla emisji w pobliżu 2 eV. Zasadniczo rekombinacja pośrednia w pobliżu 2 eV jest możliwa teoretycznie [9]. Phil Calcott i Keith Nash z Wojskowej Agencji Badań pokazali, że wraz ze wzrostem energii wzbudzenia linie fononowe poszerzają

się i stają się mniej widoczne, co może oznaczać wzrost roli przejść bezpośrednich [10].

Do wyjaśnienia luminescencji w krzemie porowatym nie wystarczy wytłumaczenie wzrostu szerokości przerwy energetycznej. Musimy także zrozumieć zaskakująco wysoką wydajność optyczną luminescencji w porównaniu z bardzo niską wydajnością w krzemie objętościowym. Interesujący wgląd w to zagadnienie można uzyskać na podstawie pomiarów czasu życia luminescencji. W pomiarach tych obserwuje się wzbudzone impulsem laserowym pary elektron-dziura; aby wyznaczyć prędkość rekombinacji nośników, mierzy się natężenie emisji w funkcji czasu, który upłynął od wzbudzenia.

W ogólności prędkość zaniku luminescencji w krzemie porowatym zależy od energii luminescencji; na przykład typowy czas zaniku dla emisji 2 eV jest rzędu dziesiątek mikrosekund [11]. Zakładając prędkości termiczne rzędu 10^7 cm/s dla nośników w temperaturze pokojowej oraz charakterystyczne rozmiary nanoziaren rzędu 5 nm można pokazać, że nośniki zderzają się ze ściankami 10^9 razy, zanim nastąpi rekombinacja połączona z emisją światła. Mimo że jest to oszacowanie klasyczne, ilustruje ono ważny aspekt zjawiska. Warunki na powierzchni nanokrystalitu muszą odgrywać istotną rolę w procesie emisji światła. Powierzchnia monokryształu krzemu stanowi często źródło defektów – zwykle są to zerwane wiązania krzemowe; działają one jak bezpromieniste centra rekombinacji. Wynika stąd, że powiększanie powierzchni efektywnej nie jest najlepszym sposobem zwiększania wydajności optycznej krzemu, i nie jest niespodzianką, że wydajność kwantowa silnie zależy od warunków i przygotowania powierzchni.

Jak wykazały badania transmisji w podczerwieni oraz pomiary absorpcji rentgenowskiej, świeżo przygotowany krzem porowaty zawiera duże ilości wodoru [12,13]. Wodór obsadza zerwane wiązania na powierzchni krzemu. Pomimo bardzo dużej powierzchni wewnątrz krzemu porowatego gęstość zerwanych wiązań w świeżo przygotowanym krzemie może być zbyt mała, by można było ją wykryć za pomocą elektronowego rezonansu paramagnetycznego. Świeże próbki krzemu wykazują duży stopień pasywacji powierzchni, a ich wydajność optyczna w temperaturze pokojowej jest wysoka – w granicach od 1 do 10% zewnętrznej wydajności kwantowej. Jednakże materiał z wiązaniami obsadzonymi wodorem wykazuje dużą podatność na utlenianie w temperaturze pokojowej i dużą zdolność do utraty wodoru, co prowadzi do obniżenia wydajności optycznej [12]. Aczkolwiek czułość na stan powierzchni jest w ogólności niepożądana w zastosowaniach technologicznych, obserwowano odwracalne zmiany w widmie emisyjnym, spowodowane adsorpcją lub usuwaniem z powierzchni krzemu różnych związków chemicznych. Grupa Michaela Sailora z Uniwersytetu Kalifornijskiego w San Diego proponowała wykorzystanie tej własności do konstrukcji detektorów chemicznych [7].

Konieczność uzyskania bardziej trwałej chemicznie powierzchni w naturalny sposób skierowała zainteresowanie na SiO_2 jako związek dobrze pasywujący powierzchnię. Jak już wspomniano, niskotemperaturowe utlenianie krzemu porowatego prowadzi do niskiej wydajności optycznej. Z drugiej strony kilka grup badawczych pokazało, że utlenianie anodowe lub szybkie utlenianie termiczne krzemu porowatego prowadzi do uzyskania materiału o wydajnej luminescencji. Procesy te powodują powstawanie tlenków lepszej jakości, które praktycznie usuwają centra rekombinacji bezpromienistej, obniżając wydajność. Jak przewidywano, krzem porowaty pokryty tlenkami wysokiej jakości wykazuje większą trwałość luminescencji.

6. Inne modele

Chociaż w próbach wyjaśnienia zjawiska luminescencji w krzemie porowatym najczęściej stosowano model kwantowego ograniczenia, to jednak proponowano również inne podejścia. Ogromna powierzchnia wewnętrzna krzemu porowatego oraz zależność wydajności optycznej od stanu powierzchni wywołała spekulacje, że emisja światła jest spowodowana obecnością cząsteczek związków chemicznych, defektów powierzchniowych lub roztworów stałych powstałych podczas anodyzacji krzemu. Na przykład duża koncentracja wodoru w świeżo przygotowanym materiale sugerowała, że za luminescencję odpowiedzialny jest roztwór krzemowo-wodorowy. Inne interesujące wyjaśnienie, które wzbudziło sporo dyskusji, polega na przypisaniu własności optycznych obecności siloksenu ($\text{Si}_6\text{O}_3\text{H}_6$), związku opartego na krzemie, który rzekomo tworzy się na powierzchni podczas anodyzacji (patrz artykuły Martina Brandta i współpracowników w książkach wymienionych w odnośniku [7]). Centra defektowe związane z SiO_2 są jeszcze innym możliwym źródłem luminescencji. Brak znaczących ilości tlenu w świeżo wytrawionym krzemie porowatym lub wodoru w szybko utlenionej termicznie warstwie porowatej przeczyłby tym sugestiom, gdyby założyć, że chcemy stworzyć jednolity model, wyjaśniający luminescencję we wszystkich rodzajach krzemu porowatego. Jest oczywiście możliwe, że niewielkie ilości niektórych z tych związków mogą być obecne w krzemie porowatym i wносить swój wkład do luminescencji, ale jest mało prawdopodobne, aby było to główne źródło zjawiska. W rezultacie modele oparte na tych sugestiach zostały na ogół zarzucone.

Na koniec zauważmy, że wyjaśniając model kwantowego ograniczenia milcząco założyliśmy, iż przerwa optyczna i energia emisji luminescencyjnej są prawie takie same. W przypadku emisji związanej ze stanami defektowymi to założenie nie musi być poprawne. Frederick Koch z Politechniki w Monachium zaproponował model, w którym wskutek absorpcji następują przejścia do stanów

kwantowych zgodnych z modelem kwantowego ograniczenia, ale następnie nośniki relaksują się do stanów defektowych związanych z powierzchnią, a emisja światła zachodzi po rekombinacji nośników w stanach defektowych (patrz odnośnik do artykułu Kocha w pracy [1]). Jedną z możliwości rozróżnienia między czystym modelem kwantowego ograniczenia a poszerzonym modelem Kocha jest pomiar przesunięcia w skali energii między rzeczywistą wartością przerwy energetycznej dla krzemu porowatego a energią pasma luminescencji. Dowody na istnienie takiego przesunięcia znaleziono w pomiarach absorpcji optycznej, spektroskopii elektronowej, a ostatnio potencjałów redoks dla krzemu porowatego (patrz artykuł [14], gdzie omówiono te wyniki). Jednocześnie wyniki innych badań doświadczalnych nie przemawiają za istnieniem dużej różnicy pomiędzy progami absorpcji a energią emisji. Przykładem mogą być wartości energii progowych fononów unoszących pęd (rys. 6); powinny one także podlegać takiemu przesunięciu, ale nie obserwuje się go.

Pomimo że jest coraz więcej faktów przemawiających za modelem kwantowego ograniczenia jako głównego mechanizmu luminescencji w krzemie porowatym, ostateczne badania doświadczalne, które pokazałyby np. różnicę między czystym modelem ograniczenia a poszerzonym modelem Kocha, nie zostały jeszcze wykonane. Jest bardzo prawdopodobne, że wyjaśnienie roli ograniczenia kwantowego i w rezultacie mechanizmu emisji światła będzie wymagało rozwoju technologii trawienia próbek w celu uzyskania bardziej jednorodnego rozkładu rozmiarów krystalitów lub rozwoju metod pomiarowych pozwalających na badanie pojedynczych nanokryształów. Pewien postęp w obu dziedzinach już nastąpił. Wzmiankowane prace nad wyhodowaniem izolowanych nanocząstek krzemu są krokiem w kierunku otrzymania bardziej jednorodnych nanokryształów. Trwają prace nad rozwojem innych ciekawych metod, jak tworzenie klastrów atomów krzemu za pomocą laserowego odparowywania w połączeniu ze spektroskopią masową, umożliwiającą selekcję pod względem rozmiarów [15]. Do charakteryzacji krzemu porowatego stosowano już metody mikroskopii elektronowej, zwłaszcza skaningowy mikroskop tunelowy; mogą one stać się źródłem informacji na temat korelacji sygnału fotoluminescencji z wymiarami krystalitów.

7. Przyszłość urządzeń elektroluminescencyjnych

Wysoka wydajność optycznej luminescencji krzemu porowatego jest rzeczywiście spektakularna, ale jeśli materiał ten ma znaleźć praktyczne zastosowania jako źródło światła, konieczne jest uzyskanie podobnych efektów przez wzbudzenie za pomocą nośników elektrycznych. Trudno się więc dziwić, że pierwsze próby

uzyskania elektroluminescencji rozpoczęły się natychmiast po opublikowaniu wyników pokazujących wysoką wydajność fotoluminescencji krzemu porowatego. Początkowe próby na układach z kontaktami z ciała stałego nie dały zbyt zachęcających wyników. Natomiast przy użyciu kontaktów ciekłych uzyskano wydajności, które mogą być wykorzystane w praktycznych układach. Już we wczesnych badaniach nad emisją światła w krzemie porowatym zaobserwowano elektroluminescencję podczas anodowego utleniania w wodnych roztworach KNO_3 i HCl (patrz artykuły Sophie Billat i współpracowników w książkach wymienionych w odnośniku [7]). Obserwowana luminescencja, aczkolwiek bardzo jasna, trwała tylko kilka minut. Bardziej trwałą emisję światła przy użyciu ciekłych kontaktów obserwowano później w wodnych elektrolitach zawierających jony nadsiarczanowe oraz w roztworach kwasu mrówkowego [16]. Zewnętrzne wydajności kwantowe obserwowane dla tych elektrolitów były rzędu 0.1%.

Pierwszymi półprzewodnikowymi urządzeniami emitującymi światło były zwykle diody (najczęściej wytwarzane przez napylenie cienkiej elektrody metalicznej na warstwę krzemu porowatego), ale ich charakterystyki były dalekie od ideału. Otrzymanie emisji światła wymagało zwykle zastosowania dość wysokich napięć; jej natężenie było często takie samo dla polaryzacji w kierunku przewodzenia oraz zaporowej, a wydajności kwantowe były mniejsze niż 0.001%. Trudno zatem nie oczekiwać problemów przy wytwarzaniu wydajnych diod świecących z krzemu porowatego. W doświadczalnych badaniach fotoluminescencji wskutek absorpcji fotonu powstaje para elektron-dziura, przy czym obie cząstki są położone bardzo blisko siebie, prawdopodobnie w obrębie jednego nanokryształu, gdzie mogą łatwo rekombinować. W zwykłej diodzie świecącej (LED) emisja światła wymaga przenoszenia elektronów i dziur z przeciwnych końców diody do obszaru zubożonego, gdzie może zachodzić ich rekombinacja. W przypadku krzemu porowatego oznacza to skomplikowaną drogę poprzez pory. Natura takiego przenoszenia nośników w sieci porów nie jest jeszcze zrozumiała. Nawet jeśli jest to możliwe, to trzeba wykonać odpowiednie kontakty, które umożliwią elektryczne wstrzyknięcie nośników do warstwy porowatej, a przy tym nie spowodują zwarć. Kontakty ciekłe mają niewątpliwą przewagę nad kontaktami metalicznymi; ich strefa styku elektrycznego obejmuje całą sieć porów.

W 1996 r. nastąpił duży postęp w tej dziedzinie, a osiągnięte zewnętrzne wydajności kwantowe dla wytworzonych układów półprzewodnikowych sięgają już 0.1% [17]. W strukturach tych złącze p-n powstaje przez implantację na płytce krzemowej. Następnie wykonuje się elektrochemiczną anodyzację w celu utworzenia świecącej warstwy porowatej w strefie zubożonej złącza. Charakterystyki takich układów są jeszcze dalekie od ideału, ale już znacznie się poprawiły. Na przykład elektroluminescencja występuje tylko dla polaryzacji w kierunku prze-

wodzenia, a napięcia są rzędu 2 V. Maksymalną wydajność otrzymuje się dla napięcia około 5 V. Oznacza to, że napięcia wymagane do uzyskania emisji leżą w zakresie stosowanym w krzemowych układach elektronicznych. Na rys. 1 pokazano diodę świecącą z krzemu porowatego zasilaną przez tranzystor wytworzony na tej samej płytce podłoża [18].

Chociaż postęp w konstrukcji diod jest dość zachęcający, pozostaje jeszcze wiele problemów do rozwiązania, zanim będzie można ogłosić, że krzem porowaty może stać się podstawą krzemowej technologii optoelektronicznej. Długi czas życia stanów optycznych ogranicza szybkość układów, a zakres widmowy emisji musi zostać zwężony, aby uniknąć zjawisk dyspersyjnych w światłowodach. Nie jest także jasne, czy możliwe będzie skonstruowanie lasera iniekcyjnego na krzemie porowatym, gdyż jego wymagania materiałowe są znacznie ostrzejsze niż dla diody. Prawdopodobnie największą przeszkodą będzie dopasowanie krzemu porowatego do istniejącej technologii krzemu objętościowego. Z tego względu szczególnie trwałość elektroluminescencji jest ciągle jednym z podstawowych problemów. Diody elektroluminescencyjne wykonane z krzemu porowatego z warstwą wodorową wykazują degradację świecenia podobną do obserwowanej dla świecenia w wyniku fotoluminescencji (patrz p. 5). Trwałość poprawia się, gdy stosuje się wygrzewanie warstwy w celu utworzenia cienkiej pasywującej warstwy tlenkowej na powierzchni porów, ale ponieważ SiO_2 jest izolatorem, dla poprawnego działania urządzenia niezwykle istotne jest utrzymanie odpowiedniej grubości warstwy tlenku.

8. Perspektywy

W ciągu sześciu lat, które upłynęły od odkrycia wydajnej fotoluminescencji w krzemie porowatym w temperaturze pokojowej, zachodził stały postęp w zrozumieniu mechanizmu luminescencji. Także rozwój realizacji procesów elektroluminescencyjnych o wydajnościach porównywalnych z fotoluminescencją jest czynnikiem optymistycznym. Wciąż jednak pozostają do rozwiązania zasadnicze problemy, zanim będzie można odpowiedzieć na najważniejsze pytanie: „Czy krzem porowaty pozwoli na ostateczną integrację technologii optycznych i elektronicznych w jednym układzie scalonym?” Jeśli odpowiedź brzmi „tak”, to potencjalne zyski sprawią, że badania materiałowe własności optycznych i elektronicznych struktur nanokrystalicznych krzemu pozostaną aktywnie uprawianym i pasjonującym tematem badań.

Philippe Fauchet wyraża podziękowanie Wojskowemu Biuru ds. Badań (Army Research Office) oraz Centrum Badawczo-Technicznemu Optoelektroniki Narodowej Fun-

dacji na rzecz Badań Naukowych (NSF Science and Technology Center on Photoinduced Charge Transfer) za wsparcie finansowe.

Tłumaczył Grzegorz Kowalski

Instytut Fizyki Doświadczalnej UW
Warszawa

Literatura

- [1] *Silicon Based Optoelectronic Materials*, red. M.A. Tischler, R.T. Collins, M.L.W. Thewalt, G. Abstreiter, Symp. Proc. vol. 298 (Materials Research Society, Pittsburgh 1993).
- [2] L.T. Canham, *Appl. Phys. Lett.* **57**, 1046 (1990).
- [3] A. Uhlir, *Bell. System Tech. J.* **35**, 333 (1956).
- [4] C. Pickering, M.I.J. Beale, D.J. Robins, P.J. Pearson, R. Greef, *J. Phys. C* **17**, 6535 (1984).
- [5] V. Lehmann, U. Gosele, *Appl. Phys. Lett.* **58**, 856 (1991).
- [6] C-Y. Yeh, S.B. Zhang, A. Zunger, *Phys. Rev. B* **50**, 14405 (1994); C. Delerue, G. Allan, M. Lannoo, *Phys. Rev. B* **48**, 11024 (1993); A.J. Read, R.J. Needs, K.J. Nash, L.T. Canham, P.D.J. Calcott, A. Qteish, *Phys. Rev. Lett.* **69**, 1232 (1992); F. Buda, J. Kohanoff, M. Parrinello, *Phys. Rev. Lett.* **69**, 1272 (1992).
- [7] *Light Emission from Silicon*, red. S.S. Iyer, R.T. Collins, L.T. Canham, Symp. Proc. vol. 256 (Materials Research Society, Pittsburgh 1992); *Microcrystalline Semiconductors: Materials Science and Devices*, red. P.M. Fauchet, C.C. Tsai, L.T. Canham, I. Shimizu, Y. Aoyagi, Symp. Proc. vol. 283 (Materials Research Society, Pittsburgh 1993); *Microcrystalline and Nanocrystalline Semiconductors*, red. C.C. Tsai, M. Hirose, F. Koch, L. Brus, Symp. Proc. vol. 358 (Materials Research Society, Pittsburgh 1995).
- [8] W.L. Wilson, P.F. Szajowski, L.E. Brus, *Science* **262**, 1242 (1993); S. Schuppler, S.L. Friedman, M.A. Marcus, D.L. Adler, Y.-H. Xie, F.M. Ross, T.D. Harris, W.L. Brown, Y.J. Chabal, L.E. Brus, P.H. Citrin, *Phys. Rev. Lett.* **72**, 2648 (1994).
- [9] M.S. Hybertsen, *Phys. Rev. Lett.* **10**, 1514 (1994).
- [10] P.D.J. Calcott, K.J. Nash, L.T. Canham, M.J. Kane, D. Brumhead, *J. Luminescence* **57**, 257 (1993).
- [11] J.C. Vial, A. Bsiesy, F. Gaspard, R. Herino, M. Ligeon, F. Muller, R. Romestain, R.M. Macfarlane, *Phys. Rev. B* **45**, 14171 (1992).
- [12] R.T. Collins, M.A. Tischler, *IEEE Circuits and Devices* **9**, 22 (1993).
- [13] T. van Buuren, Y. Gao, T. Tiedje, J.R. Dahn, B.M. Way, *Appl. Phys. Lett.* **60**, 3013 (1992).
- [14] J.M. Rehm, G.L. McLendon, P.M. Fauchet, w: *Advanced Luminescent Materials*, red. D.J. Lockwood, P.M. Fauchet, N. Koshida, S.R.J. Brueck (The Electrochemical Society, Pennington, N.J. 1996), s. 212.
- [15] E.C. Honea, A. Ogura, C.A. Murray, K. Raghavachari, W.O. Sprenger, M.F. Jarrold, W.L. Brown, *Nature* **366**, 42 (1993).
- [16] M.M.C. Bressers, J.W.J. Knapen, E.A. Meulenkamp, J.J. Kelly, *Appl. Phys. Lett.* **61**, 108 (1992); W.H. Green, E.J. Lee, J.M. Lauerhaas, T.W. Bitner, M.J. Sailor, *Appl. Phys. Lett.* **67**, 1468 (1995).

- [17] J. Linnros, N. Lalic, *Appl. Phys. Lett.* **66**, 3048 (1995); A. Loni, A.J. Simons, T.I. Cox, P.D.J. Calcott, L.T. Canham, *Electronics Lett.* **31**, 1288 (1995); L. Tsybeskov, S.P. Duttagupta, K.D. Hirschman, P.M. Fauchet, *Appl. Phys. Lett.* **68**, 2058 (1996).
- [18] K.D. Hirschman, L. Tsybeskov, S.P. Duttagupta, P.M. Fauchet, *Nature* **384**, 338 (1996).

RÓŻNE

Jerzy Michał Massalski

*Akademia Górniczo-Hutnicza
Kraków*

O układzie SI i symbolach

On the SI system and symbols

Abstract: A short reminder on the SI units and on the right use of symbols is given.

Unowocześniony układ metryczny znany jest pod nazwą *Système International d'Unités* (International System of Units) o skrócie międzynarodowym SI. Międzynarodowe znaczenie zawdzięcza on Konwencji Metrycznej podpisanej w Paryżu 20 maja 1875 r. przez delegatów 17 państw. Obecnie do Konwencji Metrycznej należy 48 państw (w tym Polska od 1925 r.). Konwencja Metryczna wyłoniła Generalną Konferencję Wag i Miar (General Conference on Weights and Measures), będącą ciałem dyplomatycznym odpowiedzialnym za ratyfikację nowych propozycji związanych z jednostkami metrycznymi. Decyzje naukowe podejmuje Międzynarodowy Komitet Wag i Miar (International Committee for Weights and Measures), wspomagany przez 8 Komitetów Konsultatywnych specjalizujących się w poszczególnych dziedzinach metrologii. Działalność narodowych laboratoriów standardów jest koordynowana przez Międzynarodowe Biuro Wag i Miar z siedzibą w Pavillon de Breteuil, Sèvres, Francja.

Układ SI został zaaprobowany w 1960 r. na posiedzeniu Konferencji Generalnej Wag i Miar, gdy już zostały istotnie zrewidowane i uproszczone definicje i symbole jednostek metrycznych [1,2].

Dotychczas radian i steradian zaliczano do jednostek uzupełniających jednostki podstawowe. W październiku 1995 r. 20. Konferencja Generalna Wag

i Miar usunęła nazwę „jednostki uzupełniające”, zaliczając radian i steradian do jednostek pochodnych. Obecnie SI składa się jedynie z dwóch klas jednostek: podstawowych (tab. 1) i pochodnych (tab. 2), do których zaliczono także radian i steradian. Jednostki pozaukładowe podane są w tab. 3.

Tabela 1. Jednostki podstawowe SI.

Wielkość	Jednostka	
	Nazwa	Symbol
długość	metr	m
masa	kilogram	kg
czas	sekunda	s
napięcie prądu elektrycznego	amper	A
temperatura termodynamiczna	kelwin	K
ilość materii	mol	mol
światłość	kandela	cd

Z ustawodawstwa polskiego zacytuję dwa zdania. W rozporządzeniu Rady Ministrów [3] z 23.06.1966 (*Dz. U.* 1966 nr 23, poz. 148) podano: „Ustala się jako legalne jednostki miar – jednostki Międzynarodowego Układu Jednostek (SI) ...”. Natomiast §3 Zarządzenia nr 65 Prezesa PKNiM z 24.05.1976 (*Dz. Norm.* 1976, nr 15, poz. 49) brzmi [4]: „Wprowadzenie jednostek SI powinno być zakończone w terminie do dnia 31 grudnia 1979 r.”. W czerwcu 1996 upłynęło 30 lat od momentu wprowadzenia SI w Polsce.

Z definicji związane są z układem SI trzy stałe fizyczne nie obciążone błędem pomiarowym: prędkość światła $c = 299\,792\,458$ m/s, która jest powiązana z definicją metra, przenikalność magnetyczna próżni $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H m⁻¹ = $12.566\,370\,614 \dots \times 10^{-7}$ H m⁻¹ wynikająca z definicji ampera oraz przenikalność elektryczna próżni $\epsilon_0 = 1/c^2 \mu_0 = 8.854\,187\,817 \dots \times 10^{-12}$ F m⁻¹ wynikająca z równań Maxwella. Od momentu zaaprobowania SI w 1960 r. przez Konferencję Generalną Wag i Miar ulegał on stałej ewolucji, o czym świadczy tab. 4, w której podano rok powstania obowiązującej definicji konkretnej jednostki.

Dokładność pomiaru zdefiniowanej jednostki odpowiada stanowi wiedzy i poziomowi techniki pomiarowej, jaki w momencie powstania definicji panował. W Polsce posługujemy się legalnymi jednostkami miar, które oprócz jednostek SI zawierają inne, legalnie dopuszczone. Dziedzinami, które wymykają się spod

Tabela 2. Przykłady jednostek pochodnych SI.

Wielkość	Nazwa	Symbol	Jednostka
kąt płaski	radian	rad	m/m = 1
kąt przestrzenny	steradian	sr	m ² /m ² = 1
prędkość			m/s
przyspieszenie			m/s ²
prędkość kątowna			rad/s
przyspieszenie kątowe			rad/s ²
częstotliwość	herc	Hz	s ⁻¹
siła	niuton	N	kg m/s ²
ciśnienie	paskal	Pa	N/m ²
praca, energia, ciepło	dżul	J	N m, kg m ² /s ²
pęd			N s, kg m/s
moc	wat	W	J/s
ładunek elektryczny	kulomb	C	A s
potencjał elektryczny	wolt	V	J/C, W/A
opór elektryczny	om	Ω	V/A
przewodność	simens	S	A/V, Ω ⁻¹
strumień magnetyczny	weber	Wb	V s
indukcyjność	henr	H	Wb/A
pojemność elektryczna	farad	F	C/V
napięcie pola elektrycznego			V/m, N/C
indukcja magnetyczna	tesla	T	Wb/m ² , N/(A m)
napięcie pola magnetycznego			A/m
strumień świetlny	lumen	lm	cd sr
napięcie oświetlenia	luks	lx	lm/m ²
temperatura Celsjusza	stopień Celsjusza	°C	K
aktywność źródła promieniowania	bekerel	Bq	s ⁻¹
dawka pochłonięta	grej	Gy	
równoważnik dawki pochłoniętej	siwert	Sv	

kontroli legalności, są instalacje wodne, gazowe i ogrzewcze, gdzie stosowany jest cal angielski. Nie zanika także przywiązanie do takich nielegalnych jednostek, jak kaloria, Å, Oe, Gs czy mm Hg. Ta ostatnia jednostka jest powszechnie używana przez lekarzy i ich pacjentów.

SI jest układem spójnym. Użycie jednostki nielegalnej jest równoznaczne ze stosowaniem równocześnie dwóch układów jednostek, co powoduje, że użyte jednostki nie są spójne. Jest rzeczą niepokojącą, gdy np. w pewnej pracy habilitacyjnej z 1995 r. energię wyrażano w kaloriach, ergach i dżulach, przy cichej aprobacie recenzentów.

Tabela 3. Pozaukładowe jednostki dopuszczone do stosowania na równi z jednostkami SI.

Wielkość	Jednostka		
	Nazwa	Symbol	Definicja
czas	minuta	min	1 min = 60 s
	godzina	h	1 h = 60 min = 3600 s
	doba	d	1 d = 24 h = 86 400 s
kąt płaski	stopień	°	1° = ($\pi/180$) rad
	minuta	'	1' = (1/60)° = ($\pi/10\,800$) rad
	sekunda	"	1" = (1/60)' = ($\pi/648\,800$) rad
objętość	litr	L	1 L = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
masa	tona	t	1 t = 1000 kg
powierzchnia	hektar	ha	1 ha = 10 ⁴ m ²

Litery są używane jako symbole wielkości fizycznych i jednostek miar. Mogą to być litery proste, pochyłe, półgrube. Zachodzi pytanie, jak zapisywać liczby, symbole wielkości fizycznych, symbole jednostek, symbole pierwiastków: co pisać literami prostymi (antykwa), a co pochyłymi (kursywą), czy pochyłymi półgrubymi? Obowiązujące reguły są proste: liczby, symbole jednostek miar, symbole pierwiastków piszemy drukiem prostym, symbole skalarnych wielkości fizycznych piszemy kursywą, zaś symbole wielkości fizycznych wektorowych – literami pochyłymi półgrubymi. Korzystanie z techniki komputerowej pozwala sprostać tym wymaganiom, czyniąc małą poligrafię, z której korzystają uczelnie, równie skuteczną, jak poligrafia duża. Symbole jednostek miar należy drukować czcionkami małymi; jedynie gdy nazwa jednostki pochodzi od nazwiska, jej symbol piszemy dużą literą, np. A, Wb, Hz. Samą nazwę jednostki zapisujemy zawsze małą literą, np. niuton (N), sekunda (s). Symbol jednostki nie jest skrótem, lecz wielkością matematyczną i zwykle jest oznaczany pierwszą literą nazwy jednostki (symbolem

Tabela 4. Rok wprowadzenia obowiązującej definicji.

symbol	SI	m	kg	s	K	mol	cd	Pa	S	Bq	Gy	Sv
rok	1960	1983	1975	1967	1968	1971	1979	1971	1971	1975	1975	1985

sekundy jest s, a nie sec, symbolem grama g, a nie gm) z pewnymi wyjątkami, np. cd, mol, Hz. Słowo „stopień” i symbol „°” są opuszczane przy jednostce temperatury termodynamicznej (używamy nazwy kelwin i symbolu K, nie stopień kelwina ani °K). Pozostają one jednak przy jednostce temperatury Celsjusza t , określonej jako $t = T - T_0$, gdzie $T_0 = 273.15$ K. Jest zatem stopień Celsjusza, °C.

W celu uniknięcia konieczności pisania wielozerowych liczb dla określenia wartości znacznie większych lub mniejszych od jednostek zasadniczych wprowadzono jednostki wtórne, będące wielokrotnościami lub podwielokrotnościami jednostek zasadniczych. Wyraża się je przez dołączenie do nazwy prostej (lub symbolu) jednostki miary jednego z przedrostków (lub jego symbolu), wyrażającego odpowiedni mnożnik dziesiętny (tab. 5). Przedrostek umieszcza się bezpośrednio (bez przerwy i bez kreski) przed nazwą jednostki miar lub jego symbol przed symbolem jednostki. Drukuje się je literami prostymi. Nie używa się przedrostków podwójnych. Symbole przedrostków o wartości 10^6 i większej pisze się dużą literą, wszystkie pozostałe małą. Nie używa się przedrostków złożonych. Nie należy pisać np. $m\mu s$, lecz ns (nanosekunda), nie kW, lecz GW (gigawat), nie $\mu\mu F$, lecz pF (pikofarad).

Tabela 5. Przedrostki SI.

Mnożnik	Przedrostek		Mnożnik	Przedrostek	
	Nazwa	Symbol		Nazwa	Symbol
10^{24}	jotta	Y	10^{-1}	decy	d
10^{21}	zetta	Z	10^{-2}	centy	c
10^{18}	eksa	E	10^{-3}	mili	m
10^{15}	peta	P	10^{-6}	mikro	μ
10^{12}	tera	T	10^{-9}	nano	n
10^9	giga	G	10^{-12}	piko	p
10^6	mega	M	10^{-15}	femto	f
10^3	kilo	k	10^{-18}	atto	a
10^2	hekto	h	10^{-21}	zepto	z
10^1	deka	da	10^{-24}	jokto	y

Wykładnik przy jednostce wtórnej dotyczy całej jednostki z przedrostkiem włącznie, np. cm^3 oznacza zawsze $(0.01\text{ m})^3$, a nie 0.01 m^3 , a μs^{-1} oznacza zawsze $(10^{-6}\text{ s})^{-1}$, a nie 10^{-6} s^{-1} .

Nazwy i symbole dziesiętnych wielokrotności i podwielokrotności jednostek miar mogą być użyte do tworzenia nazw i symboli złożonych, np. 1 km/s, 1 mm/s², 1 W/mm². Gdy jednostka w jednostce wtórnej jest zapisana bez skracania, przedrostek też musi być zapisany bez skrótu i małą literą (np. megagram, a nie Megagram czy Mgram). Potęgę dziesiętną wartości liczbowej danej wielkości fizycznej należy traktować jako wielokrotność (np. 10³) lub podwielokrotność (np. 10⁻³). Jeżeli w zapisie wartości wielkości fizycznej występuje 10 do potęgi całkowitej, to daną wartość należy wyrażać w jednostkach podstawowych (np. kg) lub w jednostkach o nazwie prostej, np. 10²⁴ eV, a nie 10¹⁵ GeV, 10⁻⁷ kg, a nie 10⁻⁴ g (ten ostatni zapis jest poprawny tylko w układzie CGS).

Wartości liczbowe wielkości wyrażone w jednostkach powstałych z zastosowaniem przedrostków y, z, a, f, p, n, μ , m oraz k, M, G, T, P, E, Z, Y (patrz tab. 5) powinny mieścić się w przedziale od 0.1 do 1000; wartości liczbowe wielkości wyrażone w jednostkach powstałych z zastosowaniem przedrostków o symbolach c, d oraz da, h powinny mieścić się w przedziale od 0.1 do 10.

Mnożenie jednostek zapisujemy umieszczając między symbolami jednostek podniesioną kropkę albo pozostawiając między symbolami jednostek przerwę, np. N·m lub N m. Dzielenie jednostek zapisuje się w jednej z trzech postaci, np. $\frac{m}{s}$, m/s lub m s⁻¹. Nie można jednak stosować podwójnej kreski ułamkowej: nie cm/s/s, lecz cm/s². W celu uniknięcia nieporozumień, gdy w mianowniku występuje więcej niż jedna jednostka, zalecaną praktyką jest stosowanie nawiasów lub użycie ujemnych wykładników, np. W/(m² K⁴) albo W m⁻² K⁻⁴.

Operacjami matematycznymi nie można działać na nazwy jednostek. Można zapisać np. metr na sekundę, ale nie metr/sekunda albo metr sekunda⁻¹. Przy słownym zapisie iloczynu dwóch jednostek zostawia się między nimi wolne miejsce (dozwolony jest łącznik), ale nie można tu użyć podniesionej kropki. Piszemy np. niuton metr albo niuton-metr, ale nigdy niuton·metr.

W liczbach mających więcej niż cztery cyfry wydzielamy trzycyfrowe grupy odseparowane jednomiejscową przerwą. Tę konwencję stosujemy także na prawo od znaku ułamkowego. Wartość liczbową i symbol jednostki muszą być oddzielone przerwą jednostkową, np. 21 cm, a nie 21-cm czy 21cm. Wyjątkiem od powyższej reguły są symbole jednostek kąta płaskiego: °, ' i '' (stopień, minuta i sekunda), których nie poprzedza wolne miejsce. Jeżeli przed znakiem ułamkowym nie ma cyfry, należy umieścić 0, np. 0.4 A, a nie .4 A.

Symbolem litra jest L, a nie l, który łatwo jest pomylić z 1 (jedynek). Wśród podstawowych jednostek SI jednostka masy jest jedyną, w nazwie której występuje przedrostek. Nazwy jej dziesiętnych wielokrotności i podwielokrotności otrzymuje się jednak w wyniku przyłączenia odpowiedniego przedrostka do słowa „gram”, np. miligram (mg), megagram (Mg).

Podstawowym, obowiązującym dotychczas dokumentem jest *Symbols, Units and Nomenclature in Physics and Physical Constants*, Document UIP 25 (1987), International Union of Pure and Applied Physics, SUN Commission. Oprócz zaleceń dotyczących SI dokument ten zawiera „Fundamentalne stałe fizyczne” w opracowaniu E.R. Cohena i B.N. Taylora z 1986 r. [5]. Łączenie zaleceń co do układu SI z wykazem obowiązujących wartości fundamentalnych stałych fizycznych jest zabiegiem celowym. Wspomniany dokument zawiera całość niezbędnych informacji wstępnych o fizyce. W sierpniowym numerze *Physics Today* z 1996 r. E.R. Cohen i B.N. Taylor podali ponownie stałe ze swego opracowania z roku 1986 z uzasadnieniem, że będą one nadal obowiązywać [6], a R.A. Nelson podał skrót zaleceń o praktycznym stosowaniu SI [7]. Jest to zatem skrótowne powtórzenie informacji z dokumentu UIP 25 z 1987 r. W swojej publikacji z roku 1996 Cohen i Taylor sugerują, że następna weryfikacja stałych nie nastąpi tak szybko (poprzednie były w latach 1963, 1973, 1986). Celowość artykułu R.A. Nelsona wynika stąd, że więcej niedociągnięć związanych z SI wynika z nieznaomości reguł zapisu symboli wielkości fizycznych, jednostek i pierwiastków, a mniej ze stosowania jednostek nielegalnych. Ten fakt podałem w moim referacie na XXXIII Zjeździe Fizyków Polskich. Dla jego zilustrowania posłużę się książką J. Stankowskiego i B. Czyżaka *Nadprzewodnictwo* (WNT, 1994). Na s. 26 użyto trzykrotnie nielegalnej jednostki Å, jednostkę kHz zapisano kursywą na rysunkach 2.3, 5.10, 5.11, K (kelwin) zapisano kursywą na rysunkach 2.8, 2.10. 5.5, 6.1, T (tesla) zapisano kursywą na rysunku 2.13, A/cm² i A/m zapisano kursywą na rysunku 5.5, 4π zapisano kursywą na rysunku 2.15, symbole pierwiastków chemicznych zapisano kursywą na rysunkach 2.7, 2.9, 5.4, 5.5, 5.6. Z kolei w książce E. Wnuczaka *Fizyka* (Politechnika Wrocławska, 1995) na wielu rysunkach symbole wielkości fizycznych zapisano czcionką prostą zamiast kursywą. Jako recenzent książki zwróciłem na to uwagę, która została w pełni uwzględniona w tekście. Miejmy nadzieję, że w następnym wydaniu uwaga recenzenta zostanie uwzględniona także na rysunkach. Zalecenia pisania kursywą symboli wielkości fizycznych nie uwzględniono także w moich trzech skryptach z roku 1990 i 1991 z powodu starej techniki produkcji z wykorzystaniem maszyny piszącej bez możliwości pisania liter pochyłych. Zastosowanie komputerów do celów poligrafii usuwa tę trudność.

Znajomość reguł korzystania z jednostek SI jest warunkiem nieodzownym, aby to korzystanie było owocne.

Literatura

- [1] J.M. Massalski, „Legalne jednostki miar”, *Postępy Fizyki* **34**, 293 (1983).
- [2] J.M. Massalski, J. Studnicki, *Legalne jednostki miar i stałe fizyczne* (PWN, Warszawa 1988).
- [3] Ustawa z dnia 17 czerwca 1966 r. o miarach i narzędziach pomiarowych, *Dziennik Ustaw* z dnia 23 czerwca 1966 r., nr 23, poz. 148.
- [4] Zarządzenie nr 65 Prezesa Polskiego Komitetu Normalizacji i Miar z dnia 24 maja 1976 r., *Dziennik Normalizacji i Miar* z dnia 20 lipca 1976 r., nr 15.
- [5] E.R. Cohen, B.N. Taylor, w: *Symbols, Units, Nomenclature and Fundamental Constants in Physics*, Document UIP 25 (1987), International Union of Pure and Applied Physics, SUN Commission; część tego dokumentu o stałych fizycznych została przetłumaczona przez M. Suffczyńskiego, *Postępy Fizyki* **40**, 129 (1989).
- [6] E.R. Cohen, B.N. Taylor, „The Fundamental Physical Constants”, *Physics Today*, August 1996, BG 9.
- [7] R.A. Nelson, „Guide for Metric Practice”, *Physics Today*, August 1996, BG 15.

Helena Białkowska

Instytut Problemów Jądrowych

im. A. Sołtana

Warszawa

Dostęp kobiet do nauk ścisłych

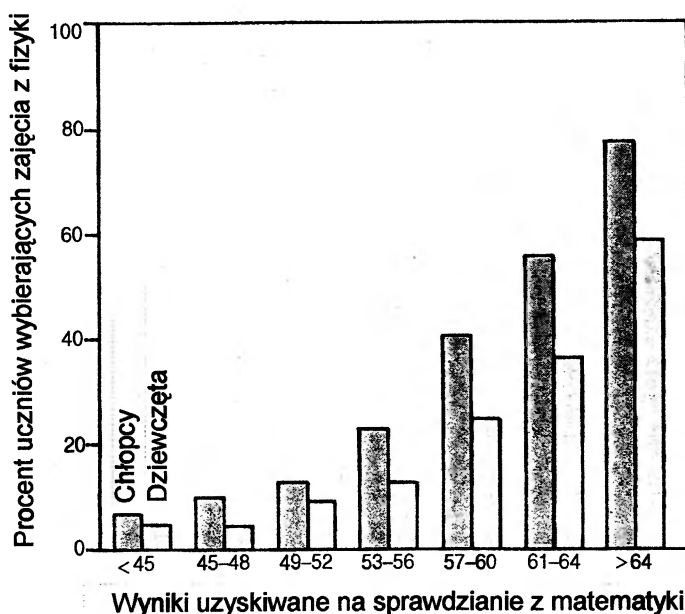
Women in science

Abstract: Some statistical information on „educational pipeline” for women in science is given. Data on percentage of women at various levels of education, up to physics faculty membership, are shown. A comparison of the percentage of female physics faculty members in various countries implies a negative correlation between this number and the degree of economical development of a given nation. The role of educational and social factors at various stages of woman’s career in physics is discussed.

Od kilku lat amerykańskie pismo *Science* publikuje corocznie specjalny numer poświęcony temu zagadnieniu. Początkowo dane dotyczyły tylko Stanów Zjednoczonych, potem znalazło się też porównanie sytuacji w przekroju różnych krajów i różnych kultur. Sporo informacji można znaleźć w *Physics Today*. No i zawsze pozostaje tzw. doświadczenie własne i obserwacja otoczenia.

Uwagi niniejsze składać się będą z dwóch części. W pierwszej przedstawię nieco danych statystycznych i wypływające stąd wnioski. W drugiej – omówię zgromadzone z literatury materiały o charakterze „socjologii opisowej”. Warto od razu zauważyć, że mimo całej otoczki propagandowej na temat „równości płci” i „praw kobiet” istnieje stosunkowo mało rzetelnych badań na temat kobiet w naukach ścisłych. Większość publikowanych materiałów to „obrazki z życia”.

Zacznijmy zatem od statystyk. Już na wstępie okazuje się, że nie potwierdzają one bynajmniej tzw. wiedzy powszechnej, a raczej – przesądów. Przesąd pierwszy: „kobiety nie zajmują się fizyką, ponieważ nie mają zdolności matematycznych”. Rysunek 1 pokazuje, jaki procent uczniów w szkołach średnich (amerykańskich) wybiera zajęcia z fizyki w zależności od swoich uzdolnień matematycznych, oce-

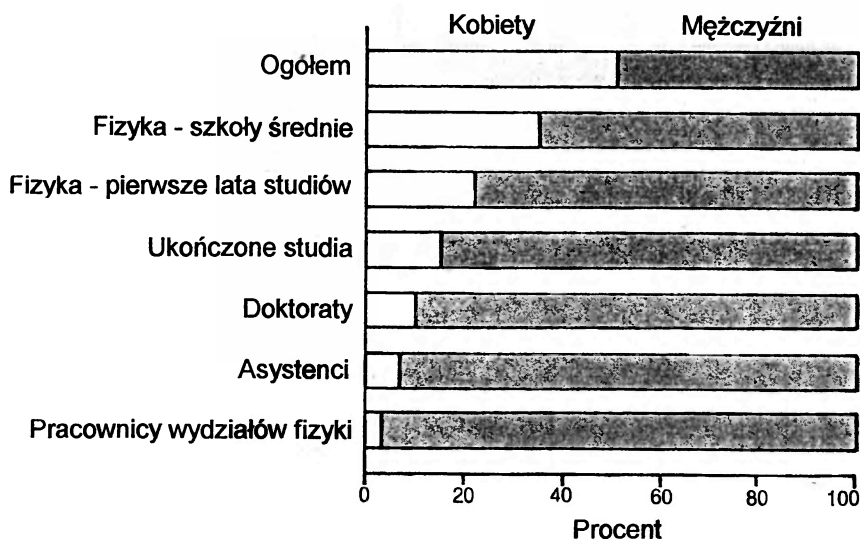


Rys. 1. Procent uczniów szkół średnich wybierających zajęcia z fizyki w zależności od ich uzdolnień matematycznych.

nianych na podstawie wyników standardowych testów z matematyki [1]. Słupki dla dziewcząt są systematycznie niższe – zarówno dla tych, które źle wypadają w testach z matematyki, jak i dla tych, które są w tym bardzo dobre. Przesąd numer dwa: kobiety nie wybierają kariery w fizyce, ponieważ wymaga to długiej, ciężkiej pracy. Ale oto w roku 1990 w USA 63 kobiety uzyskały stopień doktorski z fizyki, zaś 5000 – z medycyny. Chyba nikt nie powie, że fizyka jest 80 razy cięższa!

Przyjrzyjmy się, jak wygląda udział kobiet w fizyce na kolejnych szczeblach edukacji. Ilustrują to rys. 2 i 3. Na rysunku 2 widzimy procentowy udział kobiet studiujących fizykę na poziomie szkoły średniej, dalej na pierwszych latach studiów i na poziomie licencjatu, wśród osób z doktoratem i dalej aż do członkostwa w kadrze nauczającej wydziałów fizyki [1]. Bardzo szybki spadek udziału kobiet ze wzrostem poziomu wykształcenia możemy też prześledzić na rys. 3, który jednak odnosi się do wszystkich nauk przyrodniczych i technicznych [2]. Widzimy tu przebieg czasowy – jak zmienia się w latach od 1977 do 1992 liczba kobiet wśród uczennic drugiej klasy liceum, dalej studentek, magistrów i wreszcie doktorów.

Czy sytuacja ta zmienia się w ostatnich dziesięcioleciach? Rysunek 4 ilustruje liczbę tytułów licencjata nadanych mężczyznom i kobietom w latach 1966–90, najpierw we wszystkich dziedzinach, a osobno – w naukach ścisłych i technicz-



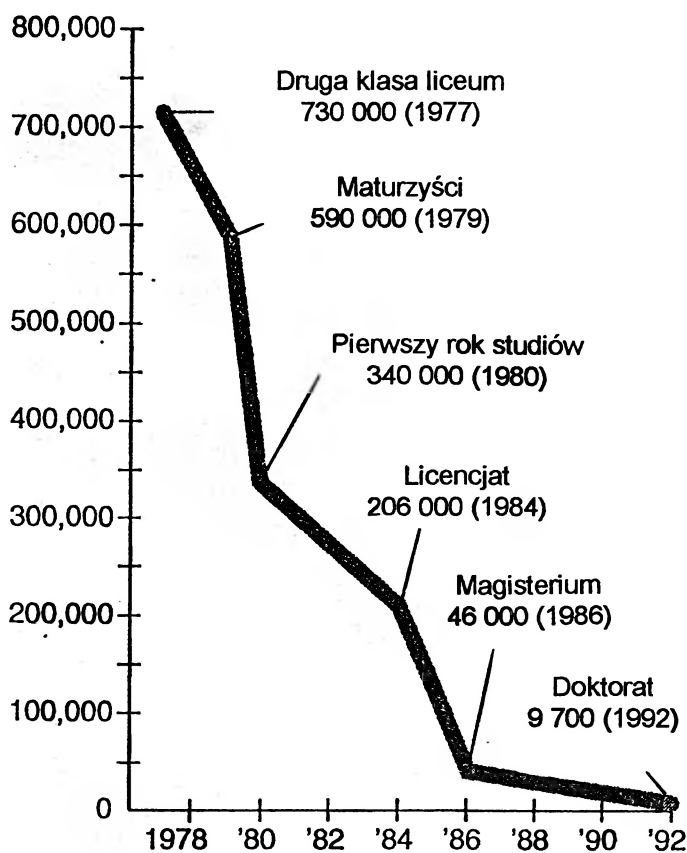
Rys. 2. Procentowy udział kobiet studiujących fizykę na kolejnych szczeblach edukacji.

nych [3]. Ciekawe, że wprawdzie procent kobiet wśród kończących studia rośnie, ale wzrost ten w naukach ścisłych jest znacznie powolniejszy.

Dotychczasowe dane odnosiły się do Stanów Zjednoczonych. Przechodzimy do ciekawego tematu – jak sprawa wygląda w różnych krajach. Na rysunku 5 widzimy dane o odsetku kobiet wśród nauczycieli akademickich na wydziałach fizyki w poszczególnych krajach [4]. Zaskakująca obserwacja: można stwierdzić, że istnieje wręcz antykorelacja między stopniem rozwoju gospodarczego kraju, a liczbą kobiet – nauczycieli akademickich fizyki. Japonia, Niemcy (w czasie sporządzenia wykresu – Zachodnie) czy Stany Zjednoczone wypadają tu fatalnie, zaś np. Turcja czy Filipiny – imponująco. Polska sytuuje się gdzieś w pobliżu średniej, między Hiszpanią a Brazylią. Komentarz do tej antykorelacji zrobimy w dalszej części, gdy przyjdzie omówić rolę systemu kształcenia.

Zadajmy wreszcie typowe pytanie feministki – czy po doktoracie tyle samo zarabiamy? Rysunek 6 podaje medianę rocznych zarobków osób ze stopniem doktora w USA, w 1989 r. [3]. We wszystkich pokazanych dziedzinach nauk mediana dla kobiet jest znacząco niższa niż dla mężczyzn.

Może na zakończenie części statystycznej przytoczę dane z macierzystego podwórka, czyli Instytutu Problemów Jądrowych im. A. Sołtana. Otóż w roku 1996 Instytut nasz zatrudniał 115 pracowników od stopnia doktora wzwyż. Wśród nich jest 20 profesorów – w tym 1 kobieta, 25 docentów – w tym 1 kobieta, i 70 adiunktów – w tym 9 kobiet [5]. Z kolei opracowanie *75 lat fizyki na Ho-*

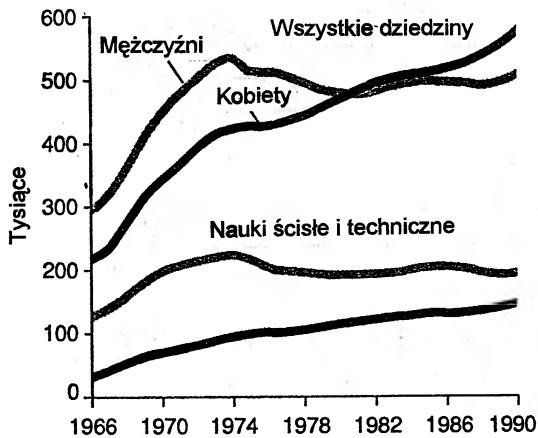


Rys. 3. Spadek udziału kobiet studiujących nauki przyrodnicze i techniczne na kolejnych szczeblach systemu edukacyjnego.

żej [6], podsumowujące działalność Instytutów Fizyki (Doświadczalnej i Teoretycznej) Uniwersytetu Warszawskiego informuje nas, że w latach 1969–95 „na Hożej” (siedziba tych Instytutów) uzyskano 1718 tytułów magistra, w tym 512 kobiet, 371 stopni doktorskich, w tym 51 kobiet, i 154 stopnie doktora habilitowanego, w tym 19 kobiet. A więc i tu udział kobiet znacząco spada ze wzrostem pozycji naukowej.

Przejdźmy do omówienia licznych artykułów „opisowych”. Wynikają z nich, moim zdaniem, wnioski dotyczące trzech etapów, które decydują o efektywnym dostępie kobiet do nauk ścisłych.

Na szczeblu wczesnej edukacji widać wyraźnie, że czynnikiem decydującym jest otwarte nastawienie, że matematyka i fizyka to zajęcia nie dla dziewcząt. Nieco groteskowy, ale zapewne też znaczący przykład z tej dziedziny: Amerykanki



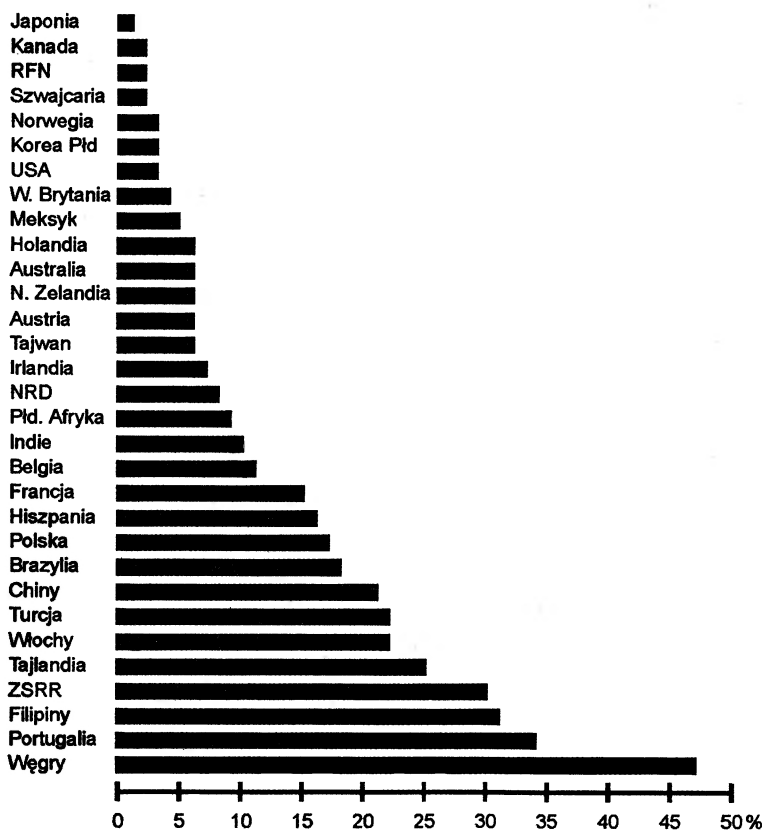
Rys. 4. Liczba tytułów licencjata nadanych w latach 1966–90.

zwalczyły produkcję takiego modelu mówiącej lalki Barbie, która mówiła „math is tough”, jako że Ken (chłopak – para do Barbie) nic takiego nie mówił. Ta sprawa przedstawia się bardzo różnie w różnych kulturach i różnych systemach edukacji. Zauważmy, że wśród krajów „na górze” wykresu z rys. 5 jest grupa wysoko uprzemysłowionych krajów z silną etyką protestancką. W ich szkolnictwie średnim istnieje dużo możliwości wyboru przedmiotów, i dziewczęta łatwo mogą zrezygnować z fizyki.

Natomiast wśród krajów z dolnej części wykresu jest kilka starych krajów katolickich (Francja, Hiszpania, Polska, Włochy), gdzie system szkolny był bardziej jednorodny, często były szkoły osobno żeńskie i męskie, a w takich szkołach nie ma problemu „fizyka nie dla dziewcząt” – no bo wszystkie dziewczęta muszą jej się uczyć. W grupie krajów ze szczególnie dużym udziałem kobiet w naukach ścisłych jest też Turcja, gdzie w XX w. bardzo gwałtownie zmodernizowało się wszystko – więc i dostęp do wykształcenia nie został obciążony złą, dyskryminacyjną tradycją.

Na poziomie studiów uniwersyteckich, jak wynika z publikowanych materiałów, właściwie jest najmniej kłopotów. Nie można mówić o dyskryminacyjnym, jawnie czy skrycie, nastawieniu. Liczne opracowania podkreślają znaczenie wzorców osobowych: liczniejszy udział studentek wiąże się z obecnością kobiet wśród profesorów i wykładowców.

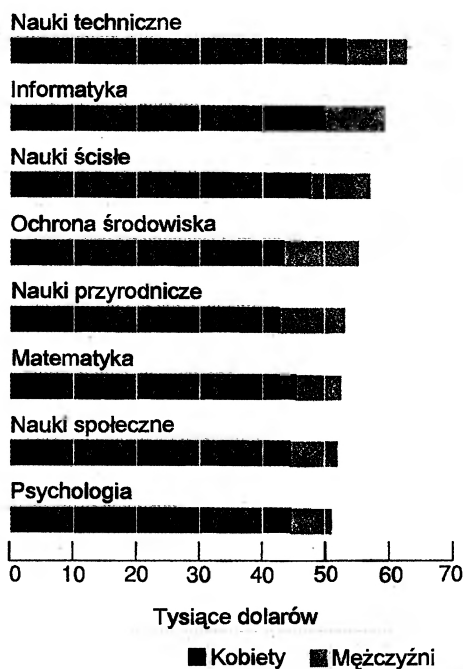
Wreszcie – jak wygląda sytuacja na szczyble kariery zawodowej. Tu trzeba wyodrębnić dwa czynniki. Po pierwsze – biologia. Na tym etapie wychodzimy za mąż i rodzimy dzieci. To na pewno nie uniemożliwia kariery, ale zdecydowanie przesuwają ją w czasie. Zaznaczę tu, że pani Sau Lan Wu, bardzo znana fizyczka



Rys. 5. Procent kobiet wśród nauczycieli akademickich wydziałów fizyki.

amerykańska, w czasie pracy w CERN-ie zgłaszała postulat, by czas niezbędny do formalnego realizowania awansu naukowego wydłużyć dla kobiet z tego właśnie powodu.

Po drugie – nieformalne kanały promocji zawodowej. O prestiżu i rozwoju naukowym decyduje wiele czynników. Jest wśród nich na pewno zlecenie recenzji, udział w różnych komitetach, referaty konferencyjne „na zaproszenie” itp. Otóż dobrami tymi wciąż w większości rządzi „old boys network”, i nawet bez uświadamiania sobie tego – preferuje mężczyzn. Nie mówię już o stronie, powiedzmy, towarzyskiej: życie nauczyło mnie i moje koleżanki, że w czasie rozdawania poważnych nagród naukowych panowie wyczytywani są z tytułami naukowymi, a panie – po prostu jako „Pani XY”. Podobnie w czasie spotkań zawodowo-towarzyskich, gdzie przedstawia się sobie osoby równe stopniem jako „Pan profesor XY – Pani XZ”. Jest to folklor, ale znamieny.



Rys. 6. Mediana rocznych zarobków osób ze stopniem doktora w roku 1989.

Na końcu można postawić pytanie, o co chodzi. Przecież nigdzie nie jest powiedziane, że ma być tyle samo profesorów fizyki kobiet, ile mężczyzn. Oczywiście – nie. Chodzi jedynie o to, i aż o to, by niezależnie od płci stwarzać ludziom równe szanse, i to na każdym etapie rozwoju intelektualnego i zawodowego.

Literatura

- [1] M. Fehrs, R. Czujko, „Women in physics: reversing the exclusion”, *Physics Today*, August 1992, s. 33.
- [2] „Women in science '93”, *Science* **260**, 383 (1993).
- [3] M. Holloway, „Jej własne laboratorium”, *Świat Nauki*, nr 1 (1994).
- [4] „Women in science '94”, *Science* **263**, 1467 (1994).
- [5] Rocznik Instytutu Problemów Jądrowych im. Andrzeja Sołtana, 1996.
- [6] *75 lat fizyki na Hożej*, red. M. Kicińska-Habior, A.K. Wróblewski (Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 1996).

Joseph M. Pimbley*

New York, N.Y., USA

Fizycy w finansach**

Physicists in finance

Abstract: Though the challenges of „quantitative finance” are diverse and often exhilarating, success for the erstwhile physicist is not at all assured. What factors are involved in making the transition to finance?

1. Wstęp

Dla fizyka, stykającego się z poważnymi trudnościami na rynku pracy, powaby kariery w finansach są oczywiste. Dziedzina ta stwarza liczne możliwości wykorzystania jego umiejętności rachunkowych, obiecując za to w dodatku szczerą zapłatę. Jednakże ci, którzy rozważają taki krok, powinni wyjść poza owe doraźne względy, jako że świat finansów różni się znacznie od świata fizyki – ma inne cele i filozofię, styl pracy, a nawet sposób ubierania. Aby odnieść sukcesy na Wall Street, fizyk musi bez oporów przystosować się do zwyczajów na niej panujących.

Uściślijmy tytuł tego artykułu: słowo „fizycy” oznacza doktorów fizyki, a określenie „finanse” odnosi się do dyscyplin, które wymagają najwyższych umiejętności matematycznych i rachunkowych, jak np. polityka cenowa wobec pochodnych papierów wartościowych, strategia ryzyka czy badanie strategii handlu. Pominiecie fizyków, którzy nie osiągnęli doktoratu jest pewną niesprawiedliwością,

* Autor jest fizykiem z wykształcenia, który pracuje obecnie w firmie finansowej na Wall Street. Artykuł niniejszy jest oparty na tekście wykładu wygłoszonego na zjeździe Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego w marcu 1996 r.

** Artykuł, opublikowany w *Physics Today* 50, nr 1, 42 (1997), został przetłumaczony za zgodą Autorów i Wydawcy [Translated with permission. Copyright ©1997 by American Institute of Physics] (przyp. Red.).

ponieważ wiele spośród dyskutowanych zagadnień dotyczy równie dobrze i tej grupy. Jednakże fizycy z doktoratem, którzy przenoszą się do finansów, w oczywisty sposób zrzekają się dłuższego okresu dotychczasowej kariery zawodowej, przez co są bardziej interesującym obiektem badań. W gruncie rzeczy zresztą, młodzieniec czy dziewczyna, którzy uzyskali dyplom licencjata (BS – Bachelor of Science) fizyki, a następnie zapisują się na studia magisterskie z ekonomii i zarządzania, niekoniecznie zmienili plany zawodowe. Taka droga może raczej oznaczać świadomy wybór, zwiększający szanse na sukces w świecie finansów.

2. Status fizyków w finansach

Nie ma dokładnych danych statystycznych o liczbie fizyków działających w finansach, ponieważ nie robi się takich spisów; nie ma też instytucji, które prowadziłyby badania tej populacji. Wydaje się, że w niewielu firmach finansowych w ogóle próbowano policzyć pracujących w nich fizyków. Na podstawie osobistego doświadczenia i własnych obserwacji oceniam, że łączna liczba mieści się w granicach od stu do tysiąca, przy czym proces zatrudniania jest ciągle jeszcze zjawiskiem typu „wzrost z zarodka”. Wiele przedsiębiorstw nie zatrudnia ani jednego fizyka. Banki oraz inne instytucje, w których pracuje najwięcej fizyków, są zwykle dość duże, a naborem nowych pracowników zajmują się w nich właśnie fizycy. Finanse – w przeciwieństwie do fizyki – są pod względem geograficznym skupione w kilku głównych centrach, z których największe trzy to Nowy Jork, Londyn i Hong Kong. Fizyków-finansistów znaleźć można zatem w takich miejscach.

Fizycy zatrudnieni w finansach mają na ogół niewielki staż pracy w fizyce. Typowym przypadkiem jest osoba, która do finansów przenosi się bezpośrednio po ukończeniu uczelni lub po kontrakcie podoktorskim¹. Rzadziej spotyka się migrację ze stałych, „pełnoprawnych” etatów. Jest rzeczą oczywistą, że obserwacja ta sugeruje, iż jedną z głównych przyczyn przechodzenia z fizyki do finansów jest brak miejsc pracy w fizyce, zwłaszcza dla ludzi u progu kariery zawodowej. Można żałować, że większe prawdopodobieństwo zmiany celu kariery dotyczy młodych fizyków, którzy nie mieli jeszcze sposobności samodzielnego wykorzystania swych umiejętności w wybranej przez siebie dziedzinie. Ich starsi koledzy mają już na swym koncie osiągnięcia naukowe, kierowali już z powodzeniem projektami badawczymi, a zatem są znacznie lepiej przygotowani do rozważenia zmiany zawodu

¹ Kontrakty podoktorskie (postdoctoral positions) to bardzo popularne w USA krótkoterminowe formy zatrudnienia naukowców po doktoracie. Od ich posiadaczy oczekuje się wykazania przydatności dla uczelni, dzięki czemu mogą być potem zatrudnieni na stałych posadach profesorskich (przyp. Red.).

fizyka. Wiedzą, co porzucają i jak będzie musiała zmienić się ich filozofia zawodowa.

Choć naukowcy i inżynierowie uważają się za techników, słowo „techniczny” ma na Wall Street inne znaczenie. „Analiza techniczna” kojarzy się tu ze ślęczeniem nad wykresami, np. cen akcji w funkcji czasu oraz takimi czarodziejskimi parametrami, jak „linie wsparcia”, „stelaże”, „moment statystyczny” czy „głowa i ramiona”. Pojęcia te są zresztą uważane za bezsensowne przez wyznawców tzw. teorii wydajnego rynku, którzy utrzymują, że nie można przewidzieć przyszłych tendencji na podstawie schematów zaobserwowanych w danych historycznych. Tak więc w gruncie rzeczy wiadomość, że fizycy w finansach nie są uważani za „techników”, jest dobra.

W „przemysle finansowym” fizycy wraz z inżynierami, matematykami i innymi naukowcami wykorzystują na ogół swe umiejętności do uprawiania tzw. finansowości rachunkowej (ang. quantitative finance). Ludzie tacy bywają wobec tego przezywani „quants”. Inny często spotykany przydomek to „raketowi naukowcy” (rocket scientists). Mówiąc otwarcie, nie są to czułe słówka. Są to lekko obraźliwe etykiety, które skłaniają do niedostatecznego szacunku dla wartości wnoszonych przez fizyków. Niestety, wielu z nich chętnie podporządkowuje się takiemu zaszufładowaniu. Dzieje się tak nie tylko na Wall Street, ale w całym społeczeństwie. Z niezgłębionych powodów fizycy akceptują, a zapewne wręcz lubią ów *image* ludzi rozczochranych, ekscentrycznych i skłonnych do irracjonalnych wybuchów intelektualnej energii.

3. Przydatność fizyków

Mówiąc najogólniej, uniwersalnym celem fizyków jest dogłębne zrozumienie tego, co badają. Właśnie to głębokie pojmowanie stanowi o tak dużej przydatności fizyków w finansach (patrz *Physics Today*, kwiecień 1994 r., s. 55). Zawodowcy z innych dyscyplin często nie podzielają tego dążenia do głębokiego zrozumienia. Matematycy np. skupiają się nieuchronnie na matematyce; nie interesuje ich formułowanie problemów świata rzeczywistego w kategoriach matematycznych, ani nawet interpretacja i dyskusja rozwiązań tych problemów. Mają raczej skłonności do koncentrowania się na pośrednim etapie samego rozwiązywania (analitycznego, przybliżonego, asymptotycznego, numerycznego czy jeszcze innego) pewnego układu równań z danymi warunkami pomocniczymi.

Niemniej jednak, typowy życiorys fizyka absolutnie nie zawiera jakichkolwiek elementów związanych z banknotami lub kursami walut. W jaki zatem sposób fizyk może być przydatny w finansach?

Z pewnością można nauczyć się podstawowych pojęć i żargonu finansowego już w trakcie pracy. Skala czasowa nabywanych umiejętności zawodowych zależy silnie od środowiska nowo zatrudnionej osoby; niektóre stanowiska są związane z wieloma procesami i pojęciami finansowymi, inne obejmują węższy zakres zagadnień. Można oczekiwać, że nowicjusz w finansowym świecie stanie się produktywny w ciągu sześciu miesięcy, a do podjęcia bardziej odpowiedzialnych zadań będzie gotów po roku pracy.

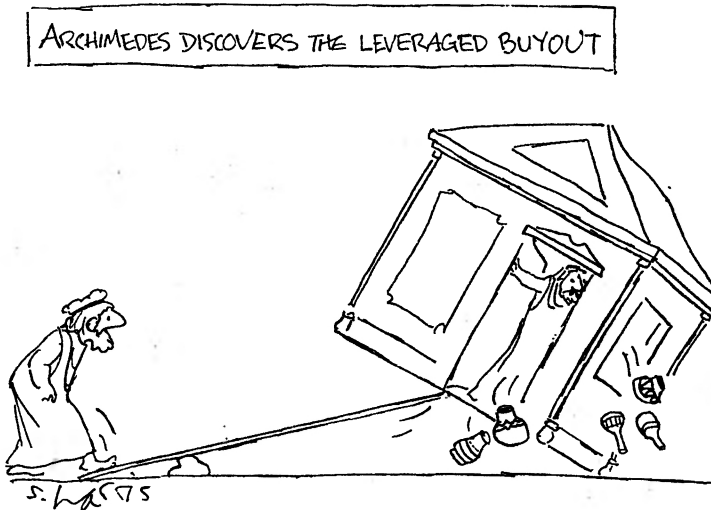
Oprócz umiejętności szybkiego uczenia się fizycy mają jeszcze inną cechę: są przyzwyczajeni do rozwiązywania problemów. Brylują w wyławianiu kluczowych kwestii, a następnie wybieraniu odpowiedniego podejścia do nich i rozwiązywania ich w metodyczny sposób. Ich doświadczenie badawcze przekłada się na duże umiejętności opracowywania koncepcji oraz wprowadzania w życie i kierowania długoterminowymi projektami. Co więcej, fizycy mają głęboko zakorzenione przyzwyczajenie myślenia w kategoriach podstawowych oraz szukania rozwiązań problemów przez odniesienie do podstawowych zasad. Tylko nieliczni spośród innych pracowników świata finansów mają takie nastawienie; zostali raczej wyszkoleni w stosowaniu metod pamięciowych i konkretnego oprogramowania. Siła osoby o wykształceniu fizycznym tkwi w tym, że potrafi ona stawić czoła nowemu problemowi i szybko znaleźć metodę jego rozwiązania bez użycia utartych metod lub istniejących programów numerycznych.

Rozważmy równanie Blacka-Scholesa [1] na wartość (w) pochodnego papieru wartościowego w funkcji jego ceny (x) i czasu (t):

$$\frac{\partial w}{\partial t} = rw - rx \frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\sigma^2}{2} x^2 \frac{\partial^2 w}{\partial x^2},$$

gdzie r jest stopą oprocentowania papieru bez ryzyka, a σ jest jego ułotnością cenową. To liniowe równanie różniczkowe cząstkowe wraz z odpowiednimi warunkami początkowymi i brzegowymi można bezpośrednio rozwiązać po dokonaniu kilku zamian zmiennych. Fizyk zajmujący się pochodnymi papierami wartościowymi nauczyłby się wprowadzać warunki początkowe, przekształcać i rozwiązywać to równanie. Nowe „pojęcie” z dziedziny finansów wymagałoby być może tylko niewielkich korekt tego układu. Jednakże ogromna większość „finansistów” nie zna się na równaniach różniczkowych.

Warto powiedzieć, czego fizycy nie wnoszą do świata finansów. Wbrew niektórym doniesieniom prasowym z ostatnich lat (patrz np. *Physics Today* z maja 1995 r., s. 55; z marca 1996 r., s. 15; z lipca 1996 r., s. 90) nie jesteśmy alchemikami, którzy potrafią odkrywać sekrety zbierania szybkich zysków. Choć niektórzy ludzie uważają, że możliwe jest, poprzez studiowanie danych rynkowych (np. cen towarów) z przeszłości, ujawnianie ukrytych regularności przy użyciu metod



Rys. 1. Archimedes odkrywa wykup podparty kredytem. (*Leveraged buyout* jest operacją finansową dobrze znaną w USA. Polega ona na przejęciu spółki publicznej na własność przez udziałowców mniejszościowych – na ogół członków zarządu – dzięki środkom uzyskanym z kredytu lub pożyczki, zabezpieczanej majątkiem przejmowanej spółki. Opinia publiczna uważa taki wykup za podejrzaną machinację, jako że wysokość pożyczki przekracza na ogół kilkakrotnie wysokość wkładów finansowych osób, które ją przeprowadzają. Ta nierówność dała zresztą nazwę całej operacji – „lever” to dźwignia, a „leverage” to szerokie określenie skutków działania jej różnych rodzajów, także w przenośni. Jak widać z żartu znanego rysownika S. Harrisa, dźwignia ekonomiczna niekoniecznie działa w taki sam sposób, jak fizyczna, i jest to jeszcze jeden przyczynek do rozważań Autora artykułu – przyp. tłum.).

analizy widmowej lub czegoś podobnego, mój pogląd na ten temat jest wysoce sceptyczny. Nie ma żadnych rozsądnych argumentów ani naukowych dowodów, które świadczyłyby o istnieniu takich recept na „podbój rynku”. Podobnie nie wierzę, by zastosowanie teorii chaosu, fraktali lub sieci neuronowych przyniosło kiedykolwiek zyski handlowe.

4. Motywacje materialne a zatrudnienie

Wśród wielu czynników, które bierze się pod uwagę przy podejmowaniu decyzji o wyborze kariery zawodowej w finansach, może najbardziej przejrzystymi są perspektywy zatrudnienia i wysokiego wynagrodzenia.

Tradycyjnie praca obejmująca badania fizyczne oraz kształcenie wiąże się z głęboko satysfakcjonującymi karierami o niskim poziomie stresu i wysokim po-

ziomie autonomii osobistej. Stałe posady są dość bezpieczne i dają niezłe zarobki. Co więcej, fizycy cieszą się szacunkiem w społeczeństwie.

Jednakże, jak wynika z dokumentacji Amerykańskiego Instytutu Fizyki, wielu fizyków musi walczyć o utrzymanie się na rynku pracy, a znaczna część młodych fizyków ugrzęzła na kontraktach podoktorskich lub na tymczasowych, nie ustabilizowanych kontraktach dydaktycznych. Można by argumentować, że kontrakty podoktorskie są rodzajem dodatkowego szkolenia, które wzbogaca wczesne etapy kariery zawodowej. Jednak praca na uczelni lub w laboratorium przemysłowym także daje fizykowi wielkie możliwości uczenia się. W zasadzie przecież wszyscy fizycy we wszystkich fazach pracy na wszystkich poziomach uczą się i podnoszą swoje kwalifikacje. Z moich obserwacji wynika, że kontrakty podoktorskie nie są niczym innym jak tymczasową przechowalnią, w której wykwalifikowani kandydaci oczekują szansy na prawdziwą posadę.

Analizując przyczyny braku równowagi zatrudnienia fizyków trzeba też wziąć pod uwagę wpływ subsydiów rządowych, które sterują liczbą absolwentów fizyki. Za pośrednictwem grantów badawczych rząd Stanów Zjednoczonych płaci studentom za to, że studiuje i pracuje nad doktoratem. W zasadzie wszyscy studenci fizyki otrzymują to wsparcie (podobnie jak ich koledzy z innych kierunków przyrodniczych, matematyki czy kierunków technicznych). Natomiast takie dziedziny, jak prawo, medycyna i ekonomia nie korzystają z tych uniwersalnych subsydiów. Dlaczego istnieją granty rządowe? Ci z nas, którzy żyli w społeczności akademickiej i składali wnioski o granty, zdają sobie sprawę z faktu, że to kształcenie studentów, a nie same projekty badań są *raison d'être* rządowej hojności. Celem rządu federalnego jest najwyraźniej zwiększenie populacji fizyków z doktoratem.

Nie jest trudno zrozumieć, dlaczego tak się dzieje. Bomba atomowa, radar i inne wynalazki, które zawdzięczamy fizykom, walnie przyczyniły się do zwycięstwa Ameryki w II wojnie światowej i nadal odgrywają kluczową rolę w obronie narodowej. Jak się wydaje, władze przyswoiły sobie lekcję, że doprowadzenie do pewnego nadmiaru doktorów fizyki jest zdrową polityką społeczną. Można ją uważać za strategię obrony narodowej w czasach pokoju; niewielka dysproporcja między podażą a popytem na rynku zatrudnienia jest kosztem, który rząd musi ponieść.

W tym samym czasie, gdy występuje deficyt miejsc pracy w fizyce, można znaleźć zatrudnienie w finansowej analizie rachunkowej, gdzie przeciętne zarobki znacznie przewyższają płace w fizyce. W świecie fizyki uposażenie jest monotonicznie rosnącą funkcją stażu pracy, osiagającą nasycenie przy ok. 100 tys. dolarów w skali rocznej. Dla porównania, początkowe wynagrodzenie doskonale wykształconych (np. legitymujących się dyplomem MBA, czyli Master of Business Administration) zawodowców we wszystkich dziedzinach finansowych jest

niezbyt odległe od owych 100 tysięcy dolarów. Określenie „niezbyt odległe” dotyczy zarówno wysokości kwoty, jak i skali czasowej – uposażenie szybko rośnie. Młoda osoba, która zaczyna od – powiedzmy – 60 tys. dolarów rocznie, na ogół dojdzie do sumy sześciocyfrowej w ciągu dwóch lat; po tym czasie zarobki ulegają silnemu zróżnicowaniu. Nie jest niczym niezwykłym zarobienie w dobrym roku kwoty dwukrotnie wyższej niż w złym. Poziom nasycenia nie jest już tak ściśle określony; jeśli w ogóle istnieje, zależy od specjalności. Analitycy najprawdopodobniej nie przekroczą 750 tys. dolarów rocznie, lecz – jeśli zechcą – mogą bez trudu przenieść się do innych specjalności o potencjalnie większych zarobkach.

Premie pieniężne wypłacane w końcu roku stanowią lwią część zarobków wielu ludzi z Wall Street. Podstawą jest uposażenie zasadnicze; bywa, że z roku na rok wzrasta ono tylko umiarkowanie. Wysokość premii pozwala pracodawcy dostosowywać wynagrodzenie do kondycji finansowej firmy. Jednakże taki system wytwarza u pracowników stres i niepokój. Dowiadują się oni mianowicie w ciągu jednej minuty, czy ich boss uważa, że spisywali się przez cały rok świetnie, czy słabo.



Rys. 2. Fizyk w finansach – dosłownie. Podobizna Karla Friedricha Gaussa (1777–1855) widnieje na niemieckim banknocie 10-markowym. Na tym samym banknocie przedstawiona jest także krzywa rozkładu normalnego gęstości prawdopodobieństwa, która odgrywa ważną rolę w finansach.

Skąd to skupienie się na pieniądzach? Czyżby przy wyborze miejsca zatrudnienia i kariery należało kierować się tylko wysokością przychodów? Oczywiście nie. Ale w wolnym i wolnorynkowym społeczeństwie wynagrodzenie pieniężne w danym zawodzie jest miarą społecznej przydatności tego zawodu; trzeba przyznać, że jedną z kilku. Tak więc fizycy mogą lepiej służyć społeczeństwu, jeśli

zdecydują się na karierę w finansach. Cóż za prowokacyjne stwierdzenie! Czy naprawdę tak uważam? Niezupełnie. Ale uważam, że stwierdzenie to jest z pewnością warte rozważenia. Można wytoczyć argument, że wielu naukowców przypisuje swym projektom badań przesadnie wysoką potencjalną wartość ekonomiczną. Kontrargumentem byłyby słowa Margaret Thatcher, która zauważyła kiedyś, że wartość rynkowa odkryć Michaela Faradaya zdecydowanie przewyższa łączny kapitał wszystkich brytyjskich firm.

5. Adaptacja

W jaki sposób fizyk przenosi się do finansów i co przy tym czuje? Odpowiedź na pierwszą część pytania jest prosta. Jest zaskakująco wiele miejsc pracy dla doktorów fizyki, które nie wymagają żadnej wiedzy o finansach. Niemniej jednak bywają one trudne do znalezienia; nie można oczekiwać, że znajdzie się wszystkie informacje na raz w jednej czy dwóch poczytnych gazetach handlowych. Zdobycie pracy na Wall Street jest, szczerze mówiąc, dość dziwną sztuką; znacznie trudniejsze jest wdarcie się do tego klubu, niż zmiana miejsca pracy, gdy już się w tym klubie jest.

Chociaż w nauce i technice uważani za szkodników, agenci werbunkowi, czyli „łowcy głów” odgrywają w przemyśle finansowym kluczową rolę. Fizyk poszukujący pracy powinien ze wszech miar skorzystać z ich pomocy, pamiętając przy tym, że niektórzy agenci są lepsi od innych (prowizję płacą im pracodawcy, a nie poszukujący pracy). Trzeba również wiedzieć, że choć doświadczenie w dziedzinie finansów nie jest absolutnie niezbędne, aby dostać pracę w tej dziedzinie, to jednak jest ono niezwykle pomocne. W połączeniu z doktoratem z fizyki nawet niewielkie dodatkowe kwalifikacje to spory plus. Na przykład posiadanie tytułu MBA może być rozstrzygającym argumentem za uzyskaniem pracy, choć – co jest pewną ironią – analitykowi wiedza zdobyta w ramach takich studiów nie na wiele się przyda. Znacznie pożyteczniejszą rzeczą byłoby uzyskanie któregoś z ostatnio stworzonych magisteriów (master's degree) z finansowości komputerowej lub rachunkowej.

Zajmijmy się teraz trudniejszym pytaniem: Jak wygląda praca w finansach? Najpierw dobra wiadomość: w gruncie rzeczy problemy bywają zadziwiająco podobne do zadań z fizyki komputerowej i teoretycznej. Trzeba np. rozwiązać problem wyceny nowego typu opcji giełdowych (czyli pochodnych papierów wartościowych). W tym celu analityk musi treść opisu transakcji między nabywcą i sprzedającym przełożyć na równania matematyczne i ich warunki pomocnicze. Kolejnym krokiem jest analityczne lub numeryczne rozwiązanie tych równań, a następnie zinterpretowanie rozwiązań dla handlowców czy finansistów.

Minimalistyczną interpretacją rozwiązań byłoby podanie tylko wartości opcji, lecz analityk może i powinien pójść znacznie dalej. Jest on lub ona teraz lokalnym ekspertem od tych opcji, a zatem potrafi doradzić swojej organizacji, jak zaasekurować daną opcję (czyli zminimalizować ryzyko handlowe) oraz jak zmodyfikować jej warunki, by jak najlepiej dostosować je do konkretnego klienta.

Tak więc zadania finansowości rachunkowej zmuszają fizyka do analizy i rozwiązywania rzeczywistych problemów. Musi on takie problemy przenosić do sfery matematyki, a następnie, zręcznie dzierżąc matematyczny skalpel, wyłuskiwać poszukiwane wnioski i informacje. Dobrzy fizycy zostają dobrymi analitykami finansowymi; przeciętni fizycy są przeciętnymi analitykami.

6. Nowy styl pracy

Podobieństwo finansów do fizyki kończy się w tym miejscu. Chociaż fizycy z pewnością są w stanie osiągnąć sukces w finansach, muszą być przygotowani na całkiem inną kulturę pracy. Jako pierwsze zauważa się te jej aspekty, które są związane z wyglądem zewnętrznym i czasem pracy. Mężczyźni i kobiety na Wall Street mają zadbane wygląd i noszą drogie ubrania – trzeba bywać często w pralni chemicznej!

Typowy czas pracy zależy do pewnego stopnia od firmy oraz stanowiska i znaczenia w firmie. Mówiąc z grubsza, 10 godzin dziennie jest dawką umiarkowaną i może wystarczać w niektórych sytuacjach. Jednakże częściej spotyka się 12-godzinny dzień pracy, a 14 godzin także nie należy do rzadkości (takiego czasu pracy nie boi się też oczywiście wielu magistrantów). Kult długiego czasu pracy zmusza wielu pracowników do przebywania w biurze dłużej, niż naprawdę jest konieczne dla wykonania przydzielonych zadań. Do długości dnia roboczego przykładą się nadmiernie duże znaczenie w porównaniu z wydajnością.

Wielu spośród pracujących na Wall Street musi stracić 2 do 3 godzin dziennie na dojazdy, co zmusza rodziców małych dzieci do organizowania skomplikowanych układów, by zapewnić im opiekę. W 1995 r. prezes najbardziej prestiżowej firmy na Wall Street przeszedł na emeryturę w wieku pięćdziesięciu paru lat. Czemu tak postąpił, skoro miał wszelkie powody przypuszczać, że będzie mógł spędzić jeszcze wiele lat na tak godnym zazdrości stanowisku? Tłumaczył, że nie było go w domu, gdy jego dzieci dorastały i nie chce, żeby tak samo było z wnukami. Jednakże wielu ludzi w przemyśle finansowym godzi się z myślą, że ich kariery zawodowe mają pierwszeństwo przed życiem rodzinnym.

Być może największą stratą, jaką ponosi fizyk przenoszący się do finansów jest coś, co można nazwać motywacją Izaaka Newtona. Dzisiejsi fizycy studiują

prace Newtona sprzed paruset lat i będą to robić w przyszłości jeszcze przez całe wieki. Ostatecznym celem wszystkich fizyków jest stworzenie nowych i ważnych idei, które przeżyłyby ich o wiele lat. Któż nie pragnąłby mieć takiego epitafium, jak Ludwig Boltzmann: $S = k \log W$?

W naukach finansowych nie ma praktycznie historii ani potomności. Choć to jednostki wniosły trwałe wkład w rozwój dziedziny, ich nazwiska uległy zapomnieniu. Na przykład, przyszły rynek eurowaluty ma nieocenioną wartość dla świata finansowego. Kto wymyślił ów rynek, walczył oń i zapoczątkował go niecałe 30 lat temu? Nikogo to nie interesuje.

Nie ulega wątpliwości, że utrata owej idei „pracy dla potomności” jest rzeczą przykrą. Można się zastanawiać: Czy rzeczywiście mam pracować tylko dla siebie? Tylko z dnia na dzień? Nie chodzi o to, że fizycy codziennie prowadzą świadome rozmyślenia nad potomnością. Myślą oni raczej o bardziej konkretnych, krótkoterminowych celach oraz cieszą się swym trudem badawczym. Ale twierdzą, że kluczowym elementem tej radości jest związek danego projektu z przeszłością, a – przy odrobinie szczęścia – może i z przyszłością.

Ostatnia różnica mentalności, którą napotka fizyk, przejawia się w otwartej postawie: „jeśli ja wygram, to ktoś przegra”; finanse są przesiąknięte takim myśleniem. Wiele z osób pracujących w przemyśle finansowym wierzy, że można osiągnąć sukces tylko kosztem porażki innych. W wyniku tego skłonność do koleżeństwa i wymiany informacji jest dużo mniejsza, niż można by sobie życzyć. Postawa taka tłumaczy być może, dlaczego w tym środowisku ludzie nie przykładają większej wagi do wzajemnej pomocy i nie wkładają wysiłku, by ich umiejętności pracy dla firmy mogły być wykorzystane na szerszą skalę. Można np. nauczyć kolegów jakiejś techniki lub umiejętności dzięki seminariom, raportom wewnętrznym lub nieformalnej współpracy; można napisać programy komputerowe czy arkusze kalkulacyjne i rozprowadzić je wśród innych. Ale takie wzajemne dokształcanie nie jest ani mile widziane, ani wynagradzane finansowo, a więc nie jest też praktykowane.

W fizyce wzajemne kształcenie jest oczywiście sposobem życia. Osiąga ono czasem przeciwne ekstremum, gdy fizycy zastanawiają się, czy w ogóle zobaczą owoce swej pracy, jako że mogą one wyrosnąć obficie w nie znanym laboratorium. Niemniej jednak opisywanie swej pracy i uczenie innych są znakomitymi zwyczajami, które fizycy mogą i powinni wnieść do finansów.

Idealizując można powiedzieć, że uprawianie fizyki oznacza postawę: „jeśli wygram, to wszyscy wygrają”. Istnieje nieskończenie wiele nie odkrytych obszarów fizyki, a każda nowa idea lub odkrycie ma służyć wszystkim fizykom. Jeśli pewien badacz robi wielkie prace, to fakt ten nie pomniejsza w żadnym stopniu tego, co robi inna osoba w sąsiednim laboratorium. Oczywiście w praktyce da-

leko do tego ideału, zwłaszcza na uczelniach, gdzie autorytet uznanych osiągnięć naukowych wpływa na wysokość uposażenia i pozycję ludzi.

Trzeba przyznać uczciwie, że kultura naukowa pielęgnuje także pewną liczbę czynników typu „wygrany – przegrany”, które podkopują zasadę czystości dociekań naukowych. Weźmy Nagrody Nobla. Są one nieodłącznym aspektem kultury świata fizyki, ale nie wytrzymują próby bardziej wnikliwej analizy. Do czego ich potrzebujemy? Jaki sens ma werdykt niewielkiego gremium, że osiągnięcie naukowe X „wygrywa”? Jeśli owo osiągnięcie jest aż tak wybitne, a być może jest, to prawdziwą nagrodą dla badacza będzie wyniesienie go przez potomność na piedestał.

Po co krytykować „Noble”? Po to tylko, żeby wykazać, iż w każdej kulturze istnieją aspekty ujemne, które często trudno dostrzec od wewnątrz. W tym sensie Nagrody Nobla bardzo przypominają długie dni robocze oraz brak współpracy i aspektu potomności w karierach świata finansów.

Jeśli sięgnąć głębiej, można znaleźć jeszcze inne wady kultury świata fizyków. Jest np. wśród nich wielu zdolnych ludzi; im jesteś zdolniejszy, tym lepiej. Szacunek, jaki inni mają dla ciebie, rośnie proporcjonalnie do twojej inteligencji. Ale właściwie dlaczego? Być zdolnym to wcale nie większa zasługa, niż być wysokim. Do owych błędnych hołdów dla inteligencji dołącza się kult ekscentryczności, który świat fizyków uprawia na różne subtelne i ogólnie rzecz biorąc nieszkodliwe sposoby. Wydaje się, że ukryte przesłanie tego kultu brzmi: „fizycy różnią się od reszty społeczeństwa i mogą być z tego dumni”. W gruncie rzeczy jest w tym lekka pogarda dla wszystkich innych ludzi. Oczywiście, fizycy starają się unikać tego przesłania, gdy ubiegają się o fundusze.

7. Sukces i porażka

Największa siła fizyka na Wall Street tkwi w jego zdolnościach i pragnieniu osiągnięcia głębokiego zrozumienia podstawowych zasad i metod analitycznych świata finansów. Prawdziwe mistrzostwo prowadzi do wynalezienia nowych produktów oraz możliwości identyfikacji i uporania się z nowymi źródłami ryzyka handlowego szybciej i dokładniej niż konkurenci. Dla wiedzy zawodowej fizyka w nowej dziedzinie przekształcenia matematyczne i naukowe podejście do tematu są jakby trampoliną.

Tak jak ogólnie w życiu, więcej dróg wiedzie do porażki niż do sukcesu. Jeśli ktoś chce osiągnąć sukces, to pierwszym i najważniejszym elementem jest skoncentrowanie się na pracy z innymi ludźmi. Jest to nie tylko rzeczą ważną – jest to rzeczą kluczową. Trzeba starannie wybrać strategię jak najlepszego wyjaśniania swoich pomysłów. Na pewno nie przyniesie skutku zabyśnięcie dowodem mate-

matycznym, że – dajmy na to – długoterminowe bilety skarbowe o płynnej stopie oprocentowania mają taki sam współczynnik ryzyka rynkowego, jak dokumenty krótkoterminowe. Równania i ich mutacje dla innych branż nie mają żadnej wiarygodności.

Mówiąc inaczej, fizycy nie powinni używać swego języka rodzimego, gdy obracają się wśród nie-fizyków, lecz muszą nauczyć się żargonu i sposobu myślenia handlowców, bankowców i analityków handlowych. Niestety, ze względu na to, że fizycy lubują się w rachunkach, zdarza się, że zaniedbują w swojej pracy aspekty związane ze stosunkami międzyludzkimi i w ten sposób sami zawężają zasięg swego działania. Chociaż dana organizacja będzie – być może – tolerowała takich ludzi, to jednak znajdują się oni na bocznym torze. W sumie fizycy mają skłonność do izolowania się w taki sposób, że wiele na tym tracą. Fizyk odniesie prawdziwy sukces tylko wtedy, gdy nauczy się traktować „czynnik ludzki” jako wyzwanie, przynoszące tyle samo zniechęceń i satysfakcji, co treść merytoryczna pracy. Takie równorzędne traktowanie obu wątków jest w fizyce czymś niezwykłym, a więc wymaga na ogół pewnego przestawienia.

Sukces wymaga także innowacyjności i twórczego podejścia. Jest rzeczą zadziwiającą, że fizycy, którzy rozpoczynają nową działalność w zasadzie bez żadnego doświadczenia (a więc i bez rutynowych nawyków, jak należy podchodzić do spraw), szybko uczepiają się konwencjonalnej wiedzy. Przypomina to tonącego, chwytającego się pierwszego lepszego kawałka drewna, który unosi się na wodzie. Problem z konwencjonalnymi metodami w finansach polega na tym, że są one najczęściej niewystarczające. Dziedzina ta potrzebuje otwartych i uzdolnionych umysłów – nie fizyków onieśmielonych, lecz fizyków mających zaufanie do swych możliwości.

8. Wybór kariery

Wszyscy fizycy muszą być dziś przygotowani do podjęcia decyzji, jak zaplanować swą dalszą karierę zawodową. Konieczność takiego wyboru przewija się jak wspólny wątek w wielu pozornie nie związanych ze sobą sytuacjach. „Czy objąć funkcje administracyjne?” „Czy przejść do sektora prywatnego?” „Czy zostać nauczycielem?” „Czy zmienić dziedzinę badań?” „Czy porzucić »bezpieczną posadkę« i gonić za swymi pomysłami, ponosząc znaczne ryzyko finansowe?”

Zastanawiając się nad takimi pytaniami fizycy powinni pamiętać, że dzięki swemu wykształceniu cieszą się znaczną swobodą wyboru kariery. Przed 40 laty uważano, że wykształcenie humanistyczne dobrze przygotowuje do każdej działalności zawodowej; szczególnie program studiów nie miał jakoby większego znaczenia, a sam proces edukacyjny wpał dyscyplinę intelektualną i trzeźwość my-

ślenia. W dzisiejszych czasach wykształcenie fizyczne znacznie lepiej służy tym celom, ponieważ daje dyscyplinę myślenia i potężne narzędzia do borykania się z nowymi zadaniami. Fizyka jest wykształceniem humanistycznym ery wysokiej technologii.

Gdy pracowałem jako nauczyciel akademicki w uczelni technicznej, udzielałem rad wielu magistrantom i studentom młodszych lat. Teraz uświadamiam sobie, że wskazówki, jakie dawałem, były odzwierciedleniem mojej własnej przeszłości; inni wykładowcy także udzielali swym studentom rad opartych na takiej samej zasadzie. Było to naturalne; to, co robiliśmy, dawało dobre efekty.

Jednakże w wyniku takich jednostronnych rad młody fizyk doświadcza działania ogromnych pokus konformizmu. Wszystkie osobistości o dużym autorytecie moralnym mówią w gruncie rzeczy: „Bądź taki, jak my”. Również stypendia i granty faworyzują tych, którzy się przystosowują. Aby dokonać optymalnego wyboru kariery, fizycy muszą jednak rozważyć zarówno opcje konformistyczne, jak i niekonformistyczne. A skoro fizyczny *establishment* nie pomoże nonkonformistom, jednostka musi poznać owe siły konformizmu i stawić im czoła, gdy planuje swą karierę.

Gdy rozważałem odejście z uczelni, zdałem sobie sprawę, że moim rzeczywistym celem była kontynuacja nauki i odkrywanie nowych wyzwań. Dzisiaj wyzwaniem jest kwestia: „Jak daleko mogę zajść w finansach?” Na pytanie to muszę jeszcze sobie odpowiedzieć. Gdy to uczynię, ponownie zmienię dziedzinę. Dla mnie uświadomienie sobie, że przejście z jednego zawodu do drugiego jest nie tylko możliwe, ale i realne, było ogromnie wyzwalające. Wypada żałować, że tak wielu z nas zakłada, że nie da się tego zrobić.

Przypomnijmy sobie, że jako młody człowiek Albert Einstein pracował w biurze patentowym. W tamtej epoce tylko niewielu fizyków dostawało zapłatę za uprawianie fizyki. Tak więc w wolnych chwilach Einstein studiował ruchy Browna i odkrywał szczególną teorię względności. Gdyby Einstein był dziś młody, pracowałby być może na Wall Street. Niestety, zarabiałby tak dużo i byłby wieczorami tak zmęczony, że nigdy nie osiągnąłby takiej sławy!

Wyrażam wdzięczność Billowi Edelsteinowi za entuzjastyczne wsparcie i konstruktywne uwagi, a Evanowi Picoultowi, mojemu pierwszemu przewodnikowi po świecie finansów, za pomoc. Dziękuję Robowi Kwasnickowi za zaproszenie do wygłoszenia referatu na zjeździe Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego (APS) w marcu 1996 r.

Tłumaczył Jerzy Gronkowski

Instytut Fizyki Doświadczalnej UW
Warszawa

Literatura

- [1] F. Black, M. Scholes, *J. Political Economy* **81**, 637 (1973).

WSPOMNIENIA – ROCZNICE

Maciej Suffczyński

*Instytut Fizyki PAN
Warszawa*

Roman Smoluchowski (1910 – 1996)

Abstract: Roman Smoluchowski, son of the theoretician Marian Smoluchowski, received his MSc in physics at Warsaw University and PhD in physics and mathematics at Groningen University. He was professor at the Carnegie Institute of Technology (1946–1959) and at the department of mechanical engineering of Princeton University (1960–1976), working at summer time with the solid-state group at Brookhaven National Laboratory. From 1978 he was professor of physics and astronomy at the University of Texas in Austin, where he studied mainly the interactions of dust and ice particles in the environment of planets, the icy satellites of the outer planets and the planetary ring systems. Applying his knowledge of solid-state physics he explained many of the material science problems in planet and comet composition and structure, thus contributing to new understandings, to be subsequently tested with data from the spacecraft probe missions.

Jeden z największych polskich fizyków Marian Smoluchowski (1872 – 1917) po studiach w Wiedniu był profesorem na Uniwersytecie we Lwowie, a od 1913 r. na Uniwersytecie Jagiellońskim. Marian Smoluchowski, ożeniony z córką profesora matematyki Uniwersytetu Jagiellońskiego Mariana Aleksandra Baranieckiego (1848 – 1895), Zofią, miał z nią córkę Aldonę („Donię”, 1902 – 1984) i syna Romana, urodzonego 31 sierpnia 1910 r. w Zakopanem. Roman ukończył w 1928 r. V Gimnazjum im. Witkowskiego przy ul. Studenckiej w Krakowie i zdecydował się studiować fizykę. Na Uniwersytecie Warszawskim magisterium uzyskał w 1933 r. Na Uniwersytecie w Groningen otrzymał w 1935 r. doktorat z fizyki i matema-

tyki. Promotorem był profesor Ralph Kronig. Następny rok spędził w Institute for Advanced Study w Princeton. W 1936 r. ukazała się publikacja pod tytułem (w tłumaczeniu polskim): „Teoria stref Brillouina i własności symetrii funkcji falowych w kryształach” [1], w której przy zastosowaniu teorii grup wyznaczono tablice charakterów unitarnych nieprzywiedlnych reprezentacji stanów elektronowych w punktach wysokiej symetrii w kryształach układu regularnego. Po stwierdzeniu faktu, iż energia elektronu w kryształach jest ciągłą funkcją zredukowanego wektora falowego \mathbf{k} , sformułowane tu zostało zdanie: „nieprzywiedlną reprezentację grupy wektora falowego \mathbf{k} będziemy nazywać małą reprezentacją”. Z sum charakterów nieprzywiedlnych reprezentacji wyprowadzone zostały relacje zgodności (compatibility relations) pomiędzy pasmami wychodzącymi z punktów wysokiej symetrii w strefie Brillouina. Te relacje z kolei doprowadziły do dwuwskaznikowych oznaczeń nieprzywiedlnych reprezentacji stanów elektronowych w środku strefy Brillouina. Oznaczenia te przyjęły się i były przez dziesiątki lat stosowane w literaturze fizyki ciała stałego. Ciekawym szczegółem jest fakt, iż w tej wielokrotnie cytowanej publikacji rozważano efekt operacji odwrócenia czasu, która transformuje \mathbf{k} w $-\mathbf{k}$, i dyskutowano wynikające stąd degeneracje, natomiast nie była analizowana jawnie rola symetrii względem odbicia lustrzanego oraz względem inwersji przestrzennej, zapewne wobec ograniczenia pracy do rozważania tylko układu regularnego.

Po powrocie do kraju Roman prowadził laboratorium rentgenowskich badań strukturalnych w Instytucie Metalurgii i Metaloznawstwa Politechniki Warszawskiej kierowanym przez Jana Czochralskiego, profesora na Wydziale Chemii Politechniki Warszawskiej [2]. Wspólnie z inż. H. Całusem Roman wykonał pracę na temat pomiarów metodą kalorymetryczną „efektów termicznych przy starzeniu metali”, duraluminium i Al-Cu, opublikowaną z Janem Czochralskim [3].

Na początku drugiej wojny światowej Roman Smoluchowski znalazł się we Lwowie, gdzie zatrzymał się w gościnnym domu profesora Wojciecha Rubinowicza, który w czasach swej młodości znał Mariana Smoluchowskiego i wysoko go cenił. Roman próbował wydostać się z właśnie rozszerzonej 17 września 1939 r. Ukraińskiej Republiki Rad na Węgry. Zatrzymany w pobliżu granicy i uwięziony, wrócił z więzienia do mieszkania Rubinowiczów w bardzo złym stanie, jak wspominał Wojciech Rubinowicz. Energiczna profesorowa Elżbieta Rubinowiczowa odżywiła Romana jak mogła. Pisał on później w 1976 r.: „Rubinowiczowie bardzo serdecznie się mną opiekowali w początku wojny i jestem im bardzo wdzięczny”. Roman wyjechał do Kowna. W Kownie w styczniu 1940 r. uzyskał pierwszą wizę do krajów zachodnich, a 19 lutego 1940 r. wizę do USA. W lutym 1940 r. przez Rygę opuścił rozszerzone niedawno granice ZSRR. Dostał się do Szwecji, następnie do USA. Otrzymał zaproszenie na Uniwersytet w Princeton na stanowisko

wykładowcy fizyki. W Stanach była już Donia, zamężna za obywatelem amerykańskim Howardem D. Readem, dzielnym lotnikiem – ochotnikiem.

W 1941 r. Roman został zatrudniony jako fizyk w laboratorium firmy General Electric w Schenectady, gdzie pracował do 1945 r. Naturalizowany w USA 19 lipca 1946 r., od 1946 do 1959 r. był profesorem w Carnegie Institute of Technology, początkowo na Wydziale Metalurgii, a później na Wydziale Fizyki. Od 1950 do 1976 r. współpracował, zwłaszcza w czasie wakacji letnich, z grupą fizyków ciała stałego w Brookhaven National Laboratory. Interpretował m.in. pomiary defektów i domieszek punktowych, jak Mn, w kryształach chlorków alkalicznych [4]. W 1960 r. powrócił do Princeton na Wydział Mechaniczny Uniwersytetu jako profesor i został pierwszym dyrektorem międzywydziałowego programu fizyki ciała stałego i nauki o materiałach. Kierował nim do 1976 r. Wykładał i prowadził żywioną działalność badawczą. Zajmował się efektami napromieniowania (radiation damage) metali i kryształów jonowych. W 1947 r. został pierwszym przewodniczącym oddziału fizyki materii skondensowanej Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego. Podczas Sympozjum skupiającego fizyków ciała stałego, metaloznawców i specjalistów krystalografii metali na Uniwersytecie Cornella w 1948 r. omawiał teorię nukleacji, tj. tworzenia ziaren metalicznych, oraz zagadnienie oceny ich wielkości. Zbiór referatów wygłoszonych na Sympozjum został wydany pod jego redakcją [5].

Korzystając z pojęć fizyki ciała stałego dla zrozumienia podstaw budowy skupisk materii w warunkach panujących na powierzchni planet Smoluchowski zajął się wyjaśnianiem wyników obserwacji astronomicznych i astrofizycznych. Zwrócił swe zainteresowania ku zagadnieniom fizyki ciała stałego napotykanym w astrofizyce, takim jak zapadanie grawitacyjne gęstej materii oraz termiczne i mechaniczne własności materii na powierzchni planet, przede wszystkim na Jowiszu, Saturnie, Neptunie i Uranie. Interesowały go zwłaszcza zagadnienia fizyki ciała stałego pojawiające się w toku opracowywania obserwacji satelitarnych planet, a dające możliwość zrozumienia ich składu oraz krystalicznego, amorficznego czy ciekłego stanu skupienia materii planet. Własności uszkodzeń i innych defektów w kryształach, wpływ pola magnetycznego, zjawiska kooperatywne, przejścia fazowe typu porządek-nieporządek potrafił zastosować do wyjaśnienia w naturalny sposób wartości parametrów charakteryzujących materię planet i komet. Skład planet i komet rozważał biorąc pod uwagę różnorodne dane obserwacyjne. Zaczął stosować prawidłowości stwierdzane laboratoryjnie w badaniach uszkodzeń radiacyjnych do opisu budowy powierzchni gruntu na Księżycu jeszcze przed wyprawą statku Apollo. Wiele publikacji Romana Smoluchowskiego dotyczyło składu chemicznego i budowy warstw planet. Szczególnie ważne okazały się argumenty wyjaśniające wartość stosunku zawartości He do H_2 w atmosferze Jowi-



Od lewej: David L. Dexter (University of Rochester), Jacques Friedel (Université Paris-Sud), Roman Smoluchowski (Princeton University), wykładowcy szkoły letniej fizyki ciała stałego w lipcu 1957 r., Villa Monastero w Varennie we Włoszech.

sza [6]. Stosunek tej wartości do wartości dla atmosfery słonecznej wynosi 0.80. Smoluchowski tłumaczył tę mniejszą w atmosferze Jowisza wartość tworzeniem się kropli He w głębszych warstwach planety. Opublikował artykuł pt. „Przewodnictwo elektryczne skondensowanego wodoru w dużych planetach” [7]. W liście do *Astrophys. J.* [8] rozważał rozkład wodoru i helu w kolejnych warstwach Jowisza. Argumentował, że na Jowiszu w warstwie ciekłego wodoru H_2 bogatej w He pływa także zestalony H_2 . Obszerny artykuł przeglądowy pt. „Budowa Jowisza i Saturna” [9] zawierał dyskusję rozkładu wodoru i helu oraz przewodnictwa elektrycznego i cieplnego, lepkości, dyfuzji itp. w warstwach Jowisza i Saturna.

Po wyprawach sond Pioneer 10 i 11 Roman Smoluchowski opublikował m.in. pracę: „Wewnętrzna struktura Jowisza: konsekwencje danych uzyskanych przez sondę Pioneer 10” [10]. Oceniał też zawartość He w warstwie ciekłego H_2 we wnętrzu Jowisza [11]. Argumentował, iż mieszanina wodoru i helu jest ciekła na Jowiszu, co jest koniecznym warunkiem istnienia silnego pola magnetycznego. W obszernym, ilustrowanym zdjęciami w naturalnych kolorach, artykule „Jowisz

1975” [12] w paragrafach: Skład i budowa Jowisza, Strumień ciepła i konwekcja, Pole magnetyczne i atmosfera, Promieniowanie i satelity, omówione zostały wynikające z misji sond Pioneer wartości parametrów planety.

Po przejściu na emeryturę w Princeton w 1978 r. Smoluchowski uzyskał profesurę fizyki i astronomii na Uniwersytecie stanu Teksas w Austin. Tu zajmował się m.in. oddziaływaniem pyłów i lodu w przestrzeni okołoplanetarnej. Rozważał i starał się wyjaśnić obserwowane własności cząstek pyłu, tworzenie się pierścieni i księżyców planet oraz przemiany, zwłaszcza termiczne, planet. Po wyprawie statku Voyager, który przyniósł dane o pierścieniu Jowisza, w liście do *Nature* [13] porównywał pierścienie Jowisza, Saturna i Urana. Wyniki swoje rozwinął m.in. w publikacjach [14] i [15]. Zwracał uwagę, iż tempo formowania się cząsteczek H_2 na amorficznych ziarnach jest znacznie mniejsze niż na ziarnach monokrystalicznych. Na ziarnach amorficznych tworzą się chmury H_2 o nieregularnych i ostro zarysowanych granicach w odróżnieniu od bardziej jednorodnych chmur tworzących się na ziarnach krystalicznych. Różnica w albedo części powierzchni pierścieni może być spowodowana odkładaniem się świeżego amorficznego lodu, co czyni te części bardziej jasnymi niż części, które stają się ciemniejsze w wyniku uderzania pyłu meteoroidów. Wysuwał argumenty wyjaśniające rolę oddziaływania pyłów na ziarna i grudy lodowe w pierścieniach okołoplanetarnych. Rozważania warstw Jowisza i jego pierścienia zawarte były w publikacjach z M.V. Torbettem [16-18] i z R. Greenbergiem [19]. Publikacje na temat pierścieni Saturna [20] i opadania pyłów [21] podkreślały ważną rolę meteoroidów uderzających w lód na powierzchni planet i komet, będący przeważnie w postaci amorficznej, a nie krystalicznej [22]. W liście [23] wysuwał przypuszczenie, że w małych kraterach planet stosunek amorficznych do krystalicznych powierzchni lodu powinien być mniejszy od 1.0. Lód amorficzny odróżnia się niską wartością przewodnictwa cieplnego i nie podlega deformacjom plastycznym. Istnieją dwie fazy lodu amorficznego: poniżej 10 K faza o większej gęstości i powyżej tej temperatury faza o mniejszej gęstości. W temperaturze ok. 150 K następuje przejście fazowe do struktury kubicznej, a ok. 200 K – do zwyczajnej struktury heksagonalnej lodu. Roman rozważał hipotezy na temat struktury i ewolucji lodu na planetach i ich satelitach [24,25], przy czym stwierdzał: „Gęstnienie porowatych lodów pod ciśnieniem ma znaczenie tylko na głębokościach setek metrów na dużych księżycach”.

W dniu 7 grudnia 1995 r. próbnik kosmiczny Galileo dokonał pomiarów *in situ* atmosfery Jowisza. Przekazywał dane do czasu, gdy osiągnął głębokość, na której ciśnienie atmosferyczne wynosiło 24 bary. W sprawozdaniu z tych pomiarów [26,27] cytowana jest publikacja R. Smoluchowskiego [6] z powołaniem się na jego argumentację o formowaniu kropli He w atmosferze Jowisza.



Roman Smoluchowski ok. 1979 r.

Astrofizyka obiektów Układu Słonecznego zajmowała Smoluchowskiego szczególnie. Odpowiadało jego temperamentowi proponowanie interpretacji zjawisk uwzględniające różnorodne czynniki, wymagające znacznej inwencji i rozległej wiedzy z fizyki materii skondensowanej. W zagadnienia fizyki planet wprowadzał młodych badaczy. Książka Romana Smoluchowskiego *The Solar System* została wydana w języku niemieckim [28]. Dobrze układała się jego współpraca z uniwersytetami w Brazylii, zwłaszcza San Jose dos Campos w São Paulo, skąd zapraszał studentów do USA, pomagając im w rozwijaniu fizyki materiałów. Zainicjował też m.in. wydawanie czasopisma *Critical Phenomena and Phase Transitions*. Był redaktorem serii „Crystal Lattice Defects”, „Semiconductors and Insulators” i wraz z Eli Bursteinem „Comments on Solid State Physics”.

W toku pracy na Uniwersytecie w Princeton Smoluchowski czynny był w paru komitetach, m.in. w National Research Council of the National Academy of Sciences, w Department of Defence, Oak Ridge National Laboratory oraz w komisjach edukacyjnych. Kilkakrotnie wykładał na międzynarodowych letnich szkołach fizyki (zob. załączone zdjęcie ze Szkoły zorganizowanej przez włoskie Towarzystwo Fizyczne w Varennie). Wiosną 1979 r. odbyło się w Londynie sympozjum „Początki fizyki ciała stałego”. Wybitni twórcy teorii ciała stałego przypomnieli pionierskie lata stosowania mechaniki kwantowej przede wszystkim do opisu stanów elektronowych i fononów w kryształach. Wspomnienia, które przedstawili: N.F. Mott, F. Bloch, R.E. Peierls, A.H. Wilson, H.A. Bethe, H. Jones, H. Froehlich, J. Bardeen, C. Herring, F. Seitz, I. Waller, W.G. Burgers, F.R. Nabarro, F.C. Frank, A.H. Cottrell, J.W. Mitchell, M. Blackman i in., dały krótki przegląd prac kładących w latach trzydziestych podwaliny teorii ciała stałego. W swoim wspomnieniu „Luźne uwagi o wczesnych dniach fizyki ciała stałego” [29] Smoluchowski zwrócił uwagę na dominację w tej dziedzinie publikacji kolejno z Niemiec, Francji i Anglii. Kiedy Instytut Historii Nauki, Techniki i Oświaty PAN w 1979 r. wydał

w Ossolineum, w języku niemieckim, napisaną przez Armina Teskego biografię Mariana Smoluchowskiego [30], Roman przyczynił się do jej rozpowszechnienia w USA wśród fizyków pochodzących z Europy. Napisał także wartościową krótką biografię swego ojca w monografii [31].

Roman Smoluchowski zmarł w Austin (Teksas) 12 stycznia 1996 r. Wspomnienie o nim opublikowane w *Physics Today* [32] (por. notatkę w *Kronice Postępów Fizyki*, z. 5/96, s. 524) zawiera opis zwłaszcza ostatnich lat jego działalności, w szczególności jego prac, publikowanych m.in. w *Nature*, *Icarus* i *Science*, na temat pyłu w przestrzeni wokół planet, ich satelitów i pierścieni lodowych. Krótkie *In memoriam* o Romanie Smoluchowskim w czasopiśmie *Postępy Astronomii* [33] napisał Andrzej Woszczyk, który wspomina także, iż żona Romana, Luiza, badała literaturę rosyjską XIX w. i napisała biograficzną opowieść o Lwie Tołstojku oraz interesowała się przemianami zachodzącymi w Polsce.

Krewny Romana Smoluchowskiego, profesor IF UJ Jakub Zakrzewski napisał: „Można by wspomnieć o taternickich zainteresowaniach Romana (odziedziczonych po ojcu). A były one bardzo silne – wspominał z miłością Tatry jeszcze w 1988 r. przy naszym ostatnim spotkaniu. Jednym z powodów, dla których nie wrócił nigdy do Polski, była obawa, że trudno mu będzie znów wyjechać, i nie chciał tego przeżywać ponownie. Ciekawą postacią, wartą wspomnienia, jest żyjący Duncan H. Read, wdowiec po Aldonie. Nadal żyje jako »najstarszy lotnik Stanów« (mimo że w życiu prywatnym był bankierem), ukończywszy niedawno 100 lat. Wspominam o tym »obywatelu amerykańskim«”.

Spis najważniejszych prac oryginalnych Romana Smoluchowskiego oraz przedstawionych w raportach i nie opublikowanych liczy ok. 270 oryginalnych pozycji. Warto byłoby wiedzieć, ile wykonano pod jego kierunkiem prac dyplomowych i ilu wypromował doktorów. Jego dokonania mają znaczenie zwłaszcza w teorii uszkodzeń radiacyjnych oraz w astrofizyce powierzchni planet, i w tych specjalnościach jego nazwisko należy do dobrze znanych.

Literatura

- [1] L.P. Bouckaert, R. Smoluchowski, *Phys. Rev.* **49**, 875 (1936); L.P. Bouckaert, R. Smoluchowski, E.P. Wigner, *Phys. Rev.* **50**, 58 (1936).
- [2] M. Śmiałowski, *Wspomnienia* (Sp. Wydawniczo-Księgarska, Warszawa 1995).
- [3] J. Czochrański, R. Smoluchowski, H. Całus, *Wiad. Inst. Metalurgii i Metaloznawstwa* **4**, 45 (1937); *Przemysł Chemicz.* **21**, 253 (1937).
- [4] G.J. Dienes, R.D. Hetcher, O.W. Lazareth, B.S.H. Royce, R. Smoluchowski, *Phys. Rev. B* **7**, 5332 (1973).

- [5] *Phase Transformations in Solids*, red. R. Smoluchowski, J.E. Mayer, W.A. Weyl (J. Wiley and Sons, Inc., New York 1951).
- [6] R. Smoluchowski, *Nature* **215**, 691 (1967).
- [7] R. Smoluchowski, *Phys. Earth and Planet. Inter. (Netherlands)* **6**, 48 (1972).
- [8] R. Smoluchowski, *Astrophys. J.* **185**, L95 (1973).
- [9] W.B. Hubbard, R. Smoluchowski, *Space Sci. Rev. (Netherlands)* **14**, 599 (1973).
- [10] R. Smoluchowski, *Icarus* **25**, 1 (1975).
- [11] R. Smoluchowski, *Astron. J.* **200**, L119 (1975).
- [12] R. Smoluchowski, *American Scientist* **63**, 638 (1975).
- [13] R. Smoluchowski, *Nature* **280**, 377 (1979).
- [14] R. Smoluchowski, „Heat current and evolution of cometary nuclei”, *Icarus* **47**, 312 (1981).
- [15] R. Smoluchowski, „Rate of H₂ formation on amorphous grains”, *Astrophys. and Space Sci.* **75**, 353 (1981).
- [16] M.V. Torbett, R. Smoluchowski, „Sweeping of the Jovian resonances and the evolution of the asteroids”, *Icarus* **44**, 722 (1981).
- [17] M. Torbett, R. Smoluchowski, „Motion of the Jovian commensurability resonances and the character of the celestial mechanics in the asteroid zone: implications for kinematics and structure”, *Astronomy and Astrophys. (Germany)* **110**, 43 (1981).
- [18] M.V. Torbett, R. Smoluchowski, „Orbital stability of the unseen solar companion linked to periodic (in the geological record) extinction events”, *Nature* **311**, 641 (1984).
- [19] M. Torbett, R. Greenberg, R. Smoluchowski, „Orbital resonances and planetary formation sites”, *Icarus* **49**, 313 (1982).
- [20] R. Smoluchowski, *Science* **201**, 809 (1978).
- [21] R. Smoluchowski, *Icarus* **54**, 263 (1983).
- [22] R. Smoluchowski, „Amorphous ice and the behavior of cometary nuclei”, *Astrophys. J. Lett.* **244**, L31 (1981).
- [23] R. Smoluchowski, „Solar System Ice: Amorphous or Crystalline?”, *Science* **222**, 161 (1983).
- [24] R. Smoluchowski, A. McWilliam, „Structure of ices on satellites”, *Icarus* **58**, 282 (1983).
- [25] R. Smoluchowski, M. Marie, A. McWilliam, „Evolution of density in solar system ices”, *Earth, Moon and Planets (Netherlands)* **30**, 281 (1984).
- [26] H.B. Niemann, S.A. Atreya, G.R. Carignan, T.M. Donahue, J.A. Haberman, D.N. Harpold, R.E. Hartle, D.M. Hunten, W.T. Kasprzak, P.R. Mahaffy, T.C. Owen, N.W. Spencer, S.H. Way, *Science* **272**, 846 (1996).
- [27] U. van Zahn, D.M. Hunten, *Science* **272**, 849 (1996).
- [28] R. Smoluchowski, *Das Sonnensystem* (Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg 1985).
- [29] R. Smoluchowski, *Proc. Roy. Soc. London A* **371**, 100 (1980).
- [30] A. Teske, *Marian Smoluchowski, Leben und Werk* (Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław 1977).
- [31] S. Chandrasekhar, M. Kac, R. Smoluchowski, *Marian Smoluchowski, his life and scientific work*, red. R.S. Ingarden, seria „Polish Men of Science” (PWN, Warszawa 1986).
- [32] A. Cochran, W. Cochran, G.J. Dienes, D.O. Welch, P. Eisenberger, B.S.H. Royce, S. Mascarenhas, *Phys. Today* **49**, z. 7, July 1996, s. 84.
- [33] A. Woszczyk, *Postępy Astronomii* **44**, 50 (1996).

Urszula Woźnicka

*Instituł Fizyki Jądrowej
im. Henryka Niewodniczańskiego
Kraków*

Stulecie utworzenia Katedry Geofizyki na Uniwersytecie Jagiellońskim

Centenary of foundation of the Chair of Geophysics at the Jagellonian University

Abstract: The Chair of Geophysics and Meteorology (the first in European universities) was founded at the Jagellonian University in Cracow in 1895. A concise review of scientific activity of Maurycy Pius Rudzki (1862 – 1916), the first professor at this chair, and his influence on further development of geophysics in Poland is given.

W 1895 r. Uniwersytet Jagielloński utworzył Katedrę Geofizyki i Meteorologii (pierwszą w Europie katedrę mającą słowo „geofizyka” w nazwie) i powołał na nią Maurycyego Piusa Rudzkiego. Fakt powstania sto lat temu pierwszej katedry geofizyki nie oznacza, że dopiero od tego czasu liczy się zainteresowanie uczonych tą dziedziną nauki. Podstawą geofizyki, czyli fizyki Ziemi jest przecież teoria pola grawitacyjnego, zasady ruchu obrotowego ciał niebieskich. Zagadnieniami tymi zajmowali się fizycy i przyrodnicy od zarania dziejów, niemniej dopiero w końcu XIX w. geofizyka zaczęła wyodrębniać się jako oddzielna dyscyplina nauki, wiążąca obserwowane globalne zjawiska przyrodnicze z zasadami fizyki i matematyki wyższej. Wielką rolę odegrał w tym procesie Maurycy Pius Rudzki. Jego zainteresowania już od czasu studiów uniwersyteckich ukierunkowały go ku geofizyce, którą sam początkowo nazywał „matematyczną geografią”.

Rudzki urodził się 28 grudnia 1862 w majątku Uhryńkowice k. Zaleszczyk na Podolu. Wychowywał się w majątku rodzinnym Czernelówka na Wołyniu [1,2]. Maturę zdał w 1882 r. w Kamieńcu Podolskim. Następnie był słuchaczem Wydziału Filozoficznego Uniwersytetu Lwowskiego, gdzie studiował fizykę, geografę,

chemię i mineralogię. Studia kontynuował w Wiedniu, pozostając wierny fizyce i geografii poszerzał swą wiedzę o matematykę, geologię, paleontologię i petrografię. Sukcesy naukowe wynikające z umiejętności zastosowania metod matematyki wyższej w zakresie badań fizyki Ziemi zadecydowały o wyborze geofizyki jako głównego kierunku badań Rudzkiego. Po uzyskaniu stopnia doktora w Wiedniu zdobył, na podstawie pracy „Ruchy kontynentów”, rosyjski stopień magistra i następnie habilitował się w Uniwersytecie Odeskim, gdzie przez kilka lat jako docent prywatny prowadził wykłady geofizyki, hydrografii i specjalnych wiadomości o Ziemi. Jego liczne publikacje z tego okresu dotyczyły teorii powstawania gór, stygnięcia Ziemi i dynamiki ruchu obrotowego Ziemi.

Ponad rok trwały starania władz Uniwersytetu Jagiellońskiego w Ministerstwie Wyznań i Oświecenia w Wiedniu o zgodę na sprowadzenie z zaboru rosyjskiego prywatnego docenta M.P. Rudzkiego i mianowanie go profesorem nadzwyczajnym oraz o zezwolenie na utworzenie Katedry Geofizyki Matematycznej i Meteorologii. Starania te zostały uwieńczone sukcesem i 1 listopada 1895 r. prof. Maurycy Pius Rudzki mając zaledwie 33 lata objął pierwszą w Europie Katedrę Geofizyki. Z punktu widzenia historii narodu polskiego K. Dormus [2] tak komentuje zaistniałą sytuację: „Sam fakt sprowadzenia do Krakowa Maurycego Rudzkiego nie był niczym wyjątkowym w praktyce uniwersyteckiej. Od lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku coraz większa liczba uczonych ze wszystkich zaborów oraz z emigracji przybywała na uczelnie galicyjskie. Te z kolei szeroko otwierały swe wrota dla polskich uczonych. Prym wiódł oczywiście Uniwersytet Jagielloński, który skupił świetny zespół profesorski o ponadzaborowym charakterze. Władze traktowały to zjawisko bez zbędnego formalizmu i dopuszczały nowo przybyłych do stanowisk profesorskich, nawet przed uzyskaniem formalnego obywatelstwa austriackiego. Tak też postąpiono w przypadku Rudzkiego”.

W semestrze letnim 1896 r. Rudzki rozpoczął swoją działalność profesorską w Uniwersytecie Jagiellońskim trzygodzinnym kursem geofizyki ogólnej, wykładał też teorię kształtu Ziemi i niektóre zagadnienia geodezji wyższej, zaś w następnych latach także geofizykę teoretyczną, mechanikę elementarną w zastosowaniu do geofizyki, równowagę ciał ciekłych obracających się wokół stałej osi, dynamikę oceanu i atmosfery, teorię przyciągania i kształtu Ziemi [3]. W 1902 r., po przejściu na emeryturę Franciszka Karlińskiego, obejmuje również dyrekcję Obserwatorium Astronomicznego UJ i prowadzi wykłady z astronomii.

Najistotniejsze osiągnięcia naukowe Rudzkiego [4] dotyczą różnych dziedzin: w sejsmologii jest to rozwinięcie teorii propagacji fal sprężystych w ośrodkach anizotropowych i opracowanie oryginalnej metody wyznaczania głębokości ognisk trzęsień ziemi; w grawimetrii i geodezji – to opracowanie metody inwersji redukcji pomiarów natężenia siły ciężkości; w geotermice – rozszerzenie skali czaso-



Maurycy Pius Rudzki.

wej historii cieplnej Ziemi (notabene model ten musiał ulec zmianie po odkryciu naturalnej promieniotwórczości skał); w astrofizyce – bardzo ogólne sformułowanie warunku równowagi termicznej we wnętrzu gwiazd, co zresztą przypomina S. Chandrasekhar w swojej znanej książce *An Introduction to the Study of Stellar Structure* (1967).

Rudzki był wybitnym, wszechstronnym naukowcem, o wielkiej wiedzy matematycznej i fizycznej, co stawało jego dorobek naukowy z dziedziny geofizyki – sejsmologii, grawimetrii, geotermiki z geochronologią, jak również astrofizyki na najwyższym poziomie. Jego prace z zakresu geofizyki i astronomii są cytowane do dziś. Światową sławę zyskał jako autor dzieła *Fizyka Ziemi*, które w wersji polskojęzycznej ukazało się w 1909 r., a następnie zostało przez niego uzupełnione, poprawione i przetłumaczone na język niemiecki jako *Physik der Erde* (Tauchnitz, Lipsk 1911). Rudzki jest również autorem innych pierwszych polskich podręczników: z dziedziny astronomii jest to dwutomowa *Astronomia teoretyczna*, z dziedziny fizyki atmosfery – *Zasady meteorologii*. Pełna bibliografia prac Rudzkiego została zamieszczona w 1962 r. w *Przeglądzie Geofizycznym* [5].

Do grona krakowskich przyjaciół Maurycego Rudzkiego należał światowej sławy fizyk Marian Smoluchowski, zapalony turysta, podobnie jak Rudzki wielki miłośnik gór i przyrody. Maurycy Pius Rudzki zmarł w Krakowie 22 lipca 1916 r.

Po jego śmierci prof. Marian Smoluchowski (1872–1917) objął kierownictwo katedry geofizyki, która od 1902 r. nosiła nazwę: Katedra Astronomii i Geofizyki Matematycznej. Wybitne osiągnięcia Smoluchowskiego z zakresu fizyki być może nieco przesłaniają jego osiągnięcia z dziedziny geofizyki [6]. Smoluchowski zajmował się problemem tworzenia gór fałdowych opierając swoje rozważania na teorii wygięcia cienkich płyt [7]. Bardzo interesujące rozważania Smoluchowskiego dotyczą również zagadnień związanych z górną granicą atmosfery ziemskiej [8], a jego wnioski są zaskakująco trafne, zwłaszcza jeśli weźmie się pod uwagę, iż powstawały w okresie poprzedzającym odkrycie stratosfery.

W dniu 20 listopada 1996 r. odbyło się w Collegium Maius Uniwersytetu Jagiellońskiego posiedzenie naukowe dla uczczenia setnej rocznicy powstania pierwszej w Europie katedry geofizyki, zorganizowane przez Uniwersytet Jagielloński, Akademię Górniczo-Hutniczą oraz Komitet Geofizyki i Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk. W pierwszej części posiedzenia referaty wygłosili: Katarzyna Dormus (Instytut Historii Nauki, Oświaty i Techniki PAN) „Maurycy Pius Rudzki i początki geofizyki w Polsce i na świecie” [2] oraz Sławomir Maj (Instytut Geofizyki PAN) „Naukowe osiągnięcia Maurycego Piusa Rudzkiego w geofizyce” [4]. W drugiej części posiedzenia, w bardziej swobodnej formie, uczestnicy wspominali geofizyków polskich: uczonych, mistrzów i nauczycieli. Niejednokrotnie w ciepłych i wzruszających słowach powracano pamięcią zarówno do profesorów, którzy zmarli wiele lat temu, jak i niedawno odeszłych kolegów, współpracowników, autorytetów naukowych. Padaly m.in. nazwiska Henryka Arctowskiego, Edwarda W. Janczewskiego, Henryka Orkisz, Edwarda Stenza, Teodora Kopcewicza, Tadeusza Olczaka, Zygmunta Mitery, i niedawno zmarłego, jedyne w tym gronie geofizyka jądrowego, Jana A. Czubka.

Edward Walery Janczewski (1887–1959) był studentem prof. M.P. Rudzkiego. W 1926 r. Janczewski rozpoczął pierwsze pomiary grawimetryczne na terenie Polski. Po zakończeniu II wojny światowej w roku akad. 1945/46 wykładami z geofizyki stosowanej wprowadził geofizykę w mury Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Profesor Janczewski jest legendarną postacią naukowca, wykładowcy i nauczyciela dla wielu pokoleń studentów geofizyki na AGH, z których wyłoniła się współczesna polska kadra profesorska. Wkrótce po prof. E.W. Janczewskim przybył do Krakowa po zawierusze wojennej i na stałe związał się z AGH prof. Henryk Orkisz (1903–95), który swą karierę naukową rozpoczął we Lwowie jako asystent prof. Henryka Arctowskiego, a następnie był docentem w Katedrze Geofizyki Uniwersytetu Jana Kazimierza.

Geofizyka we Lwowie w sensie dyscypliny naukowej zaczęła istnieć przy intensywnym poparciu prof. M.P. Rudzkiego. W 1909 roku w Szkole Politechnicznej (ówczesna nazwa Politechniki Lwowskiej) została założona Katedra Astro-

nomii Sferycznej i Geodezji Wyższej oraz Obserwatorium Sejsmologiczne. Obserwatorium tym kierował asystent prof. M.P. Rudzkiego – Lucjan Grabowski. Po uzyskaniu niepodległości Lwów stał się jedynym ośrodkiem geofizyki polskiej, gdzie działała wyższa uczelnia kształcąca geofizyków. Tam, w 1920 r., prof. Henryk Arctowski (1871–1958) zorganizował (i prowadził do 1939 r.) Katedrę Geofizyki oraz Instytut Geofizyki i Meteorologii na Uniwersytecie Jana Kazimierza.

Henryk Arctowski, podróżnik, geofizyk i geograf, był jednym z najwybitniejszych polskich znawców krajów polarnych. W latach 1897–99, wraz z A.B. Dobrowolskim, brał udział jako kierownik naukowy w belgijskiej wyprawie antarktycznej na statku Belgica; w czasie wyprawy zebrał bardzo bogaty materiał naukowy prowadząc obserwacje oceanograficzne, glaciologiczne, meteorologiczne i geologiczne. Jego imieniem nazwano jeden z 11 nunataków¹ Seal na Antarktydzie Zachodniej (w 1902 r. przez szwedzką ekspedycję O. Nordenskjölda), następnie szczyt wulkaniczny na Antarktydzie Zachodniej (w 1947 r. przez amerykańską ekspedycję F. Ronne'a) oraz półwysep na zachodnim brzegu Półwyspu Antarktycznego, odkryty przez międzynarodową wyprawę A. Gerlache'a de Gomery, której kierownikiem naukowym był H. Arctowski. Nazwę „Arctowski” nosi również polska stacja naukowa w Antarktyce, na wyspie Króla Jerzego, założona przez PAN i zorganizowana przez wyprawę Instytutu Ekologii PAN; stacja rozpoczęła działalność w 1977 r.

Historia spleta losy uczonych i powstających geofizycznych ośrodków naukowych w Polsce: wspomniany prof. Antoni B. Dobrowolski (1872–1954), geofizyk i podróżnik polarny był inicjatorem powstania Obserwatorium Sejsmologicznego w Warszawie, Morskiego w Gdyni i Aerologicznego w Legionowie. Władysław Dziewulski (1878–1962), adiunkt u prof. M.P. Rudzkiego w krakowskim Obserwatorium Astronomicznym (którego Rudzki był dyrektorem) został następnie profesorem w Katedrze Astronomii Uniwersytetu Stefana Batorego w Wilnie oraz pełnił funkcję dyrektora Obserwatorium Astronomicznego najpierw w Wilnie (1920–41), a potem w Toruniu (1945–60). Dziewulski przeniósł do Wilna tradycje pomiarów geofizycznych, głównie meteorologicznych, które prowadził w Krakowie u Rudzkiego.

I tak zapoczątkowana przez Maurycego P. Rudzkiego historia geofizyki w Polsce spleta ośrodki akademickie poczynszy od Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie przez Lwów, Wilno, Warszawę aż do czasów współczesnych [9,10], gdy geofizyka w 1945 r. jak bumerang wraca do Krakowa do Akademii Górniczo-Hutniczej

¹ Nunatak (eskimoskie): skalista wyniosłość wystająca ponad powierzchnię otaczającego ją ze wszystkich stron lodowca górskiego lub lądolodu.

i utrwała swoją pozycję w Uniwersytecie Warszawskim, Polskiej Akademii Nauk oraz w innych polskich instytucjach naukowych.

Celem tego artykułu nie było przedstawienie całej historii geofizyki polskiej. To, co mnie najbardziej uderzyło, jako uczestnika owego Uroczystego Posiedzenia w Uniwersytecie Jagiellońskim, jest właśnie podkreślona w artykule współzależność rozwoju różnych placówek geofizyki polskiej. Gdyby historię geofizyki śledzić w odwrotnym kierunku, zaczynając od całej jej różnorodności istniejącej obecnie, to okazałoby się, że wszystkie ścieżki prowadzą do osoby Maurycego Piusa Rudzkiego.

Literatura

- [1] Władysław Dziewulski, „Maurycy Pius Rudzki”, *Przegląd Geofiz.* 1, 259 (1956).
- [2] K. Dormus, „Maurycy Pius Rudzki i początki geofizyki w Polsce i na świecie”, *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc. M-18 (273)*, 9 (1996).
- [3] J. Mietelski, „Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w okresie dyrekcji Franciszka Karlińskiego (1862–1902)”, w: *Studia z historii astronomii, fizyki i matematyki w Uniwersytecie Jagiellońskim*, Zeszyty Naukowe UJ, Prace Fizyczne, z. 25, Kraków 1986, s. 39.
- [4] S. Maj, „Naukowe osiągnięcia Maurycego Piusa Rudzkiego w geofizyce”, *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc. M-18 (273)*, 271 (1996).
- [5] „Maurycy Pius Rudzki (w setną rocznicę urodzin)”, *Przegląd Geofiz.* 7, 143 (1962).
- [6] R. Teisseyre, „Marian Smoluchowski jako geofizyk”, *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc. M-18 (273)*, 47 (1996).
- [7] M. Smoluchowski, „O pewnym zagadnieniu z teorii sprężystości i jego związku z wytworzeniem się gór fałdowych”, *Rozpr. Wydz. Mat.-Fiz. Pol. Akad. Umiejętn. XLIX*, 223 (1909).
- [8] M. Smoluchowski, „Über die Atmosphäre der Erde und der Planet”, *Phys. Zeit.*, No 20, 307 (1900).
- [9] J. Stajniak, „100 lat polskiej geofizyki”, *Przegląd Geologiczny* 43, 845 (1995).
- [10] J. Kowalczyk, „Rozwój nauk geofizycznych w Polsce w dwudziestoleciu międzywojennym”, *Technika Naftowa i Gazownicza* 2, 9 (1996).

ROZMOWY

Praca musi fascynować – Rozmowa z Georgiem Bednorzem

Work should be fascinating – An interview with Georg Bednorz

Jest to skrócona wersja rozmowy przeprowadzonej dnia 17 maja 1996 r. w Centrum Japońskiej Sztuki i Techniki w Krakowie (w czasie konferencji „The World of New Technologies”) przez Zofię Gołąb-Meyer i opublikowanej w *Fotonie*, nr 44 (1996). Georg Bednorz otrzymał w 1987 r. wspólnie z Karlem A. Müllerem Nagrodę Nobla z fizyki za wykrycie wysokotemperaturowego nadprzewodnictwa w tlenkach metali.

Redakcja

Zofia Gołąb-Meyer [ZGM] – Niedawno poprosiliśmy 600 uczniów w wieku 12–17 lat o zadanie fizykom pytań dotyczących fizyki cząstek elementarnych. Okazało się, że uczniowie zainteresowani są też pracą fizyka jako taką. Jak to się odbywa, że ktoś zostaje fizykiem, na czym polega jego praca, czy jest ona ciężka, czy sprawia przyjemność oraz jakie są perspektywy na przyszłość.

Czy mógłby Pan właśnie z tego punktu widzenia opowiedzieć o sobie i swojej pracy? Jak został Pan fizykiem? Kiedy zainteresował się Pan fizyką?

Georg Bednorz [GB] – Muszę przyznać, że nie w szkole średniej. Nawet więcej, w szkole nie bardzo lubiłem fizykę. Znacznie bardziej lubiłem chemię. To może wynikać ze sposobu uczenia tych przedmiotów. Zależy to od tego, czy nauczyciel potrafi przekazać uczniom fascynację przedmiotem i czy wykonuje z nimi proste doświadczenia. Te doświadczenia powinny mieć smak nowości. Znam nauczycieli, którzy teraz w szkole wykonują doświadczenia z wysokotemperaturowymi nadprzewodnikami.

Tak więc w szkole interesowałem się chemią i na Uniwersytecie w Monasterze (Münster) zacząłem studiować chemię. Bliżej zainteresowałem się dziedziną leżącą

między fizyką a chemią, a mianowicie krystalografią – po czym powoli coraz bardziej zacząłem interesować się fizyką.

ZGM – Co Pana zafascynowało w krystalografii, czy aby symetrie?

GB – Owszem – symetrie, ale przede wszystkim różnorodność kryształów oraz ich własności fizyczne takie jak: twardość, własności elektryczne, kolory.

Jako student miałem okazję pracować przez trzy miesiące w laboratorium IBM. Mogłem robić samodzielne badania; to był bardzo ciekawy i ważny okres w moim życiu. Przede wszystkim miałem swobodę pracy nad własnymi pomysłami. Zdarzało mi się popełniać głupie pomyłki. To było bardzo wartościowe przeżycie – właśnie ta wolność z prawem do popełniania błędów. Na błędach człowiek się uczy, ale co więcej, zyskuje w takiej pracy odwagę rzucania się w nowe, nieznane obszary. Wyzbywa się strachu przed atakowaniem nowych zagadnień.

ZGM – Na czym polega Pana obecna praca? Czy ją Pan lubi?

GB – Ależ oczywiście, bardzo lubię. Gdybym przestał lubić, natychmiast bym ją rzucił! Jest to jedyna droga, by robić dobrą robotę. Praca musi fascynować.

Jak wyglądają moje codzienne zajęcia w laboratorium IBM w Zurychu? Codziennie wykonuję doświadczenia. Moja obecna praca nad poszukiwaniem nowych materiałów jest w takiej fazie, że codziennie trzeba eksperymentować, a więc np. przeprowadzam reakcje chemiczne, mieszam materiały, orientuję i tnę sam kryształy; większość robię sam.

ZGM – Jak się wpada na pomysł nowych, ciekawych materiałów? Czy to jest systematyczna praca i badanie jednego materiału za drugim?

GB – Ach nie, to by było potwornie nudne, jak praca robotów. W Japonii w jednym z laboratoriów rzeczywiście zatrudniają do tego celu roboty. Ale żeby człowiek tak pracował, to niemożliwe, oszalałby, straciłby całe podniecenie i zainteresowanie pracą.

ZGM – Jak się wpada zatem na taki pomysł? Tego chyba nie można się nauczyć?

GB – Trzeba przede wszystkim bardzo uważnie obserwować i zdawać sobie sprawę z pewnych specjalnych własności materiałów. Trzeba powyjaśniać różnice – znaleźć, który składnik jest przyczyną takich własności. Trzeba przyjrzeć się pośrednim krokom.

ZGM – Czy to jest bardzo ciężka praca, czy trzeba myśleć 24 godziny na dobę?

GB – Oczywiście to zależy w jakiej fazie pracy się jest, ale zawsze też trzeba odpoczywać. Praca nad wysokotemperaturowymi nadprzewodnikami była ciężka,

wymagała wielu prób, było pełno rozczarowań. Trwała trzy lata. Dla kogoś z zewnątrz to się może wydać niewiele, ale dla mnie, zaangażowanego w pracę, to było bardzo długo. Musiałem robić przerwy, by na jakiś czas zająć się czym innym. Trzeba było czasem zrobić też krok do tyłu i spojrzeć na problem z dystansu. To jest bardzo ważne, że miałem taką możliwość. Przy patrzeniu z dystansu można mieć nowe podejście, bardziej wyrafinowane, można mieć nowe pomysły. To nie jest do osiągnięcia przez ludzi pracujących pod presją czasu, takich ludzi, którzy nie mogą sobie pozwolić, by problem odleżał się i dojrzał.

ZGM – Pana uwaga nasuwa pytanie o granice naukowego poznania. Problemy do rozwiązywania są teraz trudniejsze, uczeni pracują pod presją czasu, a życie ludzkie jest czasowo ograniczone, podobnie jak i umysł ludzki.

GB – Jestem optymistą. Już tak bywało w historii, że perspektywy fizyki wydawały się ograniczone. Coraz trudniejsze problemy można rozłożyć na prostsze i nie musi ich wszystkich rozwiązać jeden człowiek.

ZGM – Ale mnie chodzi o wielkie teorie, takie jak Newtona i Einsteina.

GB – Również. Nauka jest jak układanka. Wielu uczonych, między innymi doświadczalników, rozwiązuje poszczególne problemy. Kiedy będą już gotowe wszystkie elementy, przyjdzie ktoś, kto dostrzeże w tym całość. A w ogóle w nauce potrzebna jest fantazja i odwaga schodzenia z utartej drogi, nawet jeśli inni uważają to za nonsens. Nie widzę granic nauki, uprawianie nauki nie musi być zaraz poszukiwaniem absolutnej prawdy. Trzeba zawierzyć swojemu modelowi i dać się prowadzić czasem fantazji.

Jestem optymistą i wierzę, że przed fizyką jest wiele wspaniałych odkryć.

ZGM – Dziękuję za rozmowę.

NOWOŚCI NAUKOWE

Janusz A. Zakrzewski

*Instytut Fizyki Doświadczalnej
Uniwersytet Warszawski
Warszawa*

Czyżby nowa fizyka poza modelem standardowym?

New physics beyond the Standard Model?

Abstract: After a brief presentation of the HERA project at DESY (Hamburg), new results obtained in the H1 and ZEUS experiments are discussed. Both experiments have observed deviations from the expectations of the Standard Model in the deep inelastic scattering at high Q^2 and x . If confirmed, they may indicate new physics beyond the Standard Model.

1. Wstęp

Z początkiem tego roku (1997) uwagę fizyków przyciągnął Niemiecki Ośrodek Synchrotronu Elektronowego (DESY) w Hamburgu, gdzie dokonano obserwacji, która (jeśli zostanie potwierdzona w dalszych badaniach) może być sygnałem nowej fizyki. Nawet tak poważne pismo jak *Nature* opublikowało (30 stycznia br.) notatkę na temat rozchodzących się plotek, stwierdzając, że fizycy w DESY „nie chcą rozmawiać o tym, co zaobserwowali”. Istotnie, dyrekcja DESY nałożyła embargo na wszelkie informacje, zniesione dopiero 19 lutego br. po wygłoszeniu referatów przez przedstawicieli eksperymentów H1 i ZEUS, w których dokonano tej obserwacji. Teksty prac na ten temat zostały wysłane do *Zeitschrift für Physik* (i natychmiast przyjęte do druku). Ukazały się już liczne artykuły komentujące uzyskane wyniki, m.in. w *Nature* (27 lutego br.), *Science* (1 marca br.) i *New Scientist*, nie licząc prasy codziennej, w tym polskiej.

W niniejszej notatce opiszę zwięźle dokonaną obserwację. Wpierw jednak podam podstawowe dane na temat udziału polskich ośrodków naukowych w projekcie HERA – eksperymentach H1 i ZEUS.

2. Projekt HERA

W latach 1984–92 zbudowano w DESY pierwszy na świecie akcelerator, pozwalający na zderzanie przeciwbieżnych wiązek elektronów lub pozytonów z protonami w nieosiągalnym dotychczas zakresie energii w ich układzie środka masy ($\sqrt{s} = 314$ GeV), noszący nazwę HERA (Hadron-Elektron-Ring-Anlage). W budowie tej wzięli istotny udział fizycy, inżynierowie i technicy z Polski; w sumie ponad 100 osób przebywało w DESY na pobytach rocznych lub dłuższych.

Dla przeprowadzenia eksperymentów nad zderzeniami elektronów lub pozytonów z protonami w otwierającym się, zupełnie nowym zakresie energii, zorganizowano dwie współpracy międzynarodowe nazwane – od zaprojektowanych przez nie detektorów – H1 oraz ZEUS. Budowy tych detektorów, z wykorzystaniem najnowszych ówczesznie osiągnięć techniki i technologii, podjęły się zespoły z 74 instytucji w 12 krajach, w tym z Polski. Z Krakowa: Instytut Fizyki Jądrowej; Wydział Fizyki i Techniki Jądrowej Akademii Górniczo-Hutniczej; Wydział Matematyki i Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego; z Warszawy: Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego; Instytut Problemów Jądrowych i Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk.

We Współpracy ZEUS uczestniczy 434 fizyków z 12 krajów świata (Hiszpania, Holandia, Izrael, Japonia, Kanada, Korea Południowa, Polska, RFN, Rosja, USA, Wielka Brytania, Włochy), w tym 29 fizyków z Polski (6.6%), i podobna liczba we Współpracy H1 również z 12 krajów świata (Belgia, Czechy, Francja, Polska, RFN, Rosja, Słowacja, Szwecja, Szwajcaria, USA, Wielka Brytania, Włochy), w tym 10 z Polski (2.3%).

W sumie, w eksperymentach H1/ZEUS uczestniczy 39 fizyków polskich – współautorów publikacji z tych eksperymentów, oraz kilkunastu inżynierów i techników, a także studentów wyższych lat studiów wykonujących prace magisterskie. Ten udział Polaków jest największy ze wszystkich eksperymentów, w jakich uczestniczyli lub uczestniczą fizycy polscy.

Celem obu eksperymentów, uzupełniających się wzajemnie w zakresie możliwości aparaturowych, jest zbadanie wewnętrznej struktury protonu na odległościach o ponad rząd wielkości mniejszych niż dotychczas (około jednej tysięcznej promienia protonu). Jest to możliwe dzięki użyciu do sondowania tej struktury cząstki punktowej (bez struktury wewnętrznej) – elektronu, w zakresie nieosią-

galnych dotąd energii. Elektrony ulegają głęboko niesprężystemu rozpraszaniu na protonach przez wymianę tzw. prądów neutralnych (wymianę fotonu gamma oraz neutralnego bozonu pośredniczącego Z) i tzw. prądów naładowanych (wymianę naładowanych bozonów pośredniczących W). W eksperymentach H1/ZEUS poszukuje się też nowych cząstek elementarnych, przewidywanych przez różne modele teoretyczne.

3. Eksperymenty H1 i ZEUS

Realizacja powyższego programu badawczego wymagała zbudowania specjalnych urządzeń detekcyjnych, umożliwiających rejestrację i wyznaczenie energii i kątów emisji leptonów i fragmentujących kwarków. W detektorze ZEUS służy do tego kalorymetr uranowy o dużej segmentacji i najlepszej na świecie energetycznej zdolności rozdzielczej pomiaru energii hadronów. Energia wypływająca z tego kalorymetru rejestrowana jest w uzupełniającym kalorymetrze żelaznym BAC (BACking Calorimeter), w całości zaprojektowanym i oprzyrządowanym przez zespół krakowsko-warszawski. Zgodnie z zatwierdzonym przez DESY projektem, zespół warszawski zbudował i zainstalował w detektorze ZEUS ponad 5300 aluminiowych, gazowych komór proporcjonalnych (pokrywających w sumie powierzchnię ok. 3000 m²) wraz z całym systemem zasilania wysokim napięciem oraz elektronicznym odczytem sygnałów. System zasilania gazowych komór (o objętości ok. 60 m³), jeden z największych na świecie dla tego typu układów, zbudował i zainstalował zespół krakowski. Zespół warszawski skonstruował też przy detektorze ZEUS tzw. ścianę VETO (VETO WALL) umożliwiającą eliminację przypadków z tła pochodzącego z oddziaływania protonów wiązki z resztkami gazu w rurze akceleratora. Detektor służący do pomiaru tzw. świetlności – podstawowego parametru, którego znajomość jest konieczna do wyznaczenia przekrojów czynnych oraz kontroli działania akceleratora HERA, tzw. monitor świetlności LUMI (LUMInosity Detector), został zaprojektowany i skonstruowany dla detektora ZEUS przez zespół krakowski. Zespół krakowski zbudował również detektory na 8. i 44. metrze od punktu przecięcia wiązek (Taggers), służące do rejestracji elektronów, które prawie nie ulegają odchyleniu od pierwotnego kierunku lotu po oddziaływaniu z protonami. W Krakowie wykonano też 336 puszek Faradaya (wraz z wodno-powietrznym systemem chłodzenia elektroniki w tychże puszkach) dla centralnego kalorymetru detektora H1, złożonego z płyt ołowianych i stalowych, przekładanych warstwami ciekłego argonu. Ponadto zespół krakowski H1 ściśle współpracował z Laboratorium Akceleratora Liniowego w Orsay w opracowaniu koncepcji projektu, a także oprogramowaniu i instalacji systemu wyzwalania drugiego poziomu dla eksperymentu H1.

Fizycy krakowscy i warszawscy są obecnie odpowiedzialni za stały dogład i obsługę zbudowanych przez nich detektorów podczas naświetleń aparatury oraz za ich konserwację i naprawę podczas przerw w działaniu akceleratora. Spada na nich również odpowiedzialność za dokonywanie modyfikacji tych detektorów w sytuacjach, gdy zmieniające się warunki pracy eksperymentu tego wymagają. Ponadto uczestniczą w pracach grup fizycznych, powołanych w ramach współpracy ZEUS i H1, a mających za zadanie analizę gromadzonych danych doświadczalnych i przygotowywanie publikacji wyników. Analizę komputerową prowadzą oni zarówno w DESY, jak w Krakowie i Warszawie przy wykorzystaniu wspólnych układów komputerowych.

Od chwili, gdy akcelerator HERA rozpoczął zderzanie wiązek dla pomiarów fizycznych, całkowita dostarczana świetlnosc (stanowiąca miarę liczby zderzeń) wzrastała corocznie od 50 nb^{-1} w 1992 r. (początek naświetleń) aż do wartości 17 pb^{-1} w roku 1997 (w latach 1993–95 wynosiła ona odpowiednio 1, 6 i 12 pb^{-1}). Są to jednak wciąż wartości niższe od wartości projektowanej: trwają intensywne prace nad podwyższeniem świetlności akceleratora HERA w najbliższych latach.

4. Najnowsze wyniki

Proces zderzenia elektronu lub pozytonu z protonem opisuje się za pomocą dwóch zmiennych kinematycznych: kwadratu przekazu czteropędu Q^2 między nimi oraz parametru x Bjorkena (interpretowanego jako ułamek pędu protonu unoszonego przez jego oddziałujący składnik – parton). W obszarze bardzo dużych wartości Q^2 , powyżej 10^2 GeV^2 , w obu eksperymentach zmierzono po raz pierwszy przekroje czynne na procesy zachodzące za pośrednictwem prądu neutralnego (z wymianą bozonów neutralnych – fotonu gamma i bozonu pośredniczącego Z) i prądu naładowanego (z wymianą naładowanych bozonów pośredniczących W). Stwierdzono, że wartości tych przekrojów stają się porównywalne przy Q^2 ok. 10^4 GeV^2 , zgodnie z modelem standardowym zawierającym w sobie unifikację oddziaływania elektromagnetycznego i słabego. Dla procesu głęboko niesprężystego rozpraszania pozytonów na protonach (dla którego zebrano najwięcej danych), model ten odtwarza poprawnie przekrój czynny, zmniejszający się przy zmianie Q^2 od 10^2 do ok. $5 \times 10^3 \text{ GeV}^2$ o cztery rzędy wielkości! Zauważmy, że obszar tak dużych wartości Q^2 jest nowym, nie zbadanym dotychczas obszarem kinematycznym, w którym teoretycznie można oczekiwać ewentualnych nowych zjawisk, nie przewidzianych przez model standardowy.

W tym właśnie obszarze, przy dużych wartościach Q^2 oraz x (lub masy niezmienniczej $M = \sqrt{sx}$), oba eksperymenty, H1 i ZEUS, zaobserwowały nadmiar przypadków w porównaniu z przewidywaniami modelu standardowego. Dla

wartości Q^2 przewyższających $1.5 \times 10^4 \text{ GeV}^2$ prawdopodobieństwo, że obserwowane rozkłady tych wielkości dadzą się odtworzyć przez model standardowy, jest mniejsze niż 1%. Oceniono, że tło pochodzące od procesów przewidywanych przez model standardowy jest znikome. Nie znaleziono też żadnych innych możliwości wyjaśnienia rozbieżności w ramach modelu (różne rozkłady gęstości partonów w protonie, zmiany silnej stałej sprzężenia, poprawki wyższych rzędów). Wydaje się więc, że jedynym wyjaśnieniem w ramach modelu standardowego zaobserwowanego nadmiaru przypadków o dużych wartościach Q^2 , x jest fluktuacja statystyczna. Jeśli w dalszych badaniach wykluczy się możliwość takiej fluktuacji (czy mało prawdopodobnego nieuwzględnienia jakichś koniecznych poprawek w rachunkach teoretycznych), to pozostaje szukanie wyjaśnienia zaobserwowanych rozbieżności w nowych zjawiskach, wykraczających poza model standardowy. Wyjaśnienia można szukać w tworzeniu nowych cząstek sprzęgających się do pozytonu i kwarka (hipotetycznych leptokwarków albo cząstek supersymetrycznych). Można też myśleć o wymianie nowej cząstki między pozytonem a kwarkiem, czy wreszcie o substrukturze fermionów (oddziaływaniu kontaktowym). Oczekuje się, że wszystkie te zjawiska prowadziłyby do nadmiaru przypadków o dużych wartościach Q^2 , x w porównaniu z oczekiwaniami modelu standardowego. Intensywne badania, mające na celu wyjaśnienie tej ważnej kwestii, będą kontynuowane.

ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

X Konferencja EPS „Trends in Physics”

W dniach 9–13 września 1996 r. odbyła się w Sewilli, stolicy Andaluzji w Hiszpanii, X Konferencja Ogólna Europejskiego Towarzystwa Fizycznego (EPS) „Trends in Physics”. Decyzja o jej zorganizowaniu w tym mieście zapadła na wniosek Portugalskiego Towarzystwa Fizycznego i Królewskiego Towarzystwa Fizycznego Hiszpanii w roku 1993 we Florencji podczas poprzedniej Konferencji Ogólnej EPS. Następną, XI Konferencja Ogólna EPS odbędzie się w dniach 6–10 września 1999 r. w Londynie.

Konferencja była wydarzeniem dużej miary. O jej randze świadczy najdobitniej objęcie funkcji przewodniczącego Komitetu Honorowego przez króla Hiszpanii Juana Carlosa, a także objęcie funkcji przewodniczącego 21-osobowego Komitetu Programowego przez Herberta Walthera, dyrektora Instytutu Optyki Kwantowej im. Maxa Plancka w Garching k. Monachium. Natomiast 12-osobowemu Komitetowi Organizacyjnemu przewodniczyli Manuel Lozano Leyva z Uniwersytetu w Sewilli i Carlos Matos Ferreira z Uniwersytetu w Lizbonie. Obrady Konferencji toczyły się w hotelu Melia, położonym blisko atrakcyjnej, zabytkowej części miasta.

W Konferencji brało udział ponad 530 osób z 45 krajów (11 pozaeuropejskich). Najliczniej reprezentowane były Niemcy – 55 osób, Włochy – 49 i Francja – 45, następnie Szwajcaria – 33 osoby i Wielka Brytania – 32. Z Polski przybyło 13 osób (w tym 4 reprezentujące PTF, zaproszone przez EPS), co uplasowało nas wspólnie z Macedonią na 13–14 pozycji. Swą obecnością uświetnili Konferencję laureaci Nagrody Nobla Klaus von Klitzing, sir Norman Foster Ramsey i Rudolf Ludwig Mössbauer. Prace przedstawiło ponad 750 autorów z 46 krajów (15 pozaeuropejskich: Algieria, Australia, Azerbejdżan, Brazylia, Gruzja, Izrael, Kanada, Kazachstan, Korea Płd., Kuba, Meksyk, Peru, Turcja, USA i Wenezuela). Odnotowano, że tylko 6 osób było autorami bądź współautorami czterech prac, 9 – trzech, a 82 – dwóch. Pozostałe osoby ograniczyły się do jednej pracy. Z drugiej strony, 13-wierszowe streszczenie pt. „Recent experimental measurements of G_{en} at MAMP” miało 31 współautorów, a streszczenie „Thermal detectors for neutrino physics” – 21.

Wygłoszono 22 wykłady plenarne, odbyło się 17 sesji plakatowych oraz 18 sympozjów, na których przedstawiono ponad 100 referatów i komunikatów naukowych. Ponadto zorganizowano sympozja: „Rynek pracy i możliwości zatrudnienia fizyków” wraz z dyskusją panelową na temat szans zawodowych młodych fizyków w Europie, „Uniwersytety i przemysł” oraz „Fizyka i edukacja”, w trakcie którego John L. Lewis z Wielkiej Brytanii wygłosił ciekawy wykład pt. „Jak uczyć fizyki w interesujący i nie męczący sposób”, przyjęty z wielkim aplauzem. Pozostałe wykłady i dyskusje na sympozjum „Fizyka i edukacja” dotyczyły podstawowych problemów związanych z nauczaniem fizyki na różnych poziomach w skali europejskiej. Zastanawiano się, czego i w jaki sposób należy nauczać

w zakresie fizyki wobec aktualnych potrzeb i oczekiwań, oraz w jakich kierunkach powinno iść to nauczanie. Przedstawiono i dyskutowano interesujące modele edukacyjne fizyki w Wielkiej Brytanii, Belgii i krajach skandynawskich. W ramach tego sympozjum H. Ferdinande z Gandawy (Belgia) przedstawił aktualny stan organizowanej od niedawna Europejskiej Sieci Edukacji Fizyki (EUPEN) oraz zatwierdzono składy zarządów pięciu grup roboczych tej sieci. Duże zainteresowanie wzbudził wykład (Cecil Powell Memorial Lecture) dyrektora brytyjskiego Instytutu Fizyki sir Arnolda Wolfendale'a, w którym przedstawił on, na podstawie doświadczeń brytyjskich, problemy związane ze społecznym odbiorem fizyki i publicznym rozumieniem nauki, techniki i inżynierii.

W krótkiej relacji z tak poważnej imprezy nie sposób omówić wszystkich problemów poruszanych w trakcie obrad. Ograniczamy się więc w tym sprawozdaniu tylko do bardziej spektakularnych wystąpień. Tematyka naukowa konferencji objęła praktycznie wszystkie tzw. „gorące problemy” i kierunki badań w fizyce, będące aktualnie w centrum zainteresowania: kwantowy transport w nanostrukturach półprzewodnikowych (K. von Klitzing), nowe materiały i ich zastosowania (G. Sawatzky, G. Wegner), testowanie mechaniki kwantowej w doświadczeniach z atomami spułapkowanymi i fotonami we wnękach (S. Haroche), laserowe „manipulacje” pojedynczymi atomami aż po układy tak złożone, jak DNA (S. Chu), kondensację Bosego-Einsteina w gazie nanokelwinowym (W. Ketterle, C.E. Wieman), fullereny i nanorurki (L. Forro), nowe perspektywy w fizyce jądrowej (R. Ricci), antymaterię we Wszechświecie (A. Rujula) i detekcję fal grawitacyjnych (B. Schultz), fizykę neutrina (R.L. Mössbauer), aktualne problemy fizyki cząstek elementarnych (C. Llewellyn Smith, P. Soeding).

Węzłowymi problemami przewijającymi się w dyskusjach poświęconych perspektywom zawodowym fizyków były treści, sposoby i jakość kształcenia fizyków. Stosunkowo jednolity model kształcenia fizyków w Europie (z pewnymi odchyleniami w Wielkiej Brytanii i we Francji), który wytworzył się w ciągu ostatnich lat, ukierunkowany jest co prawda na kształcenie dość wszechstronne, przede wszystkim jednak pod kątem możliwości podjęcia pracy badawczej i to głównie w zakresie badań podstawowych. Tymczasem społeczeństwa skłaniają się ostatnio do preferowania produkcji dóbr konsumpcyjnych i przedkładania przydatnej do tego wiedzy i umiejętności nad te, które służą celom eksploracyjnym. Stąd też mniejsze zainteresowanie wzbudzają badania o charakterze czysto poznawczym. Pojawia się więc pytanie, czy w kształceniu fizyków nie należałoby w szerszym stopniu wyjść naprzeciw tym tendencjom. Z drugiej jednak strony fizycy kształceni w sposób tradycyjny dysponują dużymi możliwościami przystosowywania się do zmieniających warunków pracy i dobrze sobie radzą w innych zawodach, często wygrywając współzawodnictwo z osobami z innych branż, wykształconymi wąskospecjalistycznie. Można się więc spodziewać, że europejski system kształcenia fizyków (przyjęty w znacznej mierze przez resztę świata) będzie nadal skuteczny.

W środę 11 września zwołano zebranie ogólne członków EPS. Prezes EPS H. Schopper stwierdził, że konieczne jest zwiększenie skuteczności działania Towarzystwa, o czym mówi opracowany w roku 1996 „Plan strategiczny EPS”, a także efektywniejsze gospodarowanie środkami finansowymi. Temu też służy przeniesienie od 1 stycznia 1997 r. siedziby EPS ze Szwajcarii do Miluzy we Francji (rue Marc Seguin 34, F-68060 Mulhouse Cedex, tel.: (+33-03) 89-32-94-40, fax: (+33-03) 89-32-94-49), gdzie koszty utrzymania biura będą znacznie niższe. Od września 1997 r. nastąpi również zmiana na stanowisku

sekretarza ogólnego EPS i odchodzącego na emeryturę obecnie urzędującego Gero Thomasa ma zastąpić dr Jeffrey H. Williams, dotychczasowy asystent sekretarza generalnego Międzynarodowej Unii Chemicznej i redaktor działu fizyki na Europę w *Nature*. Gero Thomas obejmie stanowisko dyrektora administracyjnego *Europhysics Letters*, którego redakcja mieścić się będzie w dotychczasowej siedzibie EPS w Petit-Lancy pod Genewą. Po tym zebraniu zorganizowano zwiedzanie Sewilli. Bogaty był również program turystyczny i kulturalny dla osób towarzyszących.

W sobotę 14 września odbyło się trzecie posiedzenie European Regional Monitoring Committee czyli Europejskiego Komitetu do spraw tytułu „Eurofizyka” - EuroPhysicist, w skrócie EurPhys. W posiedzeniu uczestniczył jako obserwator S.S. Krotow z Uniwersytetu Moskiewskiego. Rozpatrzono 20 wniosków (w tym 3 powtórnie, po uzupełnieniu danych), z czego 3 oddalono definitywnie, a w przypadku jednej osoby przewidziano ponowne podjęcie sprawy po uzupełnieniu dokumentów (m.in. referencji) i spełnieniu niektórych innych warunków. Interesujące jest ubieganie się o ten tytuł kilku znanych profesorów z USA, w tym dwóch profesorów zwyczajnych renomowanych uczelni amerykańskich. Wśród dotychczas rozpatrzonych ok. 100 kandydatur (przeciętny wiek 35 lat) najmłodszymi okazały się osoby 30-32-letnie, natomiast najstarszy kandydat (emerytowany profesor o znanym nazwisku) liczył 82 lata. Komisja postanowiła również zebrać pełniejsze dane o systemach kształcenia fizyków w różnych krajach. Nie rozwiązany problemem są koszty uczestnictwa członków komisji w jej obradach. Mogłoby to grozić w przyszłości korespondencyjnym rozpatrywaniem wniosków, co na pewno nie byłoby dobrym wyjściem.

Jednym z posiedzeń towarzyszących Konferencji było spotkanie powołanego do życia w Pradze w lipcu 1996 r. zespołu pod nazwą East-West Task Force. Zespół został pomyślany w ten sposób, że jego pracami kieruje trzyosobowa grupa powołana przez Komitet Wykonawczy EPS w składzie: przewodniczący J. Nadrchal (Czechy), D.L. Nagy (Węgry) i H. Szymczak (Polska), która na podstawie otrzymanych od europejskich towarzystw fizycznych informacji i postulatów opracowuje plany działania w celu jak największego zbliżenia tych krajów, aż do osiągnięcia pełnej integracji w całej Europie. Zespół składa się z delegatów narodowych towarzystw fizycznych z Europy Środkowej i Wschodniej. Na posiedzeniu byli nimi przeważnie ich prezesi. Ważnym celem EWTF jest rekomendacja dla osób, którym trzeba udzielać grantów EPS aby mogli brać udział w konferencjach naukowych EPS. Siedemnaście osób, w tym trzech Polaków zgłoszonych na konferencję Computational Physics Group, uzyskało już taką pomoc na wniosek swych towarzystw narodowych. Zgodnie z przyjętym planem, w każdym z krajów objętych programem zostanie powołany członek-korespondent, a raz na 2-3 lata odbywać się będzie spotkanie prezesów wspomnianych towarzystw narodowych. Wybitni fizycy, w tym laureaci Nobla, będą opiniować wnioski o dofinansowanie przez EPS badań podstawowych prowadzonych w Europie Środkowej i Wschodniej; nawiązany zostanie kontakt z UNESCO. Przewiduje się podjęcie dyskusji z rządami tych krajów w celu uzyskiwania większego wsparcia materialnego badań naukowych, wzmoczenia osobowej wymiany naukowej i wszelkich ułatwień podróżowania uczonych, jak również rozważana jest możliwość oferowania bibliotekom czasopism naukowych (np. *Europhysics Letters*) bez opłat przez jakiś ograniczony czas. Położono nacisk na rozszerzanie rozpowszechniania informacji, także za pomocą tanio lub nawet bezpłatnie oferowanych urządzeń. Również sprawa umożliwienia wybieralnym

członkom zarządów oddziałów i grup międzyoddziałowych EPS brania udziału w odpowiednich posiedzeniach wymaga pomocy finansowej. Zespół będzie popierać wszelkie kontakty bilateralne między uczonymi z całej Europy i zgłaszać stosowne wnioski do Komitetu Wykonawczego EPS. Tak zwane wielkie urzędnia badawcze powinny być szeroko dostępne naukowcom z całej Europy i zespół zajmie się tą sprawą. Dyskusja wykazała, że najlepszym sposobem działania jest przedkładanie grupie kierującej wniosków z poszczególnych towarzystw narodowych. Zaproponowane powyżej i wstępnie uzgodnione plany działania EWTF będą jeszcze dyskutowane i potem przyjmą ostateczny kształt.

W ramach Konferencji odbyło się jeszcze zebranie Komitetu Wykonawczego EPS oraz zebranie Komitetu Programu Wymiany Studentów Fizyki (EMSPS).

Ulokowanie X Konferencji Ogólnej EPS w Sewilli, czwartym co do wielkości mieście hiszpańskim (ponad 700 tys. mieszkańców) było ze wszech miar korzystne. Miasto dysponuje świetnymi warunkami do organizowania wielkich spotkań. Ma bogate zaplecze hotelowe, powiększone na początku lat dziewięćdziesiątych (z okazji zorganizowanych tu targów światowych) o 36 luksusowych hoteli (z których większość nie jest wykorzystywana), powstały w 1502 r. uniwersytet, kształcący teraz ok. 47 tys. studentów, wspaniałe zabytki architektury i sztuki oraz nieporównywalne walory turystyczne wraz z najbliższą okolicą. Dobra organizacja i miłe przyjmowanie gości to także niewątpliwy atut tego niezapomnianego spotkania.

Henryk Wrembel, Ireneusz Strzałkowski, Wanda Doborzyńska-Głazek
Polskie Towarzystwo Fizyczne

40 lat geofizyki jądrowej w Krakowie

W dniu 29 listopada 1996 r. w auli Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie odbyło się seminarium „40 lat geofizyki jądrowej w Krakowie”, poświęcone pamięci Jana Andrzeja Czubka, profesora w Instytucie Fizyki Jądrowej, członka Polskiego Towarzystwa Fizycznego, zmarłego 19 grudnia 1995 r.¹ Organizatorami spotkania były: Zakład Geofizyki Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska oraz Wydział Fizyki i Techniki Jądrowej Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie oraz Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego w Krakowie, z którymi to ośrodkami naukowymi prof. Czubek był najsilniej związany (w IFJ pracował przez 25 lat, aż do przedwczesnej śmierci, niemalże przez cały czas pełniąc funkcję kierownika Zakładu Fizyki Środowiska i Transportu Promieniowania).

W seminarium udział wzięło 78 osób, pracowników wyższych uczelni, instytutów naukowych oraz przedsiębiorstw geofizycznych, z którymi prof. Czubek utrzymywał kontakty naukowe, w których prowadził prace badawcze, czuwał nad wdrożeniem do praktyki przemysłowej nowych metod geofizyki jądrowej lub udoskonaleniem już stosowanych.

¹ Wspomnienie o prof. Czubku (A. Budzanowskiego i U. Woźnickiej) zamieściliśmy w *Postęпах Fizyki* 47, 279 (1996) (przypr. Red.).

W auli AGH zgromadzili się jego współpracownicy i koledzy, uczniowie i wychowankowie. Honorowymi gośćmi byli: żona Profesora – pani Danuta Degórska-Czubek oraz syn – dr Henryk Czubek.

Uczestników seminarium przywitał prodziekan Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH – prof. Tadeusz Ratajczak. Następnie prorektor Akademii Górniczo-Hutniczej, prof. Andrzej Gołaś przedstawił zmarłego profesora jako mistrza, światowej sławy autorytet w dziedzinie geofizyki jądrowej i podkreślił rolę wielkiej osobowości w rozwoju nauki. Zwrócił także uwagę na udział nauk podstawowych, w szczególności fizyki, w rozwoju nauk technicznych, na jej obecność oraz rolę w uniwersytecie technicznym, jakim staje się w czasie ostatnich lat AGH.

Seminarium otworzył prof. Jerzy Niewodniczański wspomnieniami o Jasiu Czubku, koledze z lat studenckich, wspólnie spędzonych na Wydziale Geologiczno-Poszukiwawczym AGH oraz współpracowniku z Instytutu Fizyki i Techniki Jądrowej tejże uczelni. Dużo wspomnień z czasów studiów i z okresu późniejszej wspólnej pracy zawierał także referat prof. Andrzeja Zuberę zatytułowany „Jan Andrzej Czubek (1935 – 1995) – nauczyciel i naukowiec”.

Celem seminarium było przedstawienie prac z zakresu geofizyki jądrowej, które bądź zapoczątkował, bądź rozwinął w Polsce Jan Andrzej Czubek oraz ukazanie najnowszych osiągnięć w tych gałęziach geofizyki jądrowej, które są uprawiane przez kolegów, uczniów i wychowanków Profesora. Wygłoszono 7 referatów, które objęły szeroki wachlarz zagadnień związanych z fizyką transportu promieniowania w materii, z naturalną i wzbudzoną promieniotwórczością ośrodków skalnych, od elementów teorii, metodyki pomiarów i interpretacji, po prototypy odwiertowych sond radiometrycznych.

Na zakończenie seminarium odbyła się dyskusja dotycząca przyszłości geofizyki jądrowej w Krakowie oraz możliwości kontynuacji prac prof. Czubka. Zwrócono uwagę, że tylko dzięki uporczywemu dążeniu Profesora do wdrażania najnowszych osiągnięć światowych w zakresie standaryzacji i cechowania sond radiometrycznych w Polsce, konstrukcje krajowych, odwiertowych sond radiometrycznych mogły dostarczyć wyników porównywalnych z rejestracjami wykonanymi urządzeniami renomowanych firm światowych. Podkreślono, że dzięki inspiracji oraz ciągłym konsultacjom i opiece merytorycznej Profesora powstało unikatowe stanowisko do kalibracji sond radiometrycznych w Bazie Geofizyki Wiertniczej Oddziału Geofizyka-Kraków Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa S.A. w Warszawie. Dla tego stanowiska opracowano metodę kalibracji sond spektrometrycznych do pomiaru naturalnej promieniotwórczości oraz zastosowano półempiryczną metodę kalibracji sond neutronowych autorstwa Profesora do cechowania pierwszej kompensacyjnej sondy neutronowej polskiej produkcji.

Szybki rozwój komputerów i doskonalenie procedur obliczeniowych, widoczne w latach osiemdziesiątych, oraz ciągłe rozbudowywanie stanowiska modelowego stworzyły szansę na doprowadzenie metody ilościowej interpretacji profilowań neutronowych do praktyki przemysłowej. Zagadnieniem tym prof. Czubek zajmował się konsekwentnie przez całe swoje życie zawodowe; kilka prac doktorskich było poświęconych problemom związanym z tym tematem. Opracowana przez prof. Czubka i doskonalona przez zespół jego współpracowników z IFJ, metoda pomiaru przekroju czynnego absorpcji neutronów termicznych ma również powiązanie z tym zagadnieniem. Profesor widział wzajemny

związek między wynikami eksperymentu, dostarczającymi realnych parametrów neutronowych, a modelowaniem wybranych zagadnień z teorii transportu neutronów. Prace doświadczalne i obliczeniowe zapoczątkowane przez Profesora są kontynuowane dzięki dotacjom uzyskiwanym z KBN, Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej w Wiedniu oraz dzięki finansowaniu przez Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo S.A. tematów badawczych, których celem jest doprowadzenie niektórych rozwiązań do praktycznego zastosowania.

W dyskusji zwrócono także uwagę na zagadnienia ochrony środowiska i możliwość współczesnej produkcji radionuklidów, izotopów o długim okresie połowicznego rozpadu, które mogą powstawać w podziemnych składowiskach odpadów promieniotwórczych, i na wykorzystanie opracowań prof. Czubka do celów symulacji takich procesów.

Szeroki wachlarz poruszonych problemów nie powstrzymał pytania, czy geofizyka jądrowa ma szansę na dalszy dynamiczny rozwój jako nauka, czy jest już tylko techniką, którą należy doskonalić i wdrażać do rutynowych prac poszukiwawczych i inżynierskich. Odpowiedź przedstawił sam autor pytania, prezes Państwowej Agencji Atomistyki, prof. Jerzy Niewodniczański mówiąc, iż obecnie zmieniło się zapotrzebowanie na surowce; skały, dawniej sklasyfikowane jako płonne, są dziś poddawane wysokiemu przetworzeniu technologicznemu i dostarczają surowców niezbędnych do rozwoju gospodarki. Oblicze geofizyki jądrowej zmienia się; do geofizyki poszukiwawczej dołącza geofizyka środowiska. Metody geofizyki jądrowej są z powodzeniem stosowane do rozwiązywania problemów związanych z ochroną zasobów mineralnych i środowiska przyrodniczego: litosfery, hydrosfery i atmosfery. Obecność środowiska krakowskiego w światowej geofizyce jądrowej zależy zatem od zdolności grona kontynuatorów działalności prof. Czubka do aktywnego działania w zakresie nowych zastosowań znanych i doskonalonych metod oraz inspiracji i twórczej pracy przy opracowywaniu nowych rozwiązań.

Ostatnią osobą zabierającą głos na Seminarium był dr Henryk Czubek, syn Profesora, który w ciepłych, serdecznych słowach podziękował za zaproszenie do udziału w spotkaniu poświęconym pracy i dorobkowi naukowemu swojego ojca: „Żywa pamięć, jaka otacza jego osobę w gronie najbliższych mu kolegów i współpracowników, rodzi nadzieję, że jego trud poszerzania granic znajomości problemów geofizyki nie zostanie zapomniany. (...) Byliśmy przyzwyczajeni do częstych nieobecności Tatusia. W tym czasie wszyscy i wszystko w domu czekało na jego powrót. Wiadomo było, że wróci i rozwiąże nasze problemy, od kąpiących kurków poczynając, po sprawy wyższego rzędu, a nawet te nie do załatwienia. Podobne uczucia mamy teraz i trudno jest uzmysłwić sobie, że z tej podróży wraca się jedynie w ludzkiej pamięci, czego najlepszym wyrazem jest ta konferencja, za zorganizowanie której jesteśmy ogromnie wdzięczni”.

Referaty wygłoszone na seminarium zostały wydane przez Wydział Fizyki i Techniki Jądrowej AGH (*40 lat geofizyki jądrowej w Krakowie, Materiały z Seminarium poświęconego pamięci prof. dr hab. inż. Jana Andrzeja Czubka*, Zeszyt: Fizyka, Wyd. Fizyki i Techniki Jądrowej AGH, Kraków, 29 listopada 1996). Równocześnie ukazała się pełna bibliografia prac J.A. Czubka, obejmująca streszczenia stu czterdziestu dwóch prac, które zostały wydrukowane w krajowych i zagranicznych czasopismach naukowych oraz w materiałach konferencyjnych (*Jan Andrzej Czubek, Bibliography*, Raport IFJ nr 1736, Instytut Fizyki Jądrowej, Kraków 1996).

W przeddzień seminarium odbyło się spotkanie towarzyskie grona osób związanych z prof. Czubkiem, które poświęcono wspomnieniom o koledze, nauczycielu i wychowawcy, o człowieku wielkiej pracowitości i niezwykłego hartu ducha.

Jadwiga Jarzyna

Zakład Geofizyki AGH
Kraków

Urszula Woźnicka

Instytut Fizyki Jądrowej
Kraków

XXXIII Zimowa Szkoła Fizyki Teoretycznej

Tegoroczna, 33-cia już z kolei Zimowa Szkoła Fizyki Teoretycznej organizowana przez Instytut Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Wrocławskiego poświęcona była niezwykle popularnym ostatnio teoriom dualności i superstrun. W dniach 13–22 lutego 1997 r., w małej podgórskiej wsi Przesieka nieopodal Jeleniej Góry zebrało się ponad stu fizyków–teoretyków, w tym ok. 70 gości zagranicznych. Tradycyjnie obok Szkoły działało Przeszkole Fizyki Teoretycznej – będące seminarium Koła Naukowego, w którego pracach uczestniczyli studenci z Polski, Niemiec i Rosji.

Teoria dualności stała się popularna dwa lata temu, kiedy po opublikowaniu fundamentalnych prac Seiberga i Wittena powstała nadzieja na zrozumienie niektórych przynajmniej modeli kwantowej teorii pola w tzw. obszarze nieperturbacyjnym, tzn. w przypadkach zjawisk, które nie poddawały się analizie za pomocą metod tradycyjnej kwantowej teorii pola. Pomysł Seiberga i Wittena jest rozwinięciem spostrzeżenia dokonanego na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych przy okazji analizy monopoli magnetycznych. Znaleźli oni pary teorii połączonych ze sobą transformacją (nazwaną transformacją dualności), która przeprowadza stałą sprzężenia w jej odwrotność, a więc łączy dobrze znany i zrozumiany obszar perturbacyjny jednej teorii (charakteryzujący się małą stałą sprzężenia) z obszarem nieperturbacyjnym teorii drugiej (z dużą stałą sprzężenia), na temat którego niewiele było dotąd wiadomo. Oznacza to, że w klasie par teorii, dla których transformacja dualności istnieje, efekty perturbacyjne mogą być „tłumaczone” na efekty nieperturbacyjne i *vice versa*. Jest zupełnie oczywiste, że w przypadku, gdyby okazało się, iż metoda transformacji dualności może znaleźć swoje zastosowanie w szerokiej klasie kwantowych teorii pola, stanowiłoby to przełom w naszym rozumieniu fizyki mikroświata (np. prowadziłoby zapewne do rozwiązania problemu uwięzienia kwarków w chromodynamice kwantowej).

Okazało się również, że metody teorii dualności znajdują swoje zastosowanie w teorii superstrun, która dla wielu fizyków jest nadal najważniejszym kandydatem na teorię zunifikowaną, opisującą wszystkie znane oddziaływania. Przez wiele lat jednym z głównych problemów tej teorii był fakt, że w istocie istniało wiele modeli teorii strun mających diametralnie różne własności. Zastosowanie metod teorii dualności doprowadziło jednak do

wniosku, że te z pozoru różne teorie mogą być ze sobą powiązane, i że cztery znane dotychczas dziesięciowymiarowe teorie strun oraz hipotetyczna, jedenastowymiarowa M-teoria są po prostu różnymi obliczami jednej nieperturbacyjnej teorii. Konstrukcja tej ostatniej jest zapewne najpoważniejszym problemem stojącym przed specjalistami zajmującymi się teorią strun.

Przytoczony opis jest szalenie optymistyczny i odzwierciedla w uproszczeniu „propagandową” część wstępną większości wystąpień na Szkole. Jednakże obraz wyłaniający się z treści referatów oraz z prywatnych rozmów z wykładowcami jest nieco inny. Wydaje się, że sytuacja w teorii strun przypomina nieco składanie pewnej całości z rozrzuconych po ciemnym pokoju jej fragmentów: kolejne fragmenty są obracane, próbuje się dopasować je do siebie, ale ze względu na panujące ciemności nie widać wyłaniającego się obrazka. Nie jest zresztą zupełnie jasne, czy elementy znalezione na podłodze w ogóle pochodzą z jednej układanki. W każdym razie podstawowy cel teorii strun, jakim jest znalezienie konsystentnej kwantowej teorii grawitacji, nie został jak na razie osiągnięty, a doświadczenie wieloma związanymi z teorią strun falami entuzjazmu, które przetoczyły się przez społeczność fizyków w ciągu ostatnich kilkunastu lat, aby następnie szybko umrzeć śmiercią naturalną, każe podejść do ostatnich rewelacji z pewną dozą sceptycyzmu.

Jeśli chodzi o zastosowania metody transformacji dualności w standardowej kwantowej teorii pola, to jak na razie metodę tę zastosować się udało tylko w przypadku ograniczonej klasy modeli, które (oczywiście) nie obejmują fenomenologicznie akceptowalnych modeli cząstek elementarnych. Nie jest na razie jasne, czy fakt ten odzwierciedla ograniczony zasięg zastosowań teorii dualności, czy też że teoria ta czeka na kolejną przełomową koncepcję. Jak jest w istocie, pokaże zapewne najbliższa przyszłość. Być może fizykę teoretyczną rzeczywiście czeka wielka dualna rewolucja.

Z organizacyjnego punktu widzenia Szkoła działała bez zarzutu. Dyrektorzy Szkoły, Zbigniew Jaskólski i Zbigniew Hasiewicz włożyli bardzo dużo wysiłku i czasu, aby zapewnić uczestnikom naprawdę doskonałe warunki pracy. Nie bez znaczenia był fakt, że wszyscy uczestnicy przebywali w jednym budynku, co znacznie ułatwiło nieformalne kontakty. Stwierdzić jednak należy, że ciężka praca organizacyjna, którą podjąć musieli dyrektorzy Szkoły, doprowadziła do tego, że jej program merytoryczny wymknął się nieco spod ich kontroli. W efekcie niektóre zagadnienia powtarzane były wielokrotnie, zaś ewidentnie brakowało cyklu wstępnych wykładów przeznaczonych dla studentów i osób nie będących ekspertami. Wywołuje to szczególnie niedosyt, jeśli wziąć pod uwagę fakt, że organizatorom udało się zaprosić na Szkołę czołowych ekspertów, którzy z powodzeniem mogliby się podjąć wygłoszenia takiego cyklu wykładów.

Te krytyczne uwagi nie przesłaniają jednak faktu, że tegoroczną Zimową Szkołą Fizyki Teoretycznej uznać należy za bardzo udaną. Powiedzieć wręcz trzeba, że wyznańczyła ona wyższy standard profesjonalizmu organizacyjnego, który – miejmy nadzieję – utrzymany będzie przez kolejną szkołę.

Jerzy Kowalski-Glikman

Institut Fizyki Teoretycznej UWr
Wrocław

RECENZJE

Michael White, John Gribbin: *Einstein – życie nauką*
z jęz. angielskiego tłumaczyła Danuta M. Śledziwska-Błocka
Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1995, s. 314

Recenzowana pozycja jest typową książką popularnonaukową i jako taka (i jedynie taka) powinna być oceniana. Fizyk nie znajdzie w niej pogłębionej analizy źródeł rewolucyjnych idei Einsteina, humanista nie zrozumie na jej podstawie fenomenu postaci tego wielkiego naukowca i człowieka. Albowiem nie o to w książce White'a i Gribbina chodzi. Celem jej jest ukazanie wielkiego człowieka i jego dzieła w sposób zrozumiały dla przeciętnego czytelnika, znalezienie złotego środka pomiędzy skandalizującym *Prywatnym życiem Alberta Einsteina* R. Highfielda i P. Cartera (Prószyński i S-ka, Warszawa 1995) a poważnym, ale koncentrującym się na działalności naukowej i przeznaczonym przede wszystkim dla fizyków *'Subtle is the Lord...'* A. Paisa (Clarendon Press, Oxford 1982).

Albert Einstein jest niekwestionowanym symbolem naukowca oddanego badaniom najgłębszych praw przyrody. W świadomości przeciętnego człowieka jawi się on jako dobrotliwy starzec z rozwichrzoną czupryną w równym stopniu poświęcający się nauce, co walce o ideały humanistyczne. Książka White'a i Gribbina demistyfikuje ten wyidealizowany obraz, ale czyni to z widoczną sympatią dla postaci swojego głównego bohatera.

Trzy aspekty biografii Einsteina znalazły w książce swoje odzwierciedlenie: pełne meandrów i tajemniczości życie osobiste, działalność społeczna i polityczna, prowadzone głównie w ostatnim okresie życia, i działalność naukowa. W książce warstwy te przeplatają się ze sobą, ale odnosi się wrażenie, jakby fragmenty tekstu pisane były niezależnie, a następnie niestarannie zebrane w jedną całość. Jednym słowem, książka pisana jest na sposób dziennikarski, wyraźnie pośpiesznie i bez jasnej koncepcji całości. Wrażenie to potęguje miejscami chropowaty, a miejscami infantylny styl, choć bez znajomości oryginału trudno mi powiedzieć, czy zarzut ten kierować należy w stronę Autorów, czy też Tłumaczki.

Życie osobiste Alberta Einsteina wzbudza w ostatnich latach szczególnie zainteresowanie i emocje. I rzeczywiście, nawet z bardzo stonowanej relacji Autorów książki wyłania się obraz człowieka zamkniętego, zimnego w kontaktach rodzinnych, pochłoniętego bez reszty działalnością naukową i polityczno-społeczną. Na plus zaliczyć należy Autorom, że nie wpadają w pułapkę łatwych ocen i koncentrują się na opisie faktów. Dla mnie ta warstwa książki była szczególnie interesująca.

Duża część książki poświęcona jest analizie działalności publicznej uczonego. Ta warstwa jednak pozostawia wrażenie pewnego niedosytu. Autorzy nie do końca umieją wytłumaczyć „fenomen Einsteina”, przeistoczenie się skromnego profesora fizyki teore-

tycznej w postaci niemalże kultową. Dlaczego postacią taką stał się Einstein, a nie np. Niels Bohr? Czy fenomen Einsteina był pochodną jego nietuzinkowej osobowości, czy jego niekwestionowanych, rewolucyjnych osiągnięć naukowych, czy też wynikał ze specyficznej atmosfery panującej w Europie po zakończeniu pierwszej wojny światowej? Na takie pytania próżno szukać w książce odpowiedzi.

I wreszcie warstwa fizyczna. Rozdziały traktujące o źródłach idei Einsteina i jego osiągnięciach stanowią, w moim przekonaniu, o wartości recenzowanej pozycji. Rozdział 2 traktuje o sytuacji w fizyce na przełomie XIX i XX stulecia, zaś rozdz. 4 o wczesnych pracach Einsteina poświęconych fizyce statystycznej. Pewien niedosyt pozostawiają rozdziały poświęcone szczególnej i ogólnej teorii względności. Nic nie ujmując prostocie i klarowności wyводу, wydaje się, że przeciętnemu czytelnikowi trudno będzie na podstawie opisu Autorów zrozumieć, na czym polegała rewolucyjność idei Einsteina. Szczególnie interesujący jest, w moim przekonaniu, rozdz. 12 poświęcony stosunkowi uczonego do mechaniki kwantowej. Nie przedstawia się w nim Einsteina jako stetryczalego starca, niezdolnego pojąć rewolucję kwantową dokonaną przez następne pokolenie uczonych, ale jako głębokiego myśliciela, nie usatysfakcjonowanego narzuconą przez Bohra interpretacją tej teorii. W tym miejscu brakuje moim zdaniem istotnej uwagi, że w przeciwieństwie do teorii względności, interpretacyjne podstawy mechaniki kwantowej są w dalszym ciągu przedmiotem ożywionej (i przybierającej na sile) debaty. Przypis Tłumaczkii, sugerujący, jakoby podstawy interpretacyjne mechaniki kwantowej były powszechnie przyjęte i zaakceptowane, zmienia drastycznie wymowę tego rozdziału i wydaje mi się w tym kontekście nie na miejscu.

Na zakończenie kilka uwag do wydania polskiego. Zostało ono starannie przygotowane, ale w moim przekonaniu istotnym uchybieniem jest fakt, że do spisu literatury uzupełniającej nie zostały dołączone wspomnienia Leopolda Infelda i jego, napisana wspólnie z Einsteinem, *Ewolucja fizyki*.

Reasumując, książkę polecić można osobom zainteresowanym rozwojem fizyki, w szczególności jako lekturę uzupełniającą dla uczniów szkół średnich. Fizyków, czytelników *Postępów Fizyki*, odesłałbym jednak do znacznie poważniejszej – wspomnianej już – pracy Abrahama Paisa *‘Subtle is the Lord...’* oraz do oryginalnych prac Alberta Einsteina. Szczególnie młodzi ludzie, wbrew pozorom, wiele mogą się nauczyć z prac samego Mistrza!

Jerzy Kowalski-Glikman

Instytut Fizyki Teoretycznej UW
Wrocław

Leon Lederman, Dick Teresi: **Boska cząstka.**
Jeśli Wszechświat jest odpowiedzią, jak brzmi pytanie?
z jęz. angielskiego tłumaczyła Elżbieta Kołodziej-Józefowicz
Wydawnictwo Prószyński i S-ka, Warszawa 1996, s. 562

Czytelnik, który zdecydował się wydać swoje 21.50 PLN za 562 strony dość drobnego druku, nie dozna zawodu. I to zarówno jeżeli jest, o czym marzą zapewne Autorzy, tzw. człowiekiem z ulicy, jak i specjalistą z dziedziny fizyki cząstek elementarnych (a złośliwi utrzymują, że książki popularnonaukowe pisze się właśnie dla specjalistów z branży, aby mogli stwierdzić, jak to pięknie i prosto można wszystko opowiedzieć). Człowiek z ulicy zostanie poprowadzony za rączkę od najbardziej elementarnych pojęć dotyczących struktury materii w ich rozwoju historycznym, zaczynając od atomów Demokryta, poprzez cały rozwój fizyki aż do prawie dnia dzisiejszego, i nawet dowie się, coż to jest ta boska cząstka (bozon Higgosa, oczywiście, choć nie wiem, czemu ten właśnie bozon został tak ubóstwiony, chyba że zawsze boskie jest to, co nieodkryte). Po drodze, zgodnie z najlepszymi tradycjami amerykańskiej szkoły kontaktu z odbiorcą, czytelnik zostaje w regularnych odstępach czasu (czytania) „odśmiany”, zarówno za pomocą znakomitych anegdot o fizyce i fizykach, jak i gęsto wplatanych dowcipuszków słownych, będących mniej lub bardziej udanymi odniesieniami do języka i zjawisk amerykańskiej „mass- i pop-kultury”. Ta amerykańskość wyłazi zresztą z Autorów wszelkimi możliwymi sposobami. Jest to zarówno (na szczęście lekki) przechyl w stronę uwzględniania w historii nauki przede wszystkim twórców ze Stanów i Europy Zachodniej, jak i nieustanne aluzje do amerykańskich polityków podejmujących decyzje w sprawach finansowania nauki (notabene świetne; myślę, że niejednemu z naszych kolegów walczących o fundusze w KBN-ie przydałaby się argumentacja Ledermana, w końcu laureata Nagrody Nobla, ile to procent dochodu narodowego zawdzięczają społeczeństwa rozwinięte mechanice kwantowej; zdaniem LL ok. 25%), jak i libertyński stosunek do Boga, ale zręcznie złagodzony systematycznym nazywaniem Istoty Wyższej – Boginią, co ma dodatkowo smaczek *political correctness* – doceniania pierwiastka żeńskiego. Tych amerykańskich dowcipów jest na mój gust nieco za dużo, ale służą dobrej sprawie – mają utrzymać czytelnika przy lekturze. Nawet jeżeli zapamięta głównie anegdoty, to chyba zostanie mu wrażenie, że ta cała nauka to coś zarazem ciekawego, poważnego, a jednocześnie dla ludzi.

Zawartość merytoryczna książki to właściwie historia fizyki. Jej początki opowiedziane są w wymyślonym dialogu z duchem Demokryta, nawiedzającym pomieszczenia Laboratorium Fermiego (którego Lederman był przez lata dyrektorem). Dalej historia poszukiwań ziarnistej struktury materii. Dalej wszystko: i równania Maxwella, i podstawy mechaniki kwantowej, i jej rozwój. Wtedy już wchodzimy w fizykę cząstek. Dla mnie cudowne było śledzenie historii pierwszych „prawdziwych” akceleratorów i detektorów, bo widać, że pisze o tym człowiek, który zna to z pierwszej ręki. A klimat doświadczeń nad niezachowaniem parzystości, z dzielną panią Wu (jedną z Wielkich Pominiętych w historii Nagród Nobla), sprawdzającą każdy element swoich pionierskich doświadczeń nad rozpadem spolaryzowanych jąder kobaltu 60, z rywalizującym z nią zespołem Ledermana i Garwina, którzy zaobserwowali w szalonym, w jeden weekend wykonanym doświad-

czeniu naruszenie parzystości w rozpadzie mionów, z Tsung Dao Lee podsuwającym im pomysły w czasie lunchu w chińskiej restauracji – to naprawdę wielkie przeżycie czytelnicze. Tu zresztą, jak w niewielu miejscach tej książki, w zabawny, ale i sympatyczny sposób widać, nazwijmy to, słabostki Autora. Píše Lederman: „S.C. Wu oczywiście nie była zachwycona naszymi czystymi, jednoznacznymi wynikami”. Podobną nutę znajdujemy w historii o tym, jak to Sidney Drell „zaledwie” wynalazł odpowiedni model do opisu procesu, w którym anihilacja kwark-antykwarik prowadzi do pojawienia się fotonu dającego parę mion-antymion, zaobserwowanego po raz pierwszy przez Ledermana, a mimo to zwanego już powszechnie procesem Drella-Yana. „Richard Feynman w swej książce nazwał mój dimionowy eksperyment doświadczeniem Drella-Yana – z pewnością dla żartu”, píše Lederman.

Piękna jest też historia doświadczenia, w którym Lederman, Schwartz i Steinberger odkryli istnienie dwóch rodzajów neutrin: elektronowego i mionowego. Przez całą otoczkę anegdot o osłonach z zełomowanych krążowników marynarki wojennej USA i chudym doktorancie czyszczącym od wewnątrz lufy dział okrętowych, używane jako kolimatory, przebija w tej opowieści blask wielkiej fizyki, w której jest jasno postawione pytanie: jedno czy dwa neutrina, i jednoznaczna odpowiedź: dwa. Po 27 latach za to właśnie doświadczenie autorzy dostali Nobla.

Dalej oczywiście poznajemy historię „rewolucji listopadowej”, czyli odkrycia cząstki J/psi i liczby kwantowej powabu, dalej upsilona i kwarku pięknego, i zbliżamy się już do „boskiej cząstki”. Tu wykład (trochę z konieczności) robi się coraz bardziej poetycki, gdy Lederman píše, jak to istnienie pola Higgsa (i jego przybocznej cząstki: bozonu Higgsa) ma umożliwić nam pełne zrozumienie świata. Na stu końcowych stronach dowiadujemy się o modelu standardowym, unifikacji, symetrii, supersymetrii, wielkiej unifikacji, superstrunach, inflacji, Wielkim Wybuchu i coraz bardziej przypomina to „Teorię Wszystkiego Łatwym Sposobem Wyrażoną”. Można potraktować te końcowe rozdziały jako agitkę za budowę akceleratora SSC (Superconducting SuperCollider). Autorzy pisali bowiem swą książkę, zanim jeszcze bezlitosny Kongres Stanów Zjednoczonych zamknął finansowanie tego projektu. Ale to byłoby za mało. Ta książka jest agitką, jest żarliwie i namiętnie, choć prześmiewczo opowiedzianą historią, mającą przekonać ludzi, że nie ma nic ciekawszego, niż Nauka. I że ta Nauka, choć przez duże N, jest dla zwykłych ludzi, a nie tylko dla wybranych.

Parę słów należy się tłumaczce. Nie zauważyłam żadnych niezręczności merytorycznych, o które nietrudno; w tej dziedzinie zdarza się spotkać w wielu książkach niesłychane kiksy. A idiomatyczne niejednokrotnie zwroty i wyrażenia zostały przełożone zręcznie i potoczyscie.

Warto, naprawdę warto przeczytać. Dla nauki i dla czystej przyjemności.

Helena Białkowska

Institut Problemów Jądrowych
Warszawa

K R O N I K A

PTF

Nowa Komisja

Zarząd Główny PTF czując potrzebę lepszego informowania społeczeństwa o sprawach fizyki powołał Komisję Promocji i Popularyzacji Fizyki. Przewodniczącym Komisji jest Jacek Turnau (IFJ, Kraków), a członkami: Jacek Baranowski (IFD UW), Maciej Kolwas (IF PAN), Adam Sobiczewski (IPJ) i Włodzimierz Zawadzki (IF PAN), wszyscy z Warszawy.

Oddział Rzeszowski

W dniu 29 stycznia 1997 r. odbyło się zebranie sprawozdawczo-wyborcze Oddziału. Rozpoczęło się ono od uczczenia minutą ciszy pamięci niedawno zmarłej dr Teresy Rytel, członka naszego Oddziału. Następnie, po przedstawieniu sprawozdań ustępującego Zarządu i Komisji Rewizyjnej i udzieleniu absolutorium, wybrano Zarząd na nową kadencję w składzie: przew. – Marian Kuźma, zastępcy przew. – Adam Drzymała i Krystyna Zembrowska (ds. kontaktów z nauczycielami), sekretarz – Małgorzata Klisowska, skarbnik – Grzegorz Tomaka, członkowie Zarządu – Tadeusz Jasiński, Piotr Gronkowski, Tomasz Więcek.

Ustalono, że siedziba Zarządu nadal będzie się mieścić przy Instytucie Fizyki WSP (Rejtana 16, 35-310 Rzeszów). Zobowiązano nowy Zarząd do pozyskania nowych członków, szczególnie ze środowiska Koła Naukowego Fizyków, młodych pracowników nauki oraz nauczycieli fizyki.

Oddział Rzeszowski liczy obecnie 44 członków. W ramach działalności statutowej organizowane są seminaria naukowe. Głównym kierunkiem działania na rzecz środowiska rzeszowskiego jest popularyzacja fizyki. Organizowane są wykłady, zajęcia laboratoryjne i sesje wyjazdowe dla uczniów szkół średnich, jak również pokazy dla uczniów szkół podstawowych. Członkowie Oddziału pracują w Okręgowym Komitecie Olimpiad Fizycznych, organizującym zawody I i II stopnia dla uczniów woj. tarnobrzeskiego, tarnowskiego, przemyskiego i rzeszowskiego. Tradycją stają się poetyckie wieczory im. Grzegorza Białkowskiego, organizowane przez członków naszego Oddziału.

Małgorzata Klisowska

Stanowisko Oddziału Rzeszowskiego w sprawie zmian w nauczaniu fizyki

W dniu 10 kwietnia 1997 r. odbyło się w Liceum Ogólnokształcącym w Kolbuszowej otwarte zebranie Oddziału Rzeszowskiego PTF. Organizatorem była tamtejsza nauczycielka fizyki mgr Krystyna Zembrowska, która równocześnie jest wiceprzewodniczącą Oddziału PTF.

Uczestniczący w zebraniu członkowie Oddziału (24 osoby), nauczyciele z terenu rzeszowszczyzny i młodzież licealna wysłuchali w pierwszej części zebrania wykładu dra Michela Traa (WSP Rzeszów) „Some aspects of superconductivity and superconductors”.

W części drugiej, w której brali udział członkowie Oddziału i nauczyciele, dr Małgorzata Klisowska przedsta-

wiła krótką analizę ministerialnego projektu zmian podstaw programowych nauczania fizyki w szkołach, oraz zapoznała zebranych z treścią opinii Oddziału przesłanej 7 marca do Zarządu Głównego PTF.

Dyskusja ujawniła wątpliwości i niepokój, zarówno środowiska akademickiego, jak i nauczycieli, co do sposobu przeprowadzania „reformy programowej”. Zebrani jednomyślnie zobowiązali przewodniczącego Oddziału do sformułowania wniosków z dyskusji i przekazania ich kompetentnym władzom i regionalnym środkom masowego przekazu.

Oto wnioski z dyskusji:

Celem zahamowania dalszej degradacji wiedzy fizycznej w polskim społeczeństwie postulujemy:

Po pierwsze:

1. Wyłączenie liczby godzin z fizyki w szkole podstawowej ze wspólnego bloku godzinowego z innymi przedmiotami (biologią, chemią) na wzór techniki lub ustalenie nienaruszalnego minimum godzinowego w wymiarze 2 godz. w klasach 6–8.

2. Zwiększenie liczby godzin fizyki w klasach 6–8 o określonych profilach (przyrodniczych, fizycznych, ekologicznych, biologicznych, chemicznych, matematycznych, informatycznych, politechnicznych itp.) o co najmniej 1 godz. w systemie grupowym.

3. Wprowadzenie fizyki w każdym typie szkoły średniej w wymiarze co najmniej 2 godz. w każdym roku edukacyjnym danego typu klasy, niezależnie od profilu kształcenia.

4. Zwiększenie liczby godzin fizyki w klasach I–IV o profilach przyrodniczych oraz politechnicznych (matematycznych, fizycznych, ekologicznych, biologicznych, chemicznych, informatycznych, politechnicznych) o co najmniej 2 godz. w systemie grupowym.

5. Nadanie fizyce statusu przedmiotu ogólnokształcącego przez przywrócenie matury z fizyki.

6. Uwzględnienie środków w budżecie na organizację kursów fizycznych dla uczniów szkół średnich.

Po drugie:

1. Zbudowanie podstawy programowej z fizyki z określeniem wszystkich zmiennych struktury kształcenia (m.in. wymiar godzin przewidywany na danym etapie kształcenia, wyróżnienie słów kluczowych oraz podanie wiadomości i umiejętności w formie operacyjnej).

2. Podawanie autorów projektu podstawy programowej, do których można wnosić propozycje zmian lub korekty, bądź prosić ich o wyjaśnienia.

3. Podanie do wiadomości ogółu wyników przeprowadzanej konsultacji.

Małgorzata Klisowska

Liczba członków PTF i prenumeratorów PF

Podajemy aktualny stan członkostwa PTF i prenumeraty *Postępów Fizyki* w poszczególnych oddziałach. Kolejne trzy pozycje to: liczba członków, liczba prenumeratorów i odsetek prenumeratorów.

Oddział	L. czł.	L. pren.	%
Białystok	33	5	15
Bydgoszcz	31	8	26
Częstochowa	64	18	28
Gdańsk	119	19	16
Gliwice	47	15	32
Katowice	19	14	74
Kielce	44	5	11
Kraków	202	94	47
Lublin	114	33	29
Łódź	92	11	12
Opole	40	20	50

Poznań	129	23	18
Rzeszów	44	8	18
Słupsk	49	10	20
Szczecin	60	23	38
Toruń	86	44	51
Warszawa	383	60	16
Wrocław	184	53	29
Razem	1740	463	27

Jeśli któraś z liczb nie jest już aktualna, prosimy odpowiedni oddział o szybką informację do Biura Zarządu Głównego PTF i Redakcji *PF*.

Przypominamy, że oddziały, w których liczba prenumeratorów przekracza połowę liczby członków, mają prawo (podobnie jak prenumeratorzy – studenci) do 30% zniżki.

Zwiększenie prenumeraty na bieżący rok jest jeszcze możliwe.

Wyjazdy na konferencje EPS

Zespół kierujący grupą Współdziałania Wschód-Zachód Europejskiego Towarzystwa Fizycznego (EPS East-West Task Force), którego przewodniczącym jest Jaroslav Nadrchal (Praga), może udzielać pomocy finansowej fizykom wyjeżdżającym na imprezy (konferencje, szkoły itp.) organizowane przez EPS. Członkiem tego zespołu jest powołany przez EPS Henryk Szymczak (IF PAN).

Blizsze informacje można uzyskać i wnioski o dofinansowanie należy kierować pod adresem: Professor J. Nadrchal, EPS East-West Task Force, Institute of Physics AVCR, Cukrovárnická 10, CZ-16200 Praha, fax: (420) 23123184, adr.el.: nadrchal@fzu.cz. Członkowie PTF winni składać wnioski w tych sprawach do ZG PTF za pośrednictwem oddziałów PTF.

Nominacje profesorskie

Tytuł naukowy profesora nauk fizycznych, nadany przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej, otrzymali w dniu 21 stycznia 1997 r.: Andrzej Dobek (UAM, Poznań) i Bogdan Muryn (AGH, Kraków).

Sprawy Nauki, nr 1 (1997)

Polska członkiem NuPECC

Od 1 stycznia 1997 Polska jest członkiem Europejskiej Komisji Współpracy w dziedzinie Fizyki Jądrowej (Nuclear Physics European Collaboration Committee – NuPECC). Przedstawicielem Polski w NuPECC jest prof. Jerzy Jastrzębski (Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów, UW).

NuPECC ma status Komisji Stowarzyszonej Europejskiej Fundacji Nauki. Status ten jest przyznawany na czas określony zgodnie z rekomendacją niezależnych recenzentów.

Obszerniejsze informacje o działalności NuPECC można znaleźć w Internecie: <http://www.e12.physik.tu.muenchen.de/nupecc>.

Nucl. Phys. News 7, nr 1 (1997)

B. W.

Wyróżniony za popularyzację

Polska Fundacja Upowszechniania Nauki oraz Towarzystwo Popierania i Krzewienia Nauk przyznają nagrodę i wyróżnienia im. Hugona Steinhausa za wybitne osiągnięcia w upowszechnianiu nauki przez tworzenie filmów popularnonaukowych, popularyzację nauki w prasie, radiu i telewizji w okresie ostatnich trzech lat.

W 1997 r. wyróżnienie honorowe za popularyzację nauki w prasie otrzymał fizyk-teoretyk z Instytutu Problemów Jądrowych w Warszawie, Stanisław Mrów-

czyński, zatrudniony również na stanowisku profesora w WSP w Kielcach. Jest on autorem licznych artykułów przybliżających nauki ścisłe szerokiemu społeczeństwu w prasie codziennej, tygodnikach i miesięcznikach.

B. W.

Niemieckie medale i amerykańska nagroda dla fizyków jądrowych

Najwyższymi wyróżnieniami, jakie przyznaje Niemieckie Towarzystwo Fizyczne jest Medal Maxa Plancka (ustanowiony w 1929 r.) za wybitne osiągnięcia w fizyce teoretycznej i Medal Sterna-Gerlacha za wybitne osiągnięcia w fizyce doświadczalnej.

W 1997 r. Medal Maxa Plancka otrzymał Gerald E. Brown z Uniwersytetu Stanu Nowy Jork w Stony Brook za znaczący wkład w zrozumienie struktury jądra atomowego, sił jądrowych i własności materii jądrowej w gwiazdach supernowych. Brown, po doktoracie w 1957 r. na Uniwersytecie Yale'a, pracował u Peierlsa w Birmingham w Anglii, w latach 1960–85 był profesorem w instytucie NORDITA w Kopenhadze. Zajmował się przede wszystkim badaniami oddziaływania między nukleonami, chromodynamiką kwantową i fizyką hadronów. Jest autorem książki *Unified theory of nuclear models and forces*, wydanej w 1964 r., która została przetłumaczona na język polski przez Urszulę i Zbigniewa Bochnackich (*Jednolita teoria modeli jądrowych i sił jądrowych*, PWN, Warszawa 1969). Omawia ona takie zagadnienia teoretycznej fizyki jądrowej, jak: pola samouzgodnione, model powłokowy, wzbudzenia jednocząstkowe i kolektywne, model optyczny, materia jądrowa, efektywne oddziaływania w jądrach itp. W swoich pracach Brown wcześniej zwrócił uwagę na

możliwość przechodzenia hadronów w plazmę kwarkowo-gluonową.

Medal Sterna-Gerlacha za rok 1997 otrzymał Peter Armbruster (ur. w 1931 r.) za pionierskie prace nad syntezą najcięższych jąder, co doprowadziło do rozszerzenia układu okresowego pierwiastków. Armbruster doktoryzował się w 1961 r. u Meier-Leibniza na Politechnice w Monachium i na tej uczelni, a potem w Ośrodku Badań Jądrowych (KFA) w Jülich zajmował się separatorami produktów rozszczepienia jądrowego. Od 1971 r. był kierownikiem Oddziału Chemii Jądrowej oraz Oddziału Fizyki Atomowej Instytutu Ciężkich Jonów (GSI) w Darmstadtzie. Prowadzone tam przez niego badania doprowadziły do odkrycia (wspólnie z S. Hofmannem) zjawiska emisji protonów ze stanu podstawowego jądra. Dalsza działalność to praca, wraz ze swoim zespołem, nad syntezą najcięższych jąder. Doprowadziło to do syntezy sześciu pierwiastków: 107 (1981 r.), 109 (1982 r.), 108 (1984 r.), 110 i 111 (1994 r.) i 112 (1996 r.). Metodyka tych prac, interpretacja teoretyczna ich wyników oraz dalsze perspektywy omówione zostały w *Postęпах Fizyki* w artykule P. Armbrustera, S. Hofmanna i A. Sobieczewskiego (*PF* 46, 341 (1995)). Ostatnio za prace te otrzymał Armbruster nagrodę Amerykańskiego Towarzystwa Chemicznego, wręczoną mu w kwietniu br. w San Francisco podczas zjazdu tego Towarzystwa.

W listopadzie 1996 r. Armbruster przeszedł formalnie na emeryturę, jednak badania swoje kontynuuje.

Phys. Bl. 53, nr 3 (1997)

B. W.

Nagroda króla Faisala

Międzynarodowa Nagroda Króla Faisala jest przyznawana w kolejnych latach za

wybitne osiągnięcia w matematyce, fizyce, chemii i biologii.

W 1997 r. przypadła kolej na fizykę i Nagrodę otrzymali Carl Wieman (Univ. of Colorado, Boulder, USA) i Eric Cornell (US National Inst. of Standards and Technology) za uzyskanie w lipcu 1995 kondensatu Bosego-Einsteina. Kondensacja Bosego-Einsteina może zachodzić, gdy długości fali de Broglie'a atomów w próbce stają się porównywalne z odległościami międzyatomowymi. Atomy kondensują w tym samym stanie kwantowym i zachowują się jak jedna całość, wykazując własności kwantowe w skali makroskopowej.

Nagrodę stanowi 200 000 USD i złote medale, wręczone w Rijadzie w Arabii Saudyjskiej.

Phys. World 10, nr 3 (1997)

B. W.

Gisbert zu Putlitz doktorem *h.c.* Uniwersytetu Jagiellońskiego

W dniu 16 października 1996 r. Senat Uniwersytetu Jagiellońskiego nadał tytuł doktora *honoris causa* profesorowi Gisbertowi zu Putlitzowi z Uniwersytetu w Heidelbergu.

Gisbert zu Putlitz urodził się w 1931 r. w Rostocku. Studiował na Uniwersytecie w Heidelbergu, tam też uzyskał doktorat (1962) i habilitację (1966). Był uczniem prof. Hansa Kopfermanna, jednego z pionierów niemieckiej fizyki jądrowej, którego badania kontynuował. Od 1972 r. jest profesorem swojej macierzystej uczelni.

Zakres zainteresowań naukowych zu Putlitz jest niezwykle szeroki. W latach sześćdziesiątych prowadził pomiary struktury nadsubtelnej widm atomów i jonów metodą podwójnego rezonansu radiowo-optycznego. Dzięki uzyskanym wynikom wyznaczono momenty elektromagnetyczne wielu jąder. Od początku lat siedemdzie-

siątych badał, przy użyciu laserów barwnikowych, przesunięcia izotopowe linii interkombinacyjnej izotopów wapnia, co umożliwiło określenie przebiegu zmian wartości promienia jądra tych izotopów. Precyzyjne pomiary struktury subtelnej, nadsubtelnej i przesunięcia Lamba dla jonów litu pozwoliły na wszechstronne sprawdzenie teorii układu dwuelektronowego. W tym samym okresie, we współpracy z Vernonem Hughesem, profesorem Uniwersytetu Yale'a, rozpoczął badania mionium – układu złożonego z dodatniego mionu i elektronu. Własności tego układu wynikają bezpośrednio z podstaw teorii oddziaływań elektromagnetycznych.

Profesor zu Putlitz jest powszechnie uważany za jednego z twórców fizyki mionium. Wykonane przez niego pomiary struktury nadsubtelnej stanu podstawowego, przesunięcia Lamba i struktury subtelnej stanów wzbudzonych stanowiły kamienie milowe na drodze rozwoju tej gałęzi badań. Był on też inicjatorem poszukiwań samorzutnej przemiany mionium w antymionium. Badania w tej dziedzinie prowadzono w „fabrykach mionów” w Instytucie Paula Scherrera w Szwajcarii, w Laboratorium Rutherforda w Anglii i w Los Alamos w USA.

W latach osiemdziesiątych zainicjował badania struktur w ciekłym helu metodami spektroskopowymi, technikami implantacyjnymi i innymi. Badania te dostarczyły wielu niezwykle ciekawych informacji, które mogą znaleźć praktyczne zastosowania.

We wszystkich wymienionych wyżej gałęziach badań prof. zu Putlitz stworzył własne szkoły naukowe, inicjując organizację cyklicznych sympozjów i wychowując wielu znakomitych teraz uczonych.

Niezwykle owocna była też działalność zu Putlitz'a w zakresie organizacji nauki

i edukacji. W latach 1978–83 kierował powstałym w 1969 r. ośrodkiem GSI w Darmstadzie, przyczyniając się znakomicie do osiągnięcia przez GSI statusu wielkiego międzynarodowego centrum badawczego, zatrudniającego 300 naukowców i udostępniającego swoje urządzenia niemal tysiącom badaczy ze stu innych ośrodków. W latach 1983–87 był rektorem Uniwersytetu w Heidelbergu i głównym organizatorem przypadających na jego kadencję uroczystości 600-lecia tej uczelni. Obecnie jest prezesem zarządu fundacji Daimler-Benz, spełniającej ważną rolę w zacieśnianiu związków między czystą nauką i jej zastosowaniami w przemyśle, ochronie środowiska i innych dziedzinach. Przez długie lata był redaktorem naczelnym *Zeitschrift für Physik A*, pełnił ważne funkcje we władzach Europejskiego Towarzystwa Fizycznego, Międzynarodowej Unii Fizyki Czystej i Stosowanej i innych organizacjach naukowych.

Wyrazem powszechnego uznania dla działalności prof. zu Putlitz są liczne nagrody i wyróżnienia, jakie mu przyznano. Między innymi jest doktorem *honoris causa* uniwersytetów w Bostonie, Maryland, Rio Grande do Sul, Sankt-Petersburgu, Samarkandzie i Kaliningradzie oraz laureatem nagrody Leo Baecka.

Wielkie zasługi położył prof. zu Putlitz dla rozwoju współpracy międzynarodowej, a szczególnie dla polsko-niemieckiej współpracy naukowej. Jako rektor Uniwersytetu w Heidelbergu był jednym z głównych twórców szerokiej współpracy z Uniwersytetem Jagiellońskim. Już wcześniej (od 1972 r.) blisko współpracował z polskimi fizykami, a jego pomoc w tak trudnych dla nas latach osiemdziesiątych umożliwiła wielu młodym ludziom udział w konferencjach i zapobiegła pogłębieniu grożącej nam wówczas izolacji od nauki światowej. Kontakty te są nadal bardzo inten-

sywne i objęły już drugie pokolenie naukowców. Doktorat *honoris causa* jest wyrazem szacunku i wdzięczności ze strony społeczności akademickiej dla profesora zu Putlitz, który jest nie tylko wybitnym uczonym, znakomitym organizatorem życia naukowego i instytucji akademickich, ale i wielkim i wypróbowanym przyjacielem Polski, a szczególnie Uniwersytetu Jagiellońskiego.

W czasie swego pobytu w Krakowie prof. zu Putlitz wygłosił w ramach Krakowskiego Konwersatorium Fizycznego, organizowanego przez Oddział Krakowski PTF, odczyt zatytułowany „Ions and atoms in superfluid helium”.

Krzysztof Fiałkowski
Wojciech Gawlik
Jacek Bieroń

Stypendia krajowe FNP dla najlepszych młodych

Już po raz piąty Fundacja na Rzecz Nauki Polskiej (FNP) przyznała w 1997 r. roczne stypendia młodym pracownikom nauki i doktorantom (do 30 lat) posiadającym dorobek naukowy udokumentowany publikacjami w uznanych czasopiśmiech o zasięgu międzynarodowym. Stypendia, tak jak inne subwencje FNP, przyznawane są na drodze konkursu, zgodnie z dewizą FNP: „wsparcie otrzymują tylko najlepsi, by mogli stać się jeszcze lepszymi”. W tym roku stypendium wynosi 14 400 zł, wolne od podatku i płatne w kwartalnych ratach. Wpłynęło 305 wniosków, a stypendia przyznano 108 osobom, wśród których jest 9 fizyków i 3 biofizyków.

Oto nasi najlepsi młodzi fizycy: Janusz Gluza (UŚI), Jacek Jasiński (UW), Marek Karny (UW), Piotr Koc (UJ), Marcin Mierzejewski (UŚI), Grzegorz Pawłowski (UAM), Paweł Sawicki (UJ), Arkadiusz Wójs (PWR), Beata Ziaja (UJ) i naj-

lepsi młodzi biofizycy: Paweł Grochowski (UW), Małgorzata Różanowska (UJ), Zuzanna Siwy (PŚI). Uroczyste wręczenie stypendiów odbyło się 22 marca 1997 r., już tradycyjnie w Sali Wielkiej Zamku Królewskiego w Warszawie.

Wnioski o stypendia na 1998 r. mogą składać przełożeni krajowych jednostek, w których kandydaci są pracownikami lub doktorantami (rektorzy szkół wyższych, dyrektorzy instytutów PAN i instytutów resortowych); termin nadsyłania wniosków upływa 31 października 1997 r. Pełne informacje w biurze Fundacji, Grażyny 11, 02-548 Warszawa, tel./fax 454054, 454055, 451182, adr.el.: funnapol@warman.com.pl, także w Internecie: <http://sunsite.icm.edu.pl/fnp>.

B. W.

Stypendia zagraniczne FNP dla młodych doktorów

Od 1995 r. Fundacja na Rzecz Nauki Polskiej przyznaje stypendia zagraniczne dla młodych (do 35 lat) doktorów, aby umożliwić im wyjazdy na staże (6–12 miesięcy) do najlepszych ośrodków zagranicznych. Przy ocenie wniosków brany jest pod uwagę dotychczasowy dorobek naukowy kandydata, uprawiana dyscyplina i tematyka badawcza oraz ranga zagranicznego ośrodka wybranego przez kandydata. Stypendia przyznawane są na zasadzie konkursu.

Dotychczas w czterech edycjach konkursu Fundacja przyznała 11 stypendiów, w tym 3 dla fizyków.

Laureatem pierwszej edycji konkursu na stypendium zagraniczne FNP, która odbyła się wiosną 1995, został dr Robert Owczarek (Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie). Wyjechał on na 12-miesięczny staż do National Laboratory w Los Alamos (USA),

aby prowadzić badania nad geometryczną kwantyzacją nietrwałych topologicznie wirów w supercieczkach i nadprzewodnikach. Stypendium zakończyło się w styczniu 1997 r.; obecnie dr Owczarek, korzystając z 10-miesięcznego stypendium Fundacji Fulbrighta, prowadzi badania w Rutgers University.

W trzeciej edycji konkursu stypendium otrzymał dr Borysław Czyżak (Instytut Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu), który wyjechał na roczny staż do Uniwersytetu Stanforda (USA), gdzie w Laboratorium im. E.L. Gintzona na Wydziale Fizyki Stosowanej prowadzi badania tunelowania nośników w nadprzewodnikach.

Dr Jakub Tworzydło (Zakład Teorii Ciała Stałego Instytutu Fizyki Teoretycznej UW) jest laureatem czwartej edycji konkursu i wyjechał w marcu 1997 r. na 12-miesięczny staż do Instytutu Lorentza Uniwersytetu w Lejdzie, aby prowadzić badania w zakresie teorii zachodzących w ciałach stałych zjawisk, w których oddziaływanie między elektronami ma istotne znaczenie (np. magnetyzm kwantowy, nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe).

B. W.

Seminaria interdyscyplinarne w Częstochowie

Katedra Fizyki Politechniki Częstochowskiej wspólnie z Duszpasterstwem Akademickim już czwarty rok organizuje comiesięczne Seminaria Interdyscyplinarne, skierowane nie tylko do środowiska akademickiego. Ich celem jest przedstawienie wzajemnych powiązań różnych dziedzin ludzkiego poznania: związków między naukami przyrodniczymi, filozofią, teologią i sztuką. Programowy patronat nad Seminarium sprawuje prof. Bolesław Wysłocki (kierownik Katedry Fizyki PCz) i ks. bp. dr hab. Antoni Długosz (biskup pomoc-

niczy Archidiecezji Częstochowskiej). Oddział Częstochowski PTF współuczestniczy w organizowaniu tych seminariów, których tematyka dotyczy nauk przyrodniczych. Organizatorzy, zapraszając wybitnych przedstawicieli różnych dziedzin nauki, dbają nie tylko o wysoki poziom wygłaszanych referatów, ale również o to, aby były one interesujące zarówno dla nauczycieli akademickich, jak i uczniów szkół średnich. O zainteresowaniu słuchaczy świadczą długie (niejednokrotnie) dyskusje po wykładzie. Organizatorom udało się skupić stałą grupę uczestników, sięgającą 300 osób.

Z wielu tematów Seminarium dotyczących nauk przyrodniczych do szczególnie interesujących należy zaliczyć wykład prof. Williama R. Stoegera (Vatican Observatory, Tuscon, Arizona, USA) „Mikrofalowe promieniowanie tła – wyniki badań COBE”. Prezes PTF, prof. Henryk Szymczak (doktor *honoris causa* Politechniki Częstochowskiej) omówił prowadzone w Polsce badania w dziedzinie fizyki w wykładzie zatytułowanym „Kiedy polski Nobel?”. Prof. Bogdan Skalmierski (PCz) przedstawił wykład „Tajemnica budowy skrzypiec w świetle współczesnej mechaniki”, ilustrując go grą na skonstruowanych przez siebie skrzypcach. Wykładowca PTF prof. Andrzej Hrynkiewicz (IFJ, Kraków) omówił kosmologiczne warunki powstania we Wszechświecie układów złożonych oraz warunki fizyczne umożliwiające powstanie i rozwój życia. Częstym gościem Seminarium jest ks. bp. prof. Józef Życiński. Ostatnio przedstawił wykład „Ewolucja a wiara”. Zagadnienie granic wiedzy w kontekście fizyki oraz twierdzeń limitacyjnych Gödla i Tarskiego omówił prof. Jan Woleński (Instytut Filozofii UJ). Z ogromnym zainteresowaniem zostały przyjęte dwa wykłady ks. prof. Michała Hellera (PAT, Kraków) zatytułowane „Osobliwości kosmolo-

giczne a kwantowa teoria grawitacji” i „Racjonalność Wszechświata”. W pierwszym z nich referent omówił swoje najnowsze badania prowadzone wspólnie z prof. W. Sasiem (Instytut Matematyki PW) oraz sposób przedstawiania algebry funkcji rzeczywistych przez snop algebr funkcyjnych, prowadzący do tzw. przestrzeni strukturalnych.

W krótkim omówieniu nie da się nawet wymienić wszystkich tematów przedstawianych na Seminarium Interdyscyplinarnym, nie możemy jednak pominąć wykładów prof. Jacka Kasperczyka (WSP, Częstochowa) na temat fullerenów, prof. Zygmunta Bąka (WSP, Częstochowa) poświęconego pochodzeniu pola magnetycznego Ziemi i innych ciał niebieskich, prof. Leszka Rutkowskiego (PCz) o sieciach neuronowych i komputerach, czy dra Kazimierza Dzilińskiego (Katedra Fizyki PCz), który mówił o zastosowaniu metaloporfiryn w medycynie.

Częstochowskie Seminaria Interdyscyplinarne dają możliwość podzielenia się najnowszymi osiągnięciami naukowymi z szerokim kręgiem słuchaczy nie związanych bezpośrednio z daną dziedziną nauki i w ten sposób przyczyniają się do jej popularyzacji.

A. Cudak, J.J. Wystocki

Badania neutronograficzne w Świerku

Po latach rekonstrukcji reaktora MARIA i po okresie instalacji i modernizacji neutronograficznej aparatury badawczej Środowiskowe Laboratorium Neutronografii (ŚLN) w Świerku udostępni w najbliższym czasie potencjalnym użytkownikom strumienie neutronowe o natężeniu 2–3 razy większym niż uprzednie strumienie z wyłączonego obecnie reaktora EWA.

Według wstępnych oszacowań strumienie neutronów termicznych u wylotu 6 kanałów poziomych, przy mocy reaktora 20 MW, wynoszą od 1×10^9 do 5×10^9 n cm⁻² s⁻¹.

Neutrony termiczne ze względu na brak ładunku elektrycznego są znakomitą sondą badawczą, bo będąc słabo rozpraszane przez materię, penetrują głęboko i nie naruszają jej struktury. Analiza nateżeń rozproszonych neutronów ze względu na kąt rozproszenia, zmianę ich energii kinetycznej i polaryzacji spinowej dostarcza bogatych informacji o strukturze materii i o jej poziomach energetycznych. Badania diagnostyczne materiałów i urządzeń technicznych, dzięki dużej przenikalności neutronów, pozwalają na uwidocznienie szczegółów budowy, wad wewnętrznych, pól naprężeń, analizę składu fazowego itp. elementów konstrukcyjnych.

Instrumentarium ŚLN stanowią obecnie następujące urządzenia badawcze:

- dyfraktometr dwukrystaliczny (badanie struktur krystalicznych i magnetycznych),
- spektrometr rozpraszania niskokątowego (badania wymiarów domen magnetycznych, klastrów i innych mikroobiektów powodujących refrakcję neutronów),
- dwa krystaliczne spektrometry trójosiowe (badanie dynamiki sieci krystalicznej (fonony) i magnetycznej (magnony)),
- trójosiowy spektrometr neutronów spolaryzowanych (badanie struktur materiałów magnetycznych).

Strumienie neutronowe i aparaturę na cele badawcze i edukacyjne Instytut Energii Atomowej udostępni użytkownikom nieodpłatnie.

Środowiskowe Laboratorium Neutronografii przy reaktorze jądrowym MARIA zaprasza naukowców, zainteresowanych badaniem struktury i dynamiki materii i materiałów za pomocą rozpraszania neutronów, do prowadzenia badań w Instytucie

Energii Atomowej w Świerku. Obecnie organizowana jest Rada Programowa ŚLN. Zapraszamy do zgłaszania projektów badawczych, które będą kwalifikowane przez Radę do realizacji przy użyciu wymienionych wyżej instrumentów. Zdając sobie sprawę z niepełnego na razie charakteru przedstawionej informacji, prosimy na tym etapie o wstępne określenie przewidywanych kierunków badawczych, zapotrzebowania na urządzenia pomocnicze i ewentualnych ofert własnego udziału w dalszym wyposażaniu ŚLN. Prosimy o podawanie pełnych danych kontaktowych (tel., fax, e-mail). Dalsze i obszerniejsze informacje można uzyskać w IEA w Świerku, tel. (22) 7798805, fax (22) 7793888 i 7799700, adr.el.e08cza@cx1.cyf.gov.pl.

Andrzej Czachor

Będzie centrum głębokiej terapii hadronowej we Włoszech

W Mediolanie powstaje Centrum Onkologicznej Terapii Hadronowej. Prace koncepcyjne zaczęły się już w 1990 r., finansowane dotychczas przez niedochodową fundację TERA i prywatnych sponsorów. Niedawno Wydział Medycyny w Mediolanie ofiarował teren pod budowę Centrum. Włoski Narodowy Instytut Fizyki Jądrowej włączył to przedsięwzięcie w swój obszerny program terapii hadronowej. Głównym animatorem jest Ugo Amaldi, który był kierownikiem współpracy DELPHI w CERN-ie, a od 1993 r. postanowił skoncentrować swoje wysiłki na zastosowaniach medycznych fizyki.

Podstawowym urządzeniem będzie synchrotron o średnicy 22 m, który ma przyspieszać protony do energii 250 MeV i jony węgla do energii 4500 MeV. Synchrotron jest w stadium projektowania w CERN-ie przy współpracy specjalistów

z GSI i z austriackiego AUSTRON-u. Organizatorzy liczą, że finansowanie budowy przejmie rząd włoski, władze lokalne i prywatne fundacje. Prace konstrukcyjne powinny zacząć się w 1998 r. Przewiduje się, że Centrum będzie mogło obsługiwać 1000 pacjentów rocznie.

Obecnie na świecie istnieją tylko dwa ośrodki terapii hadronowej głębokich nowotworów: w Kalifornii i w Japonii. W Europie w kilku laboratoriach fizycznych (Szwajcaria, Szwecja, Niemcy, Francja) przeprowadza się terapię nowotworów płytkich (głównie oczu) za pomocą niskoenergetycznych protonów. Niedługo w GSI (Darmstadt) rozpocznie działanie bardzo szeroko zaprojektowany ośrodek terapii nowotworów za pomocą ciężkich jonów (patrz Kron. 4/96).

Phys. World 10, nr 4 (1997)

B. W.

Hel a trzęsienia ziemi

W Zachodnim Bengalu, w Indiach, 40 km od starego uniwersyteckiego miasta Shantinekatan, znajdują się źródła gorącej wody o temperaturze 72°C, nazywane „zbiornikiem ognia”. Są wykorzystywane nie tylko do celów leczniczych, lecz również jako bogate źródło naturalnych gazów, zawierających ok. 2% helu.

Na koszt CERN-u zainstalowano tam wytwórnę ciekłego helu, który będzie m.in. używany w centrum cyklotronowym w Kalkucie do będącego w stadium konstrukcji cyklotronu nadprzewodnikowego.

Ilość helu w wydobywających się gazach jest zmienna i w zadziwiający sposób wydaje się odzwierciedlać odległe trzęsienia ziemi. Na przykład, przed olbrzymim trzęsieniem w 1995 r. w Osace i Kobe zawartość helu spadła gwałtownie i po zakończeniu działalności tektonicznej wzro-

śla do poziomu dwukrotnie wyższego niż normalny.

CERN Courier 37, nr 2 (1997)

B. W.

Nikomiu niepotrzebne lekcje fizyki

We Wrocławiu odbywają się co roku Dolnośląskie Targi Edukacyjne (TARED), na których przedstawiają swoje oferty i pomysły placówki edukacyjne (szkoły różnego stopnia i różnej specjalności), producenci pomocy dydaktycznych i zabawek edukacyjnych, przedstawiciele wydawnictw naukowych i popularnonaukowych, organizatorzy kursów językowych.

Gazeta Szkolna, pismo Kuratorium Oświaty we Wrocławiu, w sprawozdaniu z tegorocznych Targów pisze m.in.: „Prawie wszyscy młodzi uczestnicy TARED-u mogliby się zgodzić z wypowiedzią Wojciecha Grzelaka reprezentującego Studium Edukacji Ekologicznej, który stwierdził: »Nareszcie dyrektorzy szkół wpadli na genialny pomysł i przyprowadzili tutaj swoich wychowanków, zamiast zanudzać ich na nikomu niepotrzebnych lekcjach fizyki!«”.

Jeśli przedstawiciel Studium Edukacji Ekologicznej uważa, że fizyka jest mu niepotrzebna i jeśli zdaniem Kuratorium lekcje fizyki są dla większości uczniów nudne, to chyba ostatni dzwonek, żebyśmy się serio zajęli sprawami edukacji.

Gazeta Szkolna, nr 127 (1997)

B. W.

Ilu nowych profesorów, ilu doktorów habilitowanych?

Centralna Komisja ds. Tytułu Naukowego i Stopni Naukowych w ostatniej kadencji (1993–96) zatwierdziła w dziedzinie nauk fizycznych 75 wniosków profesorskich i 136 habilitacji. Z wnioskami występowały Rady Wydziałów wyższych uczelni

oraz Rady Naukowe upoważnionych instytutów.

Najwięcej profesorskich wniosków zgłosił ośrodek krakowski, w którym Rada Wydziału Matematyki i Fizyki UJ, Rada Wydziału Fizyki i Techniki Jądrowej AGH i Rada Naukowa IFJ wysunęły 27 wniosków. Na drugim miejscu jest ośrodek warszawski, w którym Rada Wydziału Fizyki UW, Rada Naukowa IF PAN, Rada Naukowa IPJ, Rada Naukowa IF PW oraz Rada Naukowa Centrum Badań Kosmicznych PAN wysunęły 19 wniosków. Ośrodki: lubelski i wrocławski wysunęły po 8 wniosków do tytułu profesora. Ośrodki: poznański, katowicki i toruński wysunęły odpowiednio 6, 4 i 3 wnioski. Trzecie miejsce w tym rankingu ma ośrodek lubelski, bo wnioski pochodzą z jednej rady UMCS, zaś we Wrocławiu wnioskowały 4 rady. W Poznaniu wnioski składały dwie rady: Rada Wydziału Fizyki UAM i Rada Naukowa IFM PAN. W Katowicach i w Toruniu wnioski pochodziły tylko z uniwersytetów.

W minionej kadencji Centralna Komisja zatwierdziła 136 habilitacji z fizyki. Zdecydowane pierwszeństwo ma tu Warszawa (45 wniosków), następne ośrodki to Wrocław i Kraków (po 24 wnioski). Drugie miejsce Wrocławia wynika stąd, że na Uniwersytecie Wrocławskim nadano 14 stopni doktora habilitowanego i jest to druga lokata wśród instytucji w ogóle. Czwarte miejsce ma Toruń, który zgłosił 18 wniosków, następne są: Poznań (17 wniosków) i Uniwersytet Śląski (8 wniosków).

Na koniec rozkład wniosków profesorskich i habilitacyjnych według poszczególnych pionów nauki polskiej. Spośród 75 wniosków profesorskich 56 (74.7%) pochodzi z wyższych uczelni, 12 (16.0%) z Polskiej Akademii Nauk i 7 (9.3%) z Państwowej Agencji Atomistyki. Podobny udział pionów jest w habilitacjach: wyższe uczelnie 98 wniosków (72.1%), Polska Akade-

mia Nauk 23 (16.9%) i Państwowa Agencja Atomistyki 15 (11.0%). Biorąc pod uwagę, że PAN w całym potencjale polskiej fizyki stanowi 7%, a PAA około 3%, można powiedzieć, że aktywność w promowaniu kandydatów do tytułu profesora i stopnia doktora habilitowanego w instytutach resortowych jest dobra.

Jan Stankowski

Pytajmy kandydatów na posłów

W *Gazecie Wyborczej* z 23 kwietnia 1997 r. ukazał się list otwarty Grupy Kontaktowej 3 Struktur Nauki „Kawęczyn 1996” podpisany przez 19 naukowców z różnych ośrodków i nawołujący, aby w związku ze zbliżającymi się wyborami do Sejmu żądać od kandydatów na posłów i senatorów wyraźnego określenia swego stanowiska w następujących sprawach:

- Jaki procent produktu krajowego brutto chcą przeznaczyć (jeśli zostaną wybrani) na budżet KBN?
- Czy zobowiążą się podjąć bez zwłoki pracę parlamentarną nad unowocześnieniem ustawodawstwa dotyczącego spraw nauki i techniki?
- Jakie inne działania zamierzają podjąć, by zmienić obecną katastrofalną sytuację nauki i techniki?

B. W.

Jerzy Nomarski (1921 – 1997)

Dnia 17 lutego 1997 zmarł w Paryżu Jerzy (Georges) Nomarski, fizyk, wybitny specjalista w dziedzinie optyki.

Jeszcze przed wojną rozpoczął studia w Warszawie. W czasie wojny był żołnierzem Armii Krajowej, walczył w Powstaniu Warszawskim, po upadku którego został wywieziony do obozu koncentracyjnego. Po

wojnie studiował fizykę w Université Catholique de Louvain (Belgia) i na Uniwersytecie w Paryżu. W latach 1950–80 pracował w Institut d'Optique w Paryżu (obecnie Orsay). Był kierownikiem badań (Directeur de Recherches) w CNRS, kierownikiem Wydziału Mikroskopii i profesorem w Ecole Supérieure d'Optique. W końcu lat 80. przeszedł na emeryturę. W ostatnich latach walczył z ciężką chorobą serca.

Nomarski był autorem lub współautorem bardzo wielu prac, referatów konferencyjnych i patentów, przede wszystkim w dziedzinie mikroskopii. Był wynalazcą metody różniczkowego kontrastu interferencyjnego, znanego pod nazwą „Nomarski DIC system” (Differential Interference

Contrast). Jego osiągnięcia były wysoko cennione wśród optyków. Był członkiem honorowym brytyjskiego Royal Microscopical Society, laureatem Medalu Abbégo ustanowionego przez Towarzystwo Mikroskopii Stanu Illinois. W 1995 r. Międzynarodowe Towarzystwo Inżynierii Optycznej (SPIE) przyznało mu swoje najwyższe wyróżnienie – Złoty Medal.

Chociaż większość swego życia Nomarski spędził poza krajem rodzinnym, doskonale władał językiem polskim, utrzymywał bliskie kontakty z polskimi fizykami i inżynierami-optykami, odwiedzał Polskę, bywał częstym gościem w Instytucie Optyki Stosowanej w Warszawie.

Maksymilian Płuta

KALENDARZ IMPREZ

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

1997

15 – 18 lipca 1997, Poznań

Int. Symp. on Scanning Probe Spectroscopy and Related Methods – SPS '97

Inst. Fizyki PP i Uniw. w Hamburgu, patronat PTF; dr Ryszard Czajka, IF PP, Piotrowo 3, 60-965 Poznań, tel.: (61) 782749 lub 782326, fax: (61) 782324, adr.el.: sps97@poznlv.put.poznan.pl.

Z: 1.12.96, A: 1.12.96, P, O: 220 USD, ang.

3 – 8 sierpnia 1997, Warszawa

XVIII Int. Conf. on Photochemistry

Inst. Chemii Fizycznej PAN; dr J. Waluk, IChF PAN, Kasprzaka 44, 01-224 Warszawa, tel.: (22) 6327269, fax: (22) 6325274, adr.el.: icp@alfa.ichf.edu.pl.

ang.

6 – 12 września 1997, Szklarska Poręba

2nd Int. Conf. on Cryocrystals and Quantum Crystals

Inst. Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN, Inst. Chemii Fizycznej i Teoretycznej PWR; dr A. Jeżowski, INTiBS PAN, skr. poczt. 937, 50-950 Wrocław 2, tel.: (71) 35021 lub 443206, fax: (71) 441029, adr.el.: an_je@highscreen.int.pan.wroc.pl.

U: 120.

15 – 18 września 1997, Katowice

XXXIV Zjazd Fizyków Polskich

Oddział Katowicki PTF, Inst. Fizyki UŚI, Inst. Fizyki i Chemii Metali UŚI, Inst. Fizyki PŚI, Zakł. Fizyki Ciała Stałego PAN w Zabrze; prof. Jerzy Warczewski, IF UŚI, Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice, tel./fax: (32) 588431, adr.el.: zfp@us.edu.pl.

Z: 31.5.97, O: 130 zł, dla członków PTF 100 zł, nauczyciele szkół podstawowych i średnich, studenci, uczniowie 50 zł (opłata obejmuje wyżywienie).

15 – 18 września 1997, Warszawa

2nd Int. Colloquium on Micro-tribology

Politechnika Warszawska; prof. Z. Rymuza, Inst. Konstrukcji Przyrządów Precyzyjnych i Optycznych PW, Chodkiewicza 8, pok. 623, 02-525 Warszawa, fax: 490392, adr.el.: kup_ryz@mp.pw.edu.pl.

ang.

19 – 23 września 1997, Polanica-Zdrój

2nd Int. Conf. on Progress in Inorganic and Organometallic Chemistry

Inst. Chemii Nieorganicznej i Metalurgii Pierwiastków Rzadkich PWR; dr hab. P. Drożdżewski, IChNiMPR PWR, Smoluchowskiego 23, 50-372 Wrocław, tel. i fax: (71) 224330, adr.el.: pioc@ichn.ch.pwr.wroc.pl.

O: 500 USD, ang.

21 – 24 września 1997, Warszawa

11th European Conf. on Solid-State Transducers (Euroensors XI)

Politechnika Warszawaska; prof. Zbigniew Bróska, Wydział Chemii PW, Noakowskiego 3, 00-665 Warszawa, adr.el.: eurosens@ch.pw.edu.pl.
ang.

24 – 27 września 1997, Wrocław

10th Max Born Symp. on Quantum Future

Inst. Fizyki Teoretycznej UWr; prof. A. Jadczyk, IFT UWr, pl. Maxa Borna 9, 50-142 Wrocław, adr.el.: ajad@ift.uni.wroc.pl.
ang.

21 – 24 października 1997, Warszawa

Int. Conf. on Photoconversion: Science and Technologies

Sekcja Polska SPIE i Inst. Optyki Stosowanej; mgr Mariusz Szyjer, IOS, Kamionkowska 18, 03-805 Warszawa, tel.: (22) 184497, fax: (22) 133265, adr.el.: iosto@atos.warman.com.pl.
P, ang.

1998

25 – 29 maja 1998, Kazimierz Dolny

Int. Conf. on Colorimetry

Sekcja Polska SPIE i Inst. Optyki Stosowanej; IOS, fax: (22) 133265, adr.el.: iosto@atos.warman.com.pl.

14 – 20 czerwca 1998, Jaszowiec

4th Int. School and Symp. on Synchrotron Radiation in Natural Science

Polskie Towarzystwo Promieniowania Synchrotronowego; dr hab. K. Ławniczak-Jabłońska, Inst. Fizyki PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: (22) 437001 w. 3384, fax: (22) 430926, adr.el.: synchro@ifpan.edu.pl, WWW: http://info.ifpan.edu.pl/pelkay/issrns_98.html.
P, U: 130, O: 300 USD, ang.

23 – 27 lipca 1998, Toruń

The Jabłoński Centennial Conference on Luminescence and Photophysics

Inst. Fizyki UMK; prof. J.S. Kwiatkowski, IF UMK, Grudziądzka 5, 87-100 Toruń, tel. (56) 21065, fax: (56) 25397, adr.el.: lum98@phys.uni.torun.pl.
Z: 31.3.98, A: 15.4.98, P, ang.

NOWE KSIĄŻKI

- Anna Madany, *Fizyka atmosfery, wybrane zagadnienia*, Oficyna Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1996, s. 186, cena 7.50 zł.
- H. Podbielska, *Metody optyczne w fizyce środowiska*, Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1996, s. 122, cena 8.00 zł.
- J. Misiewicz, *Podstawy optyki ciała stałego*, Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1996, s. 144, cena 8.00 zł.
- Rajmund Trykozko, Wojciech Jabłoński, *Zbiór pytań i zadań z fizyki z rozwiązaniami. Dla kandydatów na studia techniczne*, Oficyna Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1996, s. 276, cena 12.00 zł.
- Stanisław Szuba, *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*, wyd. VIII, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 1997, s. 222, cena 15.00 zł.
- John G. Taylor, *Kiedy zaczął się świat*, z jęz. angielskiego tłum. Marek Przygocki; Wyd. Amber, Warszawa 1997, s. 184, cena 19.80 zł.
- Albert Einstein, *Teoria względności i inne eseje*, z przedmową A.K. Wróblewskiego, tłum. z jęz. angielskiego Piotr Amsterdamski; Prószyński i S-ka, Warszawa 1997, s. 88, cena 14.50 zł.

Informacje dla autorów

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

- 1) Artykuły powinny mieć charakter przeglądowy i być przystępne dla ogółu fizyków. Bardziej szczegółowe wskazówki co do ich charakteru przedstawione są w *Postęпах Fizyki* **24**, 701 (1973); **33**, 299 (1982). O przyjęciu pracy do druku decyduje Komitet Redakcyjny.
- 2) Maszynopisy pracy (**oryginał i jedną pełną – z rysunkami, tabelami itd. – kopię**) należy nadsyłać pod adresem: Redakcja *Postępów Fizyki*, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa. W liście towarzyszącym prosimy podać dokładny adres (również komputerowy) do dalszej korespondencji.
- 3) Maszynopis winien być napisany **na arkuszach formatu A4 jednostronnie, z podwójną interlinią** (nie więcej niż 30 wierszy na stronie) i marginesem 3.5 cm z lewej strony.
- 4) Rysunki należy wykonać starannie na oddzielnych arkuszach w rozmiarze 2 do 4 razy większym niż mają być w druku. Napisy, ograniczone do minimum, winny być czytelne i tylko w języku polskim. Na odwrocie rysunku należy podać jego numer, nazwisko autora i pierwsze wyrazy tytułu pracy. Podpisy do rysunków, tabele (z ich tytułami) i spis literatury winny być napisane na oddzielnych stronach.
- 5) Układ strony tytułowej (tytuł polski, angielski, streszczenie angielskie, ...), tekstu, odnośników literaturowych itd. powinien odpowiadać formie przyjętej w *Postęпах Fizyki* (patrz artykuły np. w tym numerze).
- 6) *Postępy Fizyki* są składane komputerowo. Aby skrócić cykl wydawniczy prosimy autorów przygotowujących swe artykuły na komputerach o nadsyłanie, **wraz z maszynopisami**, tekstów artykułów pocztą elektroniczną (nasz adres: postepy@fuw.edu.pl) lub na dyskietkach, najlepiej w TeX-u, w formacie MeX. Redakcja gwarantuje zwrot dyskietek natychmiast po skopiowaniu zapisów.
- 7) Autora obowiązuje wykonanie korekty autorskiej.
- 8) Autor otrzymuje bezpłatnie 25 egz. odbitek pracy.
- 9) Maszynopisów prac nie zamówionych i nie zakwalifikowanych do druku Redakcja nie zwraca.

WARUNKI PRENUMERATY

Cena prenumeraty krajowej w 1997 r. wynosi 10 zł 80 gr za pół roku, 21 zł 60 gr za rok.

PRENUMERATA ZA POŚREDNICTWEM „RUCH” S.A.

- 1) Wpłaty na prenumeratę przyjmują jednostki kolportażowe „RUCH” S.A. właściwe dla miejsca zamieszkania lub siedziby prenumeratora. Dostawa egzemplarzy następuje w uzgodniony sposób.
- 2) Cena prenumeraty ze zleceniem dostawy za granicę jest o 100% wyższa od krajowej. Wpłaty przyjmuje „RUCH” S.A. Oddział Krajowej Dystrybucji Prasy na konto w PBK SA XIII O/Warszawa nr 11101053-16551-2700-1-67 lub w kasach Oddziału. Dostawa odbywa się pocztą zwykłą, z wyjątkiem zlecenia dostawy pocztą lotniczą, której koszt w pełni pokrywa zamawiający.
- 3) Terminy przyjmowania wpłat od osób zamieszkałych w kraju: do 5 grudnia – na I półrocze roku następnego, do 5 czerwca – na II półrocze roku bieżącego (prenumerata krajowa) oraz do 20 listopada – na I półrocze roku następnego, do 20 maja – na II półrocze roku bieżącego (prenumerata zagraniczna).
- 4) Zlecenia na prenumeratę dewizową, przyjmowane od osób zamieszkałych za granicą, realizowane są od dowolnego numeru w danym roku kalendarzowym.

PRENUMERATA ZA POŚREDNICTWEM ZG PTF

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

PRENUMERATA ZA POŚREDNICTWEM ODDZIAŁÓW PTF

Prenumeratę można zamówić również w oddziale PTF. Członkowie PTF, którzy optacają prenumeratę w oddziałach PTF na cały rok, otrzymują 20% zniżki. W przypadku, gdy oddział zamawia liczbę egzemplarzy przekraczającą 50% liczby członków, zniżka wynosi 30%. Taka sama zniżka (30%) przysługuje studentom, niezależnie od odsetka prenumeratorów w danym oddziale. Dostawa *Postępów Fizyki* odbywa się za pośrednictwem oddziału PTF.

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. Towarowa 28, 00-958 Warszawa, Poland.

SPIS TREŚCI

R.T. Collins, P.M. Fauchet, M.A. Tischler – Krzem porowaty: od luminescencji do diody świecącej	207
RÓŻNE	
J.M. Massalski – O układzie SI i symbolach	227
H. Białkowska – Dostęp kobiet do nauk ścisłych	235
J.M. Pimbley – Fizycy w finansach	243
WSPOMNIENIA – ROCZNICE	
M. Suffczyński – Roman Smoluchowski (1910 – 1996)	257
U. Woźnicka – Stulecie utworzenia Katedry Geofizyki na Uniwersytecie Jagiellońskim	265
ROZMOWY	
Praca musi fascynować – Rozmowa z Georgiem Bednorzem	271
NOWOŚCI NAUKOWE	
J.A. Zakrzewski – Czyżby nowa fizyka poza modelem standardowym?	275
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI	281
RECENZJE	289
KRONIKA	293

CONTENTS

R.T. Collins, P.M. Fauchet, M.A. Tischler – Porous silicon: from luminescence to LEDs	207
MISCELLANEA	
J.M. Massalski – On the SI system and symbols	227
H. Białkowska – Women in science	235
J.M. Pimbley – Physicists in finance	243
RECOLLECTIONS – ANNIVERSARIES	
M. Suffczyński – Roman Smoluchowski (1910 – 1996)	257
U. Woźnicka – Centenary of foundation of the Chair of Geophysics at the Jagellonian University	265
DEBATES	
Work should be fascinating – An interview with Georg Bednorz	271
SCIENTIFIC NEWS	
J.A. Zakrzewski – New physics beyond the Standard Model?	275
MEETINGS AND CONFERENCES	281
REVIEWS	289
CHRONICLE	293