

PTF

# POSTĘPY FIZYKI

TOM 45  
ZESZYT 2  
1994

DWUMIESIĘCZNIK  
POŚWIĘCONY  
UPOWSZECHNIANIU  
WIEDZY  
FIZYCZNEJ

---

# POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

## ZARZĄD GŁÓWNY

Prezes:	Prof. dr HENRYK SZYMCZAK
Wiceprezisi:	Prof. dr STANISŁAW K. HOFFMANN Prof. dr JERZY NIEWODNICZAŃSKI
Sekretarz Generalny:	Prof. dr IRENEUSZ STRZAŁKOWSKI
Skarbnik:	Dr LUCJAN ZEMŁO
Członkowie Zarządu:	Prof. dr EWA DOBIERZEWSKA-MOZRZYMAS Dr ZOFIA GOŁĄB-MEYER Prof. dr STEFAN POKORSKI Dr EDMUND ŚNIADEK Doc. dr ANDRZEJ WIĘCKOWSKI Mgr MARIA ZABOROWSKA-KUŚMIEREK

## Redaktorzy naczelni czasopism PTF

Prof. dr ADAM SOBICZEWSKI – <i>Postępy Fizyki</i>
Prof. dr JERZY PROCHOROW – <i>Acta Physica Polonica A</i>
Prof. dr WIESŁAW CZYŻ – <i>Acta Physica Polonica B</i>
Prof. dr JAN KALINOWSKI – <i>Delta</i>
Prof. dr ANDRZEJ JAMIOŁKOWSKI – <i>Reports on Mathematical Physics</i>

## Przewodniczący Oddziałów Towarzystwa

Prof. dr MICHAŁ ŚWIĘCKI (Białystok)	Doc. dr BAZYLI BOŃCZAK (Łódź)
Dr ALEKSANDRA WRONKOWSKA (Bydgoszcz)	Prof. dr TADEUSZ GÓRECKI (Opole)
Dr hab. ZYGMUNT BĄK (Częstochowa)	Prof. dr STANISŁAW K. HOFFMANN (Poznań)
Prof. dr CZESŁAW SZMYTKOWSKI (Gdańsk)	Prof. dr RYSZARD KĘPA (Rzeszów)
Dr TOMASZ GOSLAR (Gliwice)	Dr HENRYK WREMBEL (Słupsk)
Prof. dr WIESŁAWA ZAREK (Katowice)	Prof. dr TADEUSZ REWAJ (Szczecin)
Dr MAREK PAJEK (Kielce)	Prof. dr ANDRZEJ BIELSKI (Toruń)
Prof. dr ANDRZEJ SZYTUŁA (Kraków)	Prof. dr IRENEUSZ STRZAŁKOWSKI (Warszawa)
Prof. dr STANISŁAW HAŁAS (Lublin)	Prof. dr ZYGMUNT GALASIEWICZ (Wrocław)

## ADRES ZARZĄDU

00-681 Warszawa, ul. Hoża 69

tel./fax 621 26 68

adres elektroniczny: ptf@fuw.edu.pl

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

# POSTĘPY FIZYKI

DWUMIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY UPOWSZECHNIANIU  
WIEDZY FIZYCZNEJ

TOM 45, ZESZYT 2  
1994

Zeszyt dofinansowany  
przez Komitet Badań Naukowych

Wydano pod patronatem  
Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego  
Warszawa 1994

## RADA REDAKCYJNA

Iwo Białynicki-Birula, Jerzy Czerwonko, Marek Demiański,  
Adam Kujawski, Tadeusz Skaliński, Maciej Suffczyński, Józef Szudy

## KOMITET REDAKCYJNY

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

Adres Redakcji: ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa  
adres elektroniczny: [postepy@fuw.edu.pl](mailto:postepy@fuw.edu.pl)

## Korespondenci Oddziałów PTF:

Mgr Piotr Malinowski (Białystok)  
Dr Jerzy J. Wysłocki (Częstochowa)  
Dr Stanisław Zachara (Gdańsk)  
Doc. dr Eugeniusz Soczkiewicz (Gliwice)  
Dr Janusz Frąckowiak (Katowice)  
Dr Małgorzata Suchańska (Kielce)  
Dr Anna Kapuścik (Kraków)  
Mgr Tomasz Durakiewicz (Lublin)  
Prof. dr Leszek Wojtczak (Łódź)  
Dr Bożena Pędzisz (Opole)  
Prof. dr Andrzej Graja (Poznań)  
Mgr Danuta Ficek (Słupsk)  
Dr Ewa Weinert-Rączka (Szczecin)  
Dr Józefina Turło (Toruń)  
Dr Ewa Jędryka (Warszawa)  
Dr hab. Bernard Jancewicz (Wrocław)

**Andrzej Hrynkiewicz**

*Instytut Fizyki Jądrowej  
im. H. Niewodniczańskiego  
Kraków*

**Adam Sobiczewski**

*Instytut Problemów Jądrowych  
im. A. Sołtana  
Warszawa*

## Odkrycia najcięższych pierwiastków

### Discoveries of heaviest elements

*Abstract:* Discoveries of heaviest elements (from neptunium to meitnerium) are shortly described. Special attention is given to transfermium elements and to specific problems connected with their synthesis, detection and identification.

#### 1. Krótka historia pierwiastków chemicznych

Idea atomowej struktury materii narodziła się w starożytnej Grecji. Za jej ojca uważa się Leukipposa, którego uczeń Demokryt wprowadził pojęcie atomów – niepodzielnych składników materii. Przemozny wpływ filozofii Arystotelesa na długo usunął w cień hipotezę atomową. Dopiero Robert Boyle w 1661 r. określił pierwiastki chemiczne jako pierwotne i proste ciała, które nie są złożone z innych ciał ani też jedne z drugich. W końcu XVIII w. Antoine Laurent Lavoisier zdefiniował pierwiastek chemiczny jako coś co nie może być rozłożone metodami chemicznymi na prostsze substancje. Wymienił ponad trzydzieści pierwiastków, z których kilka okazało się później szczególnie trwałymi związkami chemicznymi. W 1808 r. John Dalton wprowadził pojęcie ciężaru atomowego jako wielkości charakteryzującej pierwiastek chemiczny. Wielkim krokiem naprzód w wiedzy o

pierwiastkach było skonstruowanie w 1869 r. układu periodycznego przez Dmitrija Mendelejewa, w którym rozmieścił on ok. 65 znanych mu pierwiastków chemicznych i przewidział istnienie kilku innych, np. eka-aluminium (galu) i eka-krzemu (germanu). Odkrycia izotopów przez J.J. Thomsona i F.W. Astona (1913 r.) oraz charakterystycznego promieniowania X przez H.G.J. Moseleya (1913 r.) spowodowały, że liczba atomowa (ładunek atomowy)  $Z$  zastąpiła ciężar atomowy jako wielkość charakteryzującą pierwiastek. Stopniowo zapełniane były luki w tablicy Mendelejewa, która objęła 92 pierwiastki chemiczne od wodoru do uranu. Dwa z nich, nie występujące na Ziemi, technet Tc ( $Z = 43$ ) i promet Pm ( $Z = 61$ ), zostały otrzymane w procesach oddziaływania jądrowego (reakcjach jądrowych). Na przykład długożyciowe izotopy  $^{97}\text{Tc}$  ( $2.6 \times 10^6$  lat) i  $^{98}\text{Tc}$  ( $4.2 \times 10^6$  lat) powstają w reakcjach (p,n) i (d,n) z odpowiednich izotopów molibdenu. Izotop  $^{145}\text{Pm}$  (17.7 lat) powstaje w wyniku wychwytu neutronu przez jądro  $^{144}\text{Sm}$  a następnie rozpadu  $\beta$  wytworzonego jądra  $^{145}\text{Sm}$  (340 dni). W ten sposób reakcje jądrowe stały się nie tylko źródłem promieniotwórczych izotopów znanych pierwiastków chemicznych ale pozwoliły wytworzyć nowe pierwiastki.

## 2. Odkrycia pierwiastków od neptunu do fermu

Syntezy pierwiastków od neptunu do fermu (patrz np. [1,2]) dokonano w dwóch rodzajach reakcji jądrowych: wywołanych przez naświetlanie cząstkami naładowanymi oraz przez naświetlanie neutronami.

### 2.1. Synteza w reakcjach z cząstkami naładowanymi

Synteza pierwiastków transuranowych za pomocą cząstek naładowanych wymagała cząstek przyspieszonych w akceleratorach. Do pokonania bariery kulombowskiej jąder tych pierwiastków wymagana jest bowiem energia ok. 5-6 MeV na jeden nukleon padającej cząstki (w układzie laboratoryjnym). Na przykład cząstka  $\alpha$  do pokonania tej bariery powinna mieć energię co najmniej dwudziestukilku MeV, podczas gdy cząstki  $\alpha$  pochodzące ze źródeł naturalnych (np. radu) mają energię zaledwie kilku MeV.

Dla przykładu, kiur otrzymano w reakcji



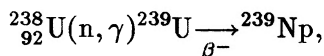
tnz. bombardując pluton-239 (o czasie życia 24.1 tys. lat) cząstkami  $\alpha$  (o energii 32 MeV). Powstałe wtedy jądro złożone  $^{243}\text{Cm}$ , po emisji jednego neutronu dawało jądro  $^{242}\text{Cm}$ , które doznaje rozpadu  $\alpha$  z czasem życia 162.9 dni. Reakcja

przeprowadzona była latem 1944 r. w Radiation Laboratory w Berkeley w Kalifornii przy użyciu zbudowanego tam w 1933 r. przez E.O. Lawrence'a (którego imię nosi dzisiaj to Laboratorium) cyklotronu, a materiał z produktami reakcji przesłany został do Metallurgical Laboratory w Chicago, dla chemicznego wydzielenia i identyfikacji tego nowego pierwiastka. Sprawą podstawową dla określenia liczby masowej ( $A = 242$ ) otrzymanego izotopu nowego pierwiastka było stwierdzenie obecności w badanym materiale znanego już nuklidu  $^{238}\text{Pu}$ , który jest produktem rozpadu  $\alpha$  nowo otrzymanego izotopu kiuru.

Oprócz kiuru, w reakcjach z cząstkami  $\alpha$  na wiązce z cyklotronu w Berkeley, dokonano syntezy berkelu ( $Z = 97$ ), kalifornu ( $Z = 98$ ) i mendelewu ( $Z = 101$ ).

## 2.2. Synteza przez naświetlanie neutronami

Pierwszy pierwiastek zsyntetyzowany przez człowieka – neptun otrzymano jednak nie w reakcji z cząstkami naładowanymi ale przez naświetlanie neutronami. Było to w reakcji



tnz. jądro  $^{238}\text{U}$  przez pochłonięcie neutronu przechodziło w jądro  $^{239}\text{U}$  w stanie wzbudzonym, a emisja promieniowania  $\gamma$  sprowadzała je do stanu podstawowego. Z nietrwałego stanu podstawowego, jądro  $^{239}\text{U}$  przechodzi w czasie 23.5 min., poprzez rozpad  $\beta^-$  (tnz. emisję elektronu), w jądro  $^{239}\text{Np}$ .

Ta pierwsza synteza dokonana została w 1940 r. w Berkeley przez McMillana i Abelsona. Neutrony otrzymane zostały z tarczy berylowej bombardowanej deuteronami przyspieszonymi (do energii 16 MeV) w cyklotronie Lawrence'a. Także przez naświetlanie neutronami otrzymano na przełomie 44 i 45 r. ameryk ( $Z = 95$ ). W tym przypadku neutrony pochodziły z pierwszego reaktora jądrowego uruchomionego w grudniu 1942 r. przez Fermiego w Uniwersytecie w Chicago. Tarczą był dość łatwo dostępny izotop plutonu  $^{239}\text{Pu}$ , podobnie jak przy syntezie kiuru (reakcja (2.1)). Synteza polegała na wychwycie przez to jądro kolejno dwóch neutronów (tzw. wychwyt powolny). Po pierwszym wychwycie powstawał długożyłowy izotop  $^{240}\text{Pu}$  (o czasie życia 6.53 tys. lat), a po drugim – izotop  $^{241}\text{Pu}$  (o czasie życia 14.4 lat), który drogą rozpadu  $\beta^-$  przechodził w jądro  ${}_{95}^{241}\text{Am}$ .

Einstein<sup>1</sup> ( $Z = 99$ ) i ferm ( $Z = 100$ ) odkryte zostały nieoczekiwanie. Powstały one także w procesie wychwyty neutronów, ale w innym niż opisany po-

---

<sup>1</sup> Jeżeli piszemy kiur to konsekwencja wymagałaby pisać ajnsztajn co wyglądałoby jednak kuriozalnie.

wyżej, a mianowicie w tzw. procesie szybkiego wychwytu. Oba te pierwiastki wykryto bowiem w materiale pozostałym po pierwszym wybuchu termojądrowym „Mike”, przeprowadzonym na Pacyfiku w listopadzie 1952 r. Zawarty w bombie  $^{238}\text{U}$  naświetlony został przez bardzo krótki czas (rzędu kilku nanosekund) ogromnym strumieniem (rzędu  $10^{24}$ ) neutronów. Fakt, że wśród produktów naświetlenia wykryto takie jądra jak  $^{253}_{99}\text{Es}$  i  $^{255}_{100}\text{Fm}$ , mówi, że jądro  $^{238}\text{U}$  wychwyciło 15 a nawet 17 neutronów. Bardzo krótki czas naświetlania sprawił, że jądro nie zdołało w tym czasie doznać żadnego rozpadu  $\beta^-$ . Musiały więc powstać tak bogate w neutrony izotopy uranu, jak  $^{253}\text{U}$  i  $^{255}\text{U}$ , które dopiero po 7- i 8-krotnym rozpadzie  $\beta^-$  doprowadziły odpowiednio do jąder  $^{253}\text{Es}$  i  $^{255}\text{Fm}$ , leżących już na ścieżce trwałości  $\beta$ .

Powyższe przykłady syntezy pierwiastków transuranowych pokazują jak różnymi metodami, wykorzystującymi różne procesy, została ona przeprowadzona. Pokazują także jak przeprowadzenie tych procesów zależało od rozwoju nauki, w szczególności od rozwoju jej środków technicznych (cyklotron w Berkeley, reaktor w Chicago, wybuch termojądrowy). W szczególności, wybuchy termojądrowe pozwoliły po raz pierwszy zrealizować na Ziemi procesy, które w sposób naturalny zachodzą tylko w gwiazdach.

Wydzielenie i identyfikacja opisanych powyżej nowych pierwiastków dokonane zostały metodami chemicznymi. Bardzo istotne dla ich realizacji było zdanie sobie sprawy przez G.T. Seaborga w 1944 r., że transuranowce razem z torrem, protaktynem i uranem tworzą rodzinę podobną do lantanowców. Odkrycie to pozwoliło przewidywać własności chemiczne, a więc i sposoby identyfikacji i wydzielenia kolejnych pierwiastków, których syntezy chciano dokonać.

Warto zwrócić uwagę, że prace nad syntezą transuranowców rozpoczęte zostały w Europie. Rozpoczął je Enrico Fermi w Rzymie w 1934 r., a podjęli także Irena Curie w Paryżu i Otto Hahn w Berlinie. Używali do tego neutronów (dla których, jako cząstek neutralnych, nie ma bariery kulombowskiej) pochodzących ze źródeł naturalnych. Na przykład, małe źródło berylowo-radonowe potrafiło dostarczyć ok. miliona neutronów na sekundę. W wyniku takich naświetlań, Fermi ze współpracownikami obserwowali wiele nowych aktywności, które przypisywali nowo utworzonym pierwiastkom transuranowym. Jednak badania chemiczne O. Hahna i F. Strassmana pokazały w 1938 r., że było to promieniowanie radioaktywnych izotopów pierwiastków już znanych, znacznie (ok. dwa razy) lżejszych od uranu. Stwierdzenie to stanowiło odkrycie zjawiska rozszczepienia jąder. Rozszczepienie odkryte więc zostało przypadkiem, przy próbach syntezy pierwiastków transuranowych. Nie pozostało zresztą długo „dłużne” swemu „dobroczyńcy”. Niecałe dwa lata później, właśnie przy badaniu procesu rozszczepienia, dokonano, tym razem niezamierzonej, opisanej już powyżej syntezy i identyfikacji pierwszego



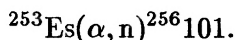
pierwiastka transuranowego – neptunu. Te uwagi wskazują, że prace europejskie nad syntezą były już bardzo bliskie sukcesu, a zdążyły zaowocować odkryciem tak brzemienne w konsekwencje zjawiska rozszczepienia. Wybuch wojny zahamował, a praktycznie przerwał w Europie próby syntezy pierwiastków transuranowych. Prace te wraz z wieloma badaczami, z Fermim na czele, „przeniosły się” do Stanów Zjednoczonych. Prowadzone były przede wszystkim w Berkeley (cyklotron) i Chicago (reaktor). W pracach nad produktami wybuchów jądrowych wzięło także udział Laboratorium w Los Alamos, zaangażowane w sprawy zastosowań wojennych procesów jądrowych. W rezultacie pierwiastki transuranowe do mendelegu ( $Z = 101$ ) włącznie otrzymane zostały w Stanach Zjednoczonych.

### 3. Odkrycia pierwiastków transfermowych

#### 3.1. Specyfika odkryć pierwiastków transfermowych

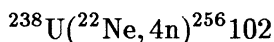
Z biegiem czasu, gdy zainteresowanie zespołów badawczych syntetyzujących nowe pierwiastki przesunęło się ku coraz wyższym liczbom atomowym sposób realizacji stawianego celu musiał ulegać i ulegał ewolucji. Od metody wychwytu neutronów przechodząco do reakcji coraz cięższych jonów z coraz cięższymi atomami tarcz, a wreszcie zastosowano metodę tzw. chłodnej syntezy (patrz np. [3]), w której starano się stosować najbardziej stabilne tarcze bombardowane stabilnymi ciężkimi jonami.

Zespół G.T. Seaborga i A. Ghiora w Laboratorium Lawrence’a w Berkeley rozporządzał tarczami z najcięższych pierwiastków wytwarzanych w wysokostrumieniowych reaktorach. Były to początkowo bardzo małe, ale wystarczające do sporządzenia tarcz ilości ameryku (Am), kiuru (Cm), kalifornu (Cf) i einsteinu (Es). Tarcze z tych pierwiastków bombardowano ciężkimi jonami do neonu (Ne,  $Z = 10$ ) włącznie. Podstawową metodą detekcji była rejestracja cząstek  $\alpha$  z rozpadu powstających nuklidów. Przykładem reakcji jądrowych z zastosowaniem tarcz o wysokim  $Z$  może być przeprowadzana w Berkeley synteza pierwiastka o  $Z = 101$  (mendelegu, Md). Tarczą była znikoma ilość 20-dniowego  $^{253}\text{Es}$  naniesionego na folię ze złota, a pociskami cząstki  $\alpha$

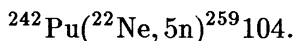


Zespół G.N. Florowa w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych (ZIBJ) w Dubnej wykorzystywał zaś tarcze z lżejszych, łatwiej dostępnych materiałów, ale rozporządzał wiązkami ciężkich jonów o wysokich energiach i dużym natężeniu. Fizycy w Dubnej wyspecjalizowali się w detekcji fragmentów samorzutnego

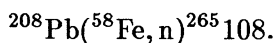
rozszczenia i to była często przez nich stosowana metoda rejestracji rozpadów wytworzonych jąder. Przykładem zastosowania ciężkich jonów mogą być przeprowadzone w Dubnej reakcje



lub



Metody stosowania tarcz o jak największych  $Z$  lub wykorzystania ciężkich jonów o wysokich liczbach atomowych dla otrzymania nowych ciężkich pierwiastków zaczęły zawodzić, gdyż powstające w wyniku reakcji jądra złożone miały tak duże energie wzbudzenia, że „wyparowywało” z nich wiele cząstek, w tym cząstek naładowanych i prawdopodobieństwo wytworzenia jądra o zamierzonej wysokiej wartości  $Z$  stawało się bardzo małe. Nawet jeżeli takie jądra powstawały, to wielka liczba lżejszych jąder powstających równocześnie, utrudniała identyfikację. W 1975 r. Yu.Ts. Oganessian w Dubnej zaproponował wykorzystanie chłodnej syntezy jako rozwiązanie problemu. Metoda ta polega na bombardowaniu jąder ołowiu lub bizmutu o zamkniętych powłokach jądrowych, a więc o wysokich energiach wiązania, jonami o  $16 < Z < 29$  również bliskimi zamkniętym powłok. Powstające jądro złożone ma znacznie niższą energię wzbudzenia niż w przypadku bombardowania cięższych tarcz lżejszymi jonami. Chłodna synteza została z powodzeniem zastosowana przez fizyków dubieńskich i fizyków z Instytutu GSI w Darmstadcie do otrzymania jąder o  $Z > 106$ . Przykładem chłodnej syntezy jest reakcja



Powstające jądro pierwiastka 108 zostało zidentyfikowane przez jego rozpady  $\alpha$  do znanych już jąder  $^{261}106$  i następnie  $^{257}104$ .

Z upływem czasu zmieniły się również metody identyfikacji nowych pierwiastków. Zbyt małe ilości otrzymywanych pierwiastków i zbyt krótki czas ich życia nie pozwalały na identyfikację metodą chemiczną, stosowaną do  $Z = 101$ . Chemię zastępują coraz bardziej wyszukane metody fizyczne oparte na kinematycznych filtrach i separatorach masowych. Wyjątek stanowiła chemiczna identyfikacja pierwiastka 104 przez zespół dubieński, który wykorzystał w tym celu różnicę między własnościami chlorków tego pierwiastka a własnościami chlorków poprzedzających go aktywności.

Na wiązce ciężkich jonów akceleratora w Darmstadcie zainstalowany został bardzo złożony układ do identyfikacji nowych pierwiastków. Filtr prędkości SHIP (Separator for Heavy Ion reaction Products), stanowiący kombinację pól magnetycznych i elektrycznych, pozwalał oddzielać w locie powstające jądra ciężkich pierwiastków od wiązki padających jonów i od produktów reakcji przekazu. Przechodzące przez filtr produkty chłodnej syntezy były implantowane w układzie czułych na położenie detektorów półprzewodnikowych, które rejestrowały rozpady  $\alpha$  i zdarzenia samorzutnego rozszczepienia z uwzględnieniem ich przestrzennych i czasowych korelacji. Mierzone przy tym: energia produktów reakcji i ich czas przelotu dostarczały informacji o ich masach. W ten sposób mogła być przeprowadzona wiarygodna identyfikacja pojedynczych jąder nowych pierwiastków. Rejestracja jednego tylko atomu pozwoliła z przekonaniem stwierdzić odkrycie pierwiastka 109, co zostało później potwierdzone przez rejestrację następnych dwóch atomów.

### 3.2. Działalność Grupy Roboczej Pierwiastków Transfermowych

Istniejąca od dłuższego czasu kontrowersja na temat priorytetu odkryć pierwiastków transfermowych, tj. pierwiastków o liczbie atomowej  $Z > 100$ , spowodowała, że Międzynarodowa Unia Fizyki Czystej i Stosowanej (IUPAP) oraz Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej (IUPAC) podjęły wspólnie w roku 1985 decyzję o powołaniu specjalnej Grupy Roboczej Pierwiastków Transfermowych (Transfermium Working Group), która zajęłaby się wyjaśnieniem kto właściwie jest odkrywcą poszczególnych pierwiastków. Z założenia mieli do niej wejść fizycy i chemicy z różnych krajów, jednak spoza krajów bezpośrednio zainteresowanych (tj. Niemiec, Stanów Zjednoczonych i Związku Radzieckiego, a także Izraela i Szwecji), z których naukowcy pretendowali do uznania dokonania odkrycia.

Grupa została utworzona w 1987 r. W jej skład weszli następujący fizycy: R.C. Barber (Kanada), A. Hrynkiewicz (Polska), M. Lefort (Francja), M. Sakai (Japonia), I. Ulehla (Czechosłowacja), A.H. Wapstra (Holandia) i D.H. Wilkinson (Wielka Brytania) – przewodniczący Grupy, oraz chemicy: N.N. Greenwood (Wielka Brytania) i Y.P. Jeannin (Francja).

Celem Transfermowej Grupy Roboczej (TGR) było: (a) opracowanie kryteriów, jakie powinno spełniać odkrycie by mogło być uznane, (b) zastosowanie tych kryteriów do ustalenia, który z pierwiastków transfermowych można uznać za odkryty oraz którym grupom i ewentualnie w jakim stopniu odkrycie to należy przypisać. Grupa nie zajmowała się sprawą nazw pierwiastków. Tym zagadnieniem zajmuje się specjalna komisja IUPAC-u odpowiedzialna za nazewnictwo z zakresu chemii nieorganicznej. Przy tym, ta Komisja Nazewnictwa sama nie pro-

ponuje nazw, lecz uwzględnia propozycje zgłaszane przez odkrywców nowych pierwiastków. Transfermowa Grupa Robocza podjęła swą pracę z nadzieją, że w wyniku jej działalności zainteresowane laboratoria przedstawią IUPAC-owi wspólne, uzgodnione między sobą propozycje nazw nowych pierwiastków. W czasie swojej działalności, w latach 1987-92, Grupa odbyła 7 spotkań, w tym 3 w głównych laboratoriach (Berkeley – USA, Darmstadt – RFN i Dubna – ZSRR), gdzie prowadzone są prace nad pierwiastkami transfermowymi. Właśnie te trzy spotkania pozwoliły członkom Grupy poznać wiele szczegółów prac i przedyskutować różne kontrowersyjne sprawy z samymi autorami odkryć. Wyniki działalności Grupy podsumowane na spotkaniu w Krakowie w lipcu 1991 r., opublikowane zostały w dość długim (78 stron) raporcie [4], do którego odsyłamy czytelników zainteresowanych szczegółami. Tutaj przedstawimy niektóre z omówionych tam zagadnień i podanych wniosków.

### 3.2.1. Kryteria odkrycia nowego pierwiastka

Wśród sformułowanych przez Grupę kryteriów, jakie musi spełniać odkrycie nowego pierwiastka by mogło być uznane, podkreśla się, że odkrycie takie musi ustalać własności fizyczne lub/i chemiczne pierwiastka, jakie wystarczają do stwierdzenia, że jego liczba atomowa  $Z$  jest różna od wszystkich wartości  $Z$  obserwowanych poprzednio. Interesujące jest, że nie wymaga się by była podana wartość tej liczby oraz wartość liczby masowej, chociaż naturalnie odkrywcy starają się je określić. Ciekawe jest także, że nie wymaga się by przedstawiony wynik był, przed jego uznaniem, powtórzony w niezależnym eksperymencie, choć powtórzenie takie (najlepiej przez inny zespół i inną metodą) jest bardzo wskazane. Uważa się więc, że wynik jednego eksperymentu może być dostatecznie pełny i przejrzysty by nie budził uzasadnionych wątpliwości. W tle takiego podejścia ma się wyraźnie na względzie ogromną złożoność, koszt i czasochłonność obecnych prac nad syntezą nowego pierwiastka.

Eksperyment przeprowadzany w celu otrzymania nowego pierwiastka prowadzi do wyznaczenia szeregu własności, które można podzielić na dwie grupy. Pierwszą z nich stanowią własności charakteryzujące. Pozwalają one otrzymany pierwiastek opisać. Drugą grupę stanowią własności określające. Własności te pozwalają wykazać, że mamy rzeczywiście do czynienia z nowym, nieznanym pierwiastkiem. Na przykład przekrój czynny reakcji prowadzącej do otrzymania danego nuklidu lub jego czas życia należą do własności charakteryzujących. Podanie tych cech nie wystarcza do wykazania, że mamy do czynienia z nowym pierwiastkiem. Natomiast wyznaczenie energii  $K$  lub  $L$  w widmie promieniowania  $X$  danego nuklidu nie tylko charakteryzuje ten nuklid, ale pozwala określić jego liczbę atomową, a więc rozstrzygnąć czy jest to rzeczywiście nowy pierwiastek.

W przedstawionej przez Grupę Roboczą liście kryteriów uwzględniono 9 własności rozpadu promieniotwórczego otrzymanego nuklidu i 10 własności związanych z procesem jego wytwarzania. Część z nich stanowi własności charakteryzujące, a część określające w przedstawionym powyżej sensie.

### *3.2.2. Ustalenie wkładu poszczególnych ośrodków w odkrycie poszczególnych pierwiastków*

Ten etap pracy był dla Grupy najtrudniejszy, wobec wielkiej złożoności eksperymentów, których wyniki należało zanalizować, i nagromadzonych wielu kontrowersji. Zanalizowane i ocenione musiały być prace od 1955 r. Przy przypisywaniu odkrycia konkretnej grupie lub ocenie jej wkładu, oprócz trudności szczegółowych, powstaje wiele problemów ogólnych. Na przykład, jakaś grupa zaobserwowała nowy pierwiastek, dokładnie zbadała i opisała jego własności, ale źle zinterpretowała wyniki, przypisując je innemu pierwiastkowi (inna liczba atomowa). Przypomina to źle zinterpretowane odkrycie Ameryki przez Kolumba. Inna grupa znajduje następnie pierwiastek o tych samych własnościach, więc ten sam, ale interpretuje go właściwie. Kogo uznać za odkrywcę? Inny problem: pewna grupa proponuje i opracowuje nową, skuteczną metodę syntezy. Inna grupa stosuje ją z powodzeniem do otrzymania nowego pierwiastka. Czy pierwsza grupa nie ma w tym odkryciu żadnego udziału?

W rezultacie analizy wielu przypadków Grupa Robocza uznała, że najczęściej odkrycie nie następuje w wyniku jednego eksperymentu, jednego dnia, w jednym miejscu, lecz jest rezultatem gromadzenia wyników i argumentów przez wiele lat i przez różne zespoły naukowe. Wtedy nie można go przypisać tylko jednemu zespołowi, któremu np. udało się opublikować wynik trochę wcześniej.

Sposób pracy przyjęty przez Grupę Roboczą był następujący. Analizowane były szczegółowo poszczególne prace danego zespołu, donoszące o odkryciu nowego pierwiastka. W wyniku analizy, Grupa przytacza w raporcie główne, podane w pracy rezultaty. Następnie komentuje je z punktu widzenia dzisiejszej, pełnej wiedzy na ten temat. Wreszcie podaje ich ocenę. Po takim przeglądzie wszystkich prac dotyczących danego pierwiastka konstruowano profil odkrycia konkludując, którym pracom, dlaczego i ewentualnie w jakim stopniu można je przypisać. W przypadkach różnych wątpliwości i niejasności, konsultowani byli eksperci spoza Grupy, a także autorzy prac. W raporcie swym [4] uczestnicy Grupy podkreślają, że nie jest naturalnie możliwe osiągnięcie w pełni obiektywnej oceny, lecz wszystkie wspomniane zabiegi miały na celu możliwie dobre przybliżenie się do niej.

W wyniku takiego działania, Grupa Robocza sformułowała następujące opinie o odkryciu pierwiastków transfermowych, tj. pierwiastków o liczbie atomowej

$Z > 100$ :

$Z = 101$ : Pierwiastek ten został odkryty w sposób niewątpliwy w Berkeley w 1958 r., przy czym już we wcześniejszej pracy z 1955 r. wykonanej w tym laboratorium, podano wyniki wskazujące, że obserwowano go już wtedy.

$Z = 102$ : Dwie prace dubieńskie (obie opublikowane w 1966 r., a posłane do druku w 1965 r.) dostarczają przekonującego dowodu, że pierwiastek ten został odkryty przez Zespół Laboratorium Reakcji Jądrowych ZIBJ.

Warto tu dodać, że właściwie od tego pierwiastka zaczęła się kontrowersja między laboratoriami zaangażowanymi w syntezę i że kontrowersja ta towarzyszy już wszystkim dalszym pierwiastkom, aż do  $Z = 112$ , o których odkryciu donoszono. Dyskusja nad pierwiastkiem 102 trwa od 1957 r., kiedy to pojawiła się praca wykonana przez naukowców z Argonne (USA), Harwell (Anglia) i Sztokholmu (Szwecja), donosząca o odkryciu pierwiastka 102, przy czym jego synteza dokonana została przy użyciu cyklotronu Instytutu Nobla w Sztokholmie. W tej pracy zaproponowano dla tego pierwiastka powszechnie używaną obecnie nazwę nobel. Z punktu widzenia późniejszej analizy tej pracy wydaje się nieprawdopodobne (co stwierdza także Grupa Robocza) by mógł być wówczas obserwowany ten pierwiastek.

Warto również zwrócić uwagę, że praca z 1957 r. stanowiła także powrót badań nad syntezą pierwiastków transuranowych do Europy, po długim czasie przerwy od 1939 r. Do badań tych włączyła się później, w początku lat sześćdziesiątych, z powodzeniem Dubna i następnie, w drugiej połowie lat siedemdziesiątych, Darmstadt.

$Z = 103$ : Praca zespołu w Berkeley z 1961 r. była ważnym krokiem w kierunku odkrycia tego pierwiastka. Dopiero jednak prace dubieńskie z lat 1965, 1968 i 1970 doprowadziły niemal do pewności, że pierwiastek ten został zaobserwowany, a ostatecznie praca wykonana w Berkeley w 1971 r. rozwiązała resztę wątpliwości jakie mogły jeszcze pozostać. Grupa Robocza uznała więc, że odkrycie należy przypisać obu tym zespołom, i to na podstawie prac prowadzonych przez ok. 10 lat.

$Z = 104$ : Pierwiastek ten odkryty został właściwie jednocześnie (w 1969 r.) w Dubnej i w Berkeley i oba te zespoły należy uznać za współodkrywców.

$Z = 105$ : Niezależne i prawie jednoczesne prace, ogłoszone w 1970 r. przez zespół w Berkeley i w 1971 r. przez zespół w Dubnej, należy uznać za jednakowo przekonujące i wobec tego oba zespoły są współodkrywcami tego pierwiastka.

$Z = 106$ : Praca zespołu z Berkeley i Livermore z 1974 r. w pełni przekonuje o odkryciu tego pierwiastka. Jednoczesna i niezależna praca zespołu dubieńskiego

jest bardzo ważna dla dalszego rozwoju badań nad syntezą, nie dostarcza jednak dostatecznego dowodu na otrzymanie pierwiastka 106.

**Z = 107:** Publikacja zespołu z Darmstadt w 1984 r. dostarcza przekonującego dowodu otrzymania tego pierwiastka. Jest możliwe, że pierwiastek ten mógł być otrzymany już we wcześniejszych eksperymentach dubieńskich z 1976 r., poświęconych pierwiastkowi 105, nie widać jednak dostatecznych na to argumentów.

**Z = 108:** Ten pierwiastek został otrzymany w 1984 r. jednocześnie i niezależnie w Darmstacie i w Dubnej. Praca darmstadcka jest bardziej szczegółowa i wystarcza sama w sobie dla uznania odkrycia, wobec czego zespołowi z Darmstadt należy przyznać większy wkład w odkrycie.

**Z = 109:** Pracę zespołu z Darmstadt z 1982 r. należy uznać za w pełni przekonującą o obserwacji tego pierwiastka.

Doniesienia o obserwacji pierwiastków 110 i 111 (Dubna) oraz 112 (Harwell-Jerozolima-CERN) Grupa Robocza uznała za nieprzekonujące.

## 4. Nazwy najcięższych pierwiastków

### 4.1. Nazwy pierwiastków od neptunu do fermu

Jak opisaliśmy to w rozdz. 2, pierwiastki o liczbie atomowej  $Z = 93 - 100$  wytworzone i zidentyfikowane zostały w Stanach Zjednoczonych w latach 1940-55. Odkryciom tych pierwiastków nie towarzyszyła jeszcze atmosfera współzawodnictwa i kontrowersji, jaka wystąpiła przy pracach nad pierwiastkami cięższymi od mendelewu. Nazwy zaproponowane przez odkrywców były „gładko” aprobowane przez Komisję Nazewnictwa IUPAC-u i przyjęły się bez oporów.

Po uranie ( $Z = 92$ ), nazwy neptunu ( $Z = 93$ ) i plutonu ( $Z = 94$ ), stanowiących wówczas krańce tablicy Mendelejewa, zaproponowane zostały przez analogię do nazw planet stanowiących krańce Układu Planetarnego.

Nazwy ameryk ( $Z = 95$ ), berkel ( $Z = 97$ ) i kaliforn ( $Z = 98$ ) miały upamiętnić miejsce, gdzie m.in. te trzy pierwiastki transuranowe zostały odkryte, tzn. miasto Berkeley w stanie Kalifornia, w Ameryce. Nazwy ameryk i berkel zostały rozdzielone nazwą kiur ( $Z = 96$ ), ponieważ odkrywcy posłużyli się tutaj regułą analogii z nazwami pierwiastków podobnych chemicznie z zakresu ziem rzadkich. Mianowicie ameryk jest odpowiednikiem chemicznym europu ( $Z = 63$ , odkryty w 1892 r.), a berkel – iterbu ( $Z = 70$ , odkryty w 1878 r.), którego nazwa została nadana dla upamiętnienia miejscowości Ytterby w Szwecji, gdzie znaleziono minerały zawierające wiele pierwiastków ziem rzadkich. Kiur zaś jest odpowiednikiem gadolinu ( $Z = 64$ , odkryty w 1880 r. przez J.Ch. Marignaca),

któremu nadano nazwę od nazwiska fińskiego chemika i mineraloga J. Gadolina – badacza pierwiastków ziem rzadkich. Postanowiono więc pierwiastkowi o  $Z = 96$  nadać także nazwę od nazwiska sławnej rodziny Curie – badaczy pierwiastków promieniotwórczych.

Nazwy pierwiastków einsteinu ( $Z = 99$ ) i fermu ( $Z = 100$ ) postanowiono poświęcić dwóm właśnie zmarłym gigantom fizyki dwudziestego wieku: Einsteinowi i Fermiemu. To właśnie Fermi, tak bardzo związany z fizyką jądrową, wysunął ideę i pierwszy rozpoczął w Rzymie w 1934 r. próby syntezy pierwiastków transuranowych, jak wspomnieliśmy już o tym w rozdz. 2. Fermi zmarł w listopadzie 1954 r., a Einstein w kwietniu 1955 r. Praca donosząca o odkryciu einsteinu i fermu, z propozycją właśnie tych nazw, została wysłana do druku w czerwcu 1955 r., tj. w dwa miesiące po śmierci Einsteina.

#### *4.2. Nazwy pierwiastków transfermowych*

Pierwiastek o  $Z = 101$  został odkryty w Berkeley, jak pisaliśmy o tym w rozdz. 3. Ponieważ odkrycie to nie spotkało się z żadnym powątpiewaniem, nazwa mendelew zaproponowana w 1955 r. przez zespół berkeleyowski na cześć Mendelejewa nie wywołuje kontrowersji.

Jak wspomnieliśmy w par. 3.2.2, pierwszym „kontrowersyjnym” pierwiastkiem stał się pierwiastek 102. Ponieważ nazwę dla niego (nobel) zaproponował w 1957 r. zespół, który źle zinterpretował wyniki próby jego syntezy (przy użyciu cyklotronu Instytutu Nobla w Sztokholmie), można spodziewać się propozycji jej utrzymania lub zmiany na inną. Z taką propozycją mogliby wystąpić naukowcy dubieńscy, którzy zgodnie z orzeczeniem Transfermowej Grupy Roboczej są odkrywcami pierwiastka 102.

Nazwa lorens dla pierwiastka 103 została zaproponowana przez zespół berkeleyowski na cześć E.O. Lawrence’a, wynalazcy cyklotronu i założyciela laboratorium (dzisiaj jego imienia), w którym pierwsza próba syntezy tego pierwiastka została dokonana. Ponieważ jednak udział w jego odkryciu przyznany został przez Grupę Roboczą także zespołowi dubieńskiemu, można by oczekiwać uzgodnionej przez oba zespoły propozycji utrzymania tej nazwy lub jej zmiany na inną.

Wydaje się jednak, że nazwy nobel i lorens nie ulegną zmianie, gdyż Komisja Nazewnictwa Chemii Nieorganicznej IUPAC-u stoi na stanowisku, że należy uszanować kilkudziesięcioletnią tradycję używania tych nazw.

Brak jest na razie uzgodnionej propozycji nazw dla pierwiastków 104, 105 i 106.

Pierwszą propozycją jaka została zgłoszona po zakończeniu działalności Transfermowej Grupy Roboczej jest propozycja nazw pierwiastków 107, 108 i 109. Brzmi ona: nilsbor (Ns) dla pierwiastka 107, hass (Hs) dla 108 i meitner



(Mt) dla 109. Nazwa nilsbor poświęcona jest naturalnie Nielsowi Bohrowi, nazwa hass związana jest z łacińską nazwą Hassia kraju (landu), na terenie którego znajduje się instytut darmstadcki, a nazwa meitner poświęcona jest Lise Meitner, austriackiej fizycze, która wniosła istotny wkład w poznanie i zrozumienie procesu rozszczepienia jąder.

Propozycję tych nazw przedstawił we wrześniu 1992 r. prof. Peter Armbruster, kierownik zespołu darmstadckiego, który dokonał syntezy i identyfikacji tych trzech pierwiastków. Propozycja uzgodniona została z zespołem dubieńskim, który ma także pewien wkład w odkrycie pierwiastków 107 i 108. Wydaje się więc, że ma ona duże szanse zarekomendowania przez komisję nazewnictwa IUPAC-u i powszechne przyjęcie przez środowisko naukowe. W wydanej w końcu 1992 r. w Strasbourgu tablicy nuklidów nazwy te zostały już wykorzystane.

## 5. Zakończenie

W artykule naszkicowana została historia odkrycia 17 najcięższych pierwiastków transuranowych, które zostały wytworzone przez człowieka. Opisane także zostały problemy, jakie pojawiły się w trakcie tych odkryć, a związane są z własnościami tych jąder i procesu ich syntezy.

Jednym z nich jest szybko malejący czas życia jąder ze wzrostem ich liczby atomowej  $Z$  oraz szybko rosnące trudności ich wytwarzania. Znalazło to swoje odbicie w fakcie, że wytworzona dotychczas ilość poszczególnych pierwiastków szybko maleje ze wzrostem  $Z$ . Do fermu włącznie ilości te są makroskopowe. Mogliśmy więc poznać makroskopowe własności tych pierwiastków, jak np. gęstość czy temperatura topnienia. Dla pierwiastków cięższych, pozafermowych, wskutek krótkiego ich czasu życia, możemy dysponować już tylko taką liczbą atomów (do ok.  $10^6$ ) jaka została wytworzona w danym eksperymencie. Zanim przystąpimy do następnej syntezy, poprzednio wytworzone jądra zdążą się już rozpaść. Warto jednak zdawać sobie sprawę, że obserwacja choćby tylko jednego jądra czy atomu pozwala poznać wiele ich cech i istotnie rozszerza naszą wiedzę o budowie jąder i atomów.

Synteza nowych pierwiastków fascynuje wielu fizyków i chemików jądrowych. Spowodowane jest to m.in. tym, że liczba nowych pierwiastków jest ograniczona, ale nie wiemy dokładnie ile ich jeszcze czeka na odkrycie, zanim rozrywające siły kulombowskie przewyciężą przyciąganie jądrowe. Nie wiemy też ile i jakie własności tych nowych jąder i atomów uda się jeszcze zaobserwować.

Metody syntezy, detekcji i identyfikacji nowych pierwiastków wymagają wielkiej inwencji i prawdziwego kunsztu eksperymentatorskiego. Stosowane urządze-

nia są niezwykle drogie a koszt ich eksploatacji bardzo duży. Nic więc dziwnego, że współzawodnictwo w tej dziedzinie jest źródłem wielu emocji i głębokich kontrowersji. Uczeni biorący udział w tym przedsięwzięciu, ich macierzyste instytuty jak również kraje, z których pochodzą, przywiązują olbrzymią wagę do publicznego uznania dokonanych odkryć, a prawo do zaproponowania nazwy odkrytego pierwiastka rozgrzewa jeszcze bardziej atmosferę współzawodnictwa.

Znalazło to swoje odbicie w potrzebie powołania Transfermowej Grupy Roboczej, której działalność opisaliśmy. Włożyła ona wiele wysiłku w możliwie obiektywne rozstrzygnięcie powstałych kontrowersji i animozji. Od zespołów laboratoriów w Berkeley, Dubnej i Darmstadcie zależy czy ten wysiłek zaowocuje pełnym uzgodnieniem stanowisk. Częściowe uzgodnienie bowiem już nastąpiło w wyniku działalności tej Grupy, w postaci propozycji nazw trzech najcięższych pierwiastków: 107, 108 i 109.

Prace nad syntezą nowych pierwiastków będą z pewnością trwały nadal. Póki bowiem sądzimy, że istnieje obiekt, który można poznać, póty będą podejmowane wysiłki w celu jego poznania. Powstające przy tym kontrowersje są zaś skuteczną siłą napędową dalszych badań.

## Literatura

- [1] G.T. Seaborg, W.D. Loveland, *The elements beyond uranium* (J. Wiley, New York 1990).
- [2] *Transuranium elements: Products of modern alchemy*, red. G.T. Seaborg (Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg 1978).
- [3] A. Sobiczewski, „Własności i synteza najcięższych jąder”, *Postępy Fizyki* 44, 235 (1993).
- [4] R.C. Barber, N.N. Greenwood, A.Z. Hrynkiewicz, Y.P. Jeannin, M. Lefort, M. Sakai, I. Uehla, A.H. Wapstra, D.H. Wilkinson, „Discovery of the transfermium elements”, *Prog. Part. Nucl. Phys.* 29, 453 (1992).

**Jan Gaj**

*Institut Fizyki Doświadczalnej  
Uniwersytet Warszawski  
Warszawa*

## **Półprzewodniki półmagnetyczne – przygoda mojego życia (naukowego)\***

**Semimagnetic semiconductors  
– the adventure of my (scientific) life**

*Abstract:* This paper (a talk given at the XXXII Polish Physical Society Meeting) relates in a personal way author's involvement in the physics of semimagnetic (diluted magnetic) semiconductors and presents the origins and some recent developments of the field. In particular, interesting perspectives created by using semimagnetic semiconductors in growing of low-dimensional structures are analyzed.

Wszystko zaczęło się od propozycji Jacka Furdyny, profesora Purdue University w stanie Indiana, zaprzyjaźnionego z fizykami warszawskimi. Ten specjalista w dziedzinie badań materii za pomocą mikrofal wymarzył sobie pomiary rezonansu magnetycznego w ośrodku przewodzącym. Chociaż, jak powszechnie wiadomo, efekt naskórkowy nie pozwala w zasadzie na wnikanie fal elektromagnetycznych do ośrodka przewodzącego, w pewnych warunkach mogą rozchodzić się w nim tzw. mody helikoidalne, przypominające ruch po linii śrubowej. Takich modów chciał użyć Jacek Furdyna do badania rezonansu paramagnetycznego jonów manganu w tellurku rtęci, półprzewodniku o zerowej przerwie energetycznej. Zaczął więc namawiać swoich warszawskich kolegów do wyhodowania kryształów HgTe z manganem.

---

\*Referat wygłoszony na XXXII Zjeździe Fizyków Polskich w Krakowie we wrześniu 1993 r.

Robert Gałązka, profesor w Instytucie Fizyki Polskiej Akademii Nauk, nie był pierwszym, który usłyszał taką propozycję. Nie był nawet pierwszym, który wyhodował proponowane kryształy. Ale od jego kryształów i jego pomysłów naukowych zaczął się wybuch nowych badań, nowych efektów fizycznych, które uzasadniły wyróżnienie klasy półprzewodników zawierających jony metali przejściowych odrębną nazwą, a Roberta Gałązki – nagrodą imienia Marii Skłodowskiej-Curie, najwyższym w Polsce dowodem uznania dla fizyka.

Moja przygoda z półprzewodnikami półmagnetycznymi zaczęła się, kiedy zrobiwszy doktorat zacząłem rozglądać się za ciekawym tematem do dalszej pracy. Na liście osób, które postanowiłem poprosić o radę znalazł się Robert Gałązka i po rozmowie, w której zaproponował mi badania kryształów pierwszego półprzewodnika półmagnetycznego o dużej przerwie energetycznej – tellurku kadmu z manganem, nie miałem wątpliwości: to jest temat, którego szukam.

Półprzewodnik półmagnetyczny otrzymuje się zastępując pewną część kationów w znanym półprzewodniku przez jony magnetyczne. Tworzy się stopy typu  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ ,  $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ , gdzie ułamek molowy  $x$  oznaczający zawartość jonu magnetycznego zmienia się od zera (macierzysty półprzewodnik niemagnetyczny) do pewnej maksymalnej wartości wyznaczonej przez termodynamikę wzrostu kryształu. Już sama nazwa (każdy handlowiec wie, że dobra nazwa stanowi połowę sukcesu) budziła emocje. Trudno zresztą się dziwić profesjonalistom magnetyzmu, że oburza ich mądrzenie się dyletantów, jakimi w tej dziedzinie byli półprzewodnikowcy, którzy zabrali się do badań tych materiałów. Słyszało się więc o pół-fizyce półprzewodników półmagnetycznych, żeby nie wspomnieć o głowach tych, co ją uprawiali.

Dziś, po latach, nazwa półprzewodniki półmagnetyczne<sup>1</sup> (semimagnetic semiconductors) współlistnieje pokojowo z używaną chętniej w USA diluted magnetic semiconductors. W tamtych czasach, prawie dwadzieścia lat temu, mówiliśmy sobie: mamy rok, może dwa do dyspozycji. Jeżeli nam się uda i tematem zainteresują się takie ośrodki naukowe jak Instytut Technologiczny Massachusetts czy Laboratoria IBM, możemy iść do domu. Dziś prace w tej dziedzinie publikuje wiele znakomitych laboratoriów w Europie i USA, w tym oba wyżej wymienione, a my nie poszliśmy do domu, o czym świadczy choćby nagroda Polskiego Towarzystwa Fizycznego wręczona na obecnym zjeździe Tomaszowi Storemu z Instytutu Fizyki PAN za wkład w rozwój fizyki półprzewodników półmagnetycznych. Nie przypadkiem nazwa Instytutu Fizyki PAN pojawia się znowu w tym tekście. Jest to odbicie bardzo leżącej mi na sercu sprawy jedności fizyków. Jak wysoka jest cena braku jedności, przekonało się boleśnie wielu uczestników ostatnich wyborów

---

<sup>1</sup> Po raz pierwszy nazwa ta pojawiła się w pracy R.R. Gałązki [1].

parlamentarnych. Cieszę się, że praca nad półprzewodnikami półmagnetycznymi stanowi przykład dążenia do wspólnego celu kolegów z IF PAN, mojego macierzystego Uniwersytetu i wielu laboratoriów należących zarówno do szkół wyższych jak i PAN.

Celem tym jest poznanie fascynującej fizyki, która w najrozmaitszych swych wariantach sprowadza się do jednego podstawowego oddziaływania między jonami magnetycznymi a nośnikami prądu, zwanego często oddziaływaniem wymiennym i opisywanego za pomocą hamiltonianu znanego jako hamiltonian Heisenberga lub hamiltonian Konda:

$$H = \sum_i J(\mathbf{r} - \mathbf{R}_i) \sigma \mathbf{S}_i,$$

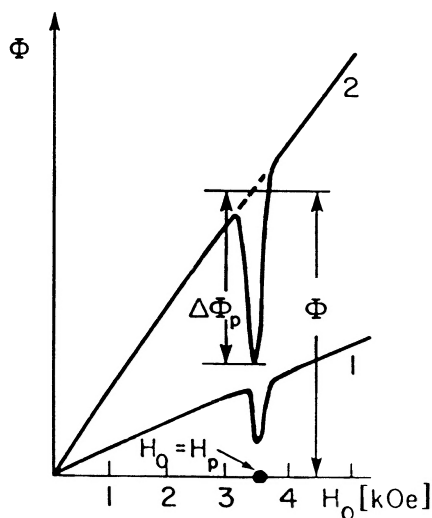
w którym  $\sigma$  i  $\mathbf{S}_i$  są operatorami spinu elektronu przewodnictwa (lub walencyjnego) oraz  $i$ -tego jonu magnetycznego zajmującego położenie  $\mathbf{R}_i$  w kryształce, natomiast  $J$  jest operatorem działającym na położeniową część funkcji falowej elektronu.

Obecność iloczynu skalarnego  $\sigma \mathbf{S}_i$  wyraża zależność energii układu od wzajemnego ustawienia spinu jonu magnetycznego i nośnika prądu. Oddziaływanie to, ze względu na stosunkowo niewielką liczbę nośników swobodnych w stosunku do jonów magnetycznych, objawia się przede wszystkim we wpływie stanu jonów magnetycznych na nośniki prądu: w niskich temperaturach jony magnetyczne, uporządkowane zewnętrznym polem magnetycznym wywierają niezwykle silny wpływ na elektrony pasma przewodnictwa czy walencyjnego. Wpływ ten można przedstawić w postaci efektywnego pola magnetycznego (pola wymiany) działającego wyłącznie na spin tych elektronów; pola wielokrotnie silniejszego od zewnętrznego pola magnetycznego. Można więc powiedzieć, że jony magnetyczne stanowią doskonały **wzmacniacz** zewnętrznego pola magnetycznego w działaniu na spiny elektronów pasmowych. Wzmocnienie to prowadzi do takich efektownych zjawisk jak gigantyczny efekt Faradaya (skręcenie płaszczyzny polaryzacji w polu magnetycznym) czy ogromne rozszczepienia energii ekscytonów<sup>2</sup> w polu magnetycznym (dziesiątki, a nawet setki razy większe niż w półprzewodnikach niemagnetycznych). Pięknym jakościowym dowodem pośredniczącej roli jonów manganu w CdTe jest zaobserwowane przez A.V. Komarowa i współpracowników [2] silne stłumienie efektu Faradaya przy rezonansowym zburzeniu porządku jonów magnetycznych mikrofalami (rys. 1). Ilościowo rola ta znajduje potwierdzenie w proporcjonalności rozszczepień ekscytonowych do namagnesowania, wykazanej

---

<sup>2</sup> Ekscyton (Wanniera-Motta) jest parą elektron przewodnictwa – dziura w paśmie walencyjnym, związaną przyciąganiem elektrostatycznym. Znane są też tzw. ekscytony Frenkla, którymi nie będziemy się tu zajmować.

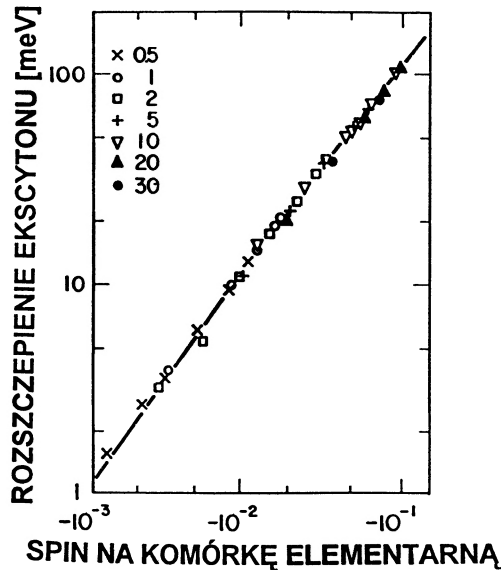
doświadczalnie dla CdMnTe (rys. 2), a następnie dla wielu innych półprzewodników półmagnetycznych. Aby oprócz działania jonów magnetycznych na nośniki prądu zaobserwować działanie w przeciwnym kierunku, należy zmniejszyć dramatyczną przewagę liczebną jonów magnetycznych nad nośnikami prądu, jaka ma miejsce w typowych półprzewodnikach półmagnetycznych. Można to zrobić na mikroskalę lokalizując np. elektron przyciągającą siłą dodatnio naładowanej domieszki – donoru – na obszarze o średnicy kilkudziesięciu angstromów, gdzie będzie miał do czynienia „tylko” z np. kilkudziesięcioma jonami magnetycznymi.



Rys. 1. Skręcenie płaszczyzny polaryzacji światła przechodzącego przez kryształ CdTe z domieszką manganu, w zależności od pola magnetycznego, przy jednoczesnym naświetlaniu mikrofalami. Widoczne minimum kąta skręcenia występuje w polu, przy którym częstość precesji jonów magnetycznych jest równa częstości mikrofal, co umożliwia rezonansowe pochłanianie mikrofal prowadzące do zaburzenia uporządkowania magnetycznego jonów [2]

Powstanie wtedy związany **polaron magnetyczny**, w którym zlokalizowany nośnik prądu uporządkuje spiny oddziałujących z nim jonów magnetycznych, tworząc coś w rodzaju mikrodomeny ferromagnetycznej. Namagnesowanie takiego tworzy, ze względu na swój przypadkowy kierunek nie prowadzi do wystąpienia omawianych powyżej efektów magnetoptycznych, może być jednak wykryte poprzez pomiar energii odwrócenia spinu elektronu w rezonansowym efekcie Rmana (rys. 3). Doświadczenie takie, przeprowadzone po raz pierwszy przez M. Nawrockiego i współpracowników w CdMnSe, stanowiło pierwszą bezpośrednią obserwację związanego polaronu magnetycznego, którego idea została zapropono-

wana znacznie wcześniej. Dokładniejsza analiza, zapoczątkowana przez T. Dietla i J. Spałka [5], wykazała ważną rolę fluktuacji magnetycznych w powstawaniu związanego polaronu magnetycznego.

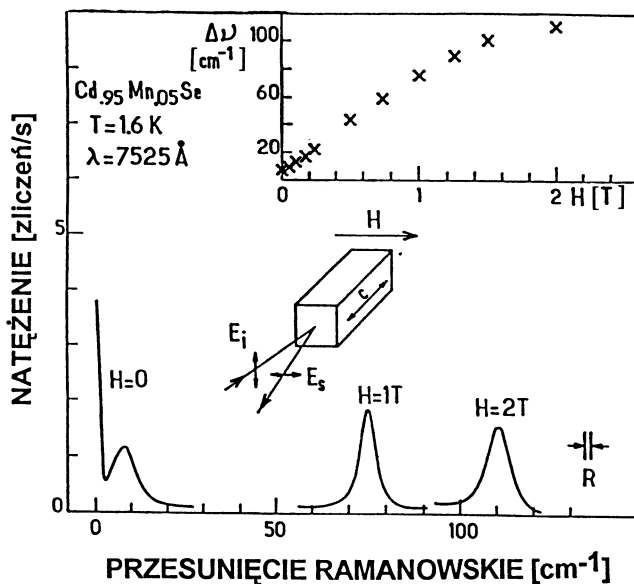


Rys. 2. Rozszczepienie energii ekscytonów CdMnTe w polu magnetycznym przedstawione w funkcji namagnesowania (średnia wartość spinu na komórkę elementarną). Punkty doświadczalne otrzymane dla wielu próbek o różnej zawartości manganu (podanej w % atomowych) i wielu pól magnetycznych układają się wzdłuż prostej reprezentującej proporcjonalność [3]

Oddziaływanie jon-nośnik jest także główną przyczyną oddziaływania między jonami magnetycznymi, gdyż w tym ostatnim pośredniczącą rolę odgrywiają elektrony pasma walencyjnego. Oddziaływanie jon-jon faworyzuje uporządkowanie antyferromagnetyczne spinów i jest krótkozasięgowe. Prowadzi ono do zmniejszenia namagnesowania przy dużych zawartościach manganu: pomimo dodawania jonów przeważa wpływ zwiększenia ich wzajemnego oddziaływania na skutek zmniejszenia średniej odległości między jonami.

Omówione powyżej ciekawe efekty stanowią zaledwie niewielką część bogactwa zjawisk jakie otworzyło się przed badaczami półprzewodników półmagnetycznych. Czytelnikowi zainteresowanemu pełniejszą informacją polecam świetny, choć liczący już kilka lat artykuł przeglądowy J. Furdyny [6] oraz wydawnictwa książkowe [7], a także prace popularne po polsku [8].

Głównym przedmiotem naszego zainteresowania będą jednak nowe kierunki rozwoju fizyki półprzewodników półmagnetycznych. Omawiając je chciałbym za-

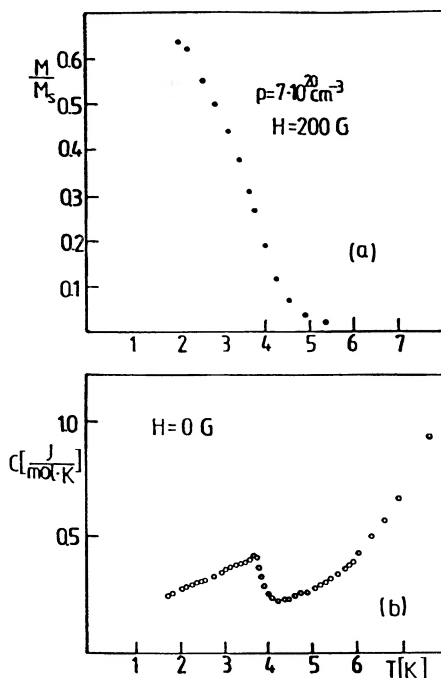


Rys. 3. Wyniki pomiarów rezonansowego efektu Ramana z odwróceniem spinu elektronu według pracy [4] dla różnych pól magnetycznych. Liczba falowa, przy której występuje maksimum widma ramanowskiego określa energię odwrócenia spinu. Widać, że nawet bez pola magnetycznego jest ona niezerowa, co stanowi dowód istnienia związanego polaronu magnetycznego

cząć od prac Tomasza Storego nagrodzonych na obecnym zjeździe. Dotyczą one drugiego sposobu skorygowania omawianej poprzednio przewagi liczbowej jonów magnetycznych nad nośnikami prądu. Okazuje się, że można otrzymać kryształy PbSnTe z manganem z dostatecznie dużą liczbą swobodnych dziur w paśmie walencyjnym, aby to, co w CdMnSe zachodzi w skali polaronu magnetycznego wytworzonego przez elektron zlokalizowany na donorze, w PbSnMnTe pojawiło się w skali całego kryształu: faza ferromagnetyczna! Rysunki 4 i 5 wykazują obecność fazy ferromagnetycznej oraz jej związek z koncentracją swobodnych dziur w paśmie walencyjnym. Drugą interesującą nowością, którą chciałbym wymienić, są efekty wprowadzenia jonu chromu do związku półprzewodnikowego ZnSe o szerokiej przerwie energetycznej ( $E_g \approx 3$  eV). W odróżnieniu od dotychczas wprowadzonych do półprzewodników półmagnetycznych jonów manganu, żelaza i kobaltu, stan podstawowy jonu chromu ma symetrię T w sieci kubicznej ZnSe, co powoduje znacznie silniejsze sprzężenie stanów jonu z drganiami sieci krystalicznej. Prowadzi ono do tzw. statycznego efektu Jahna-Tellera, tzn. spontanicznego obniżenia symetrii otoczenia jonu chromu, czyli powstania lokalnej deformacji w jednym z trzech równoważnych kierunków (100) – wzdłuż krawę-



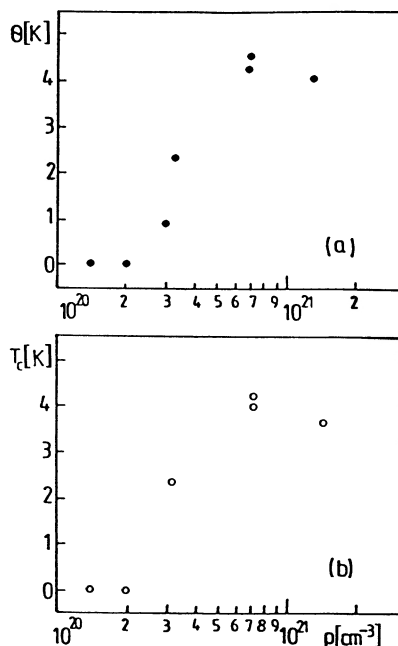
dzi sześcienną komórki elementarnej. Również sama struktura elektronowa jonu chromu powoduje, że jego oddziaływanie z elektronami pasmowymi powinno, poza opisanym tu poprzednio członem heisenbergowskim, zawierać dodatkowe człony o innej symetrii. Według pracy teoretycznej J. Blinowskiego i P. Kacman [10] należy się spodziewać wystąpienia zupełnie nowego zjawiska: w dotychczas zbadanych półprzewodnikach półmagnetycznych, jony  $Mn^{++}$ ,  $Fe^{++}$  czy  $Co^{++}$  stanowią silny wzmacniacz zewnętrznego pola magnetycznego w działaniu na elektrony pasmowe, w związkach kubicznych z chromem jego jony pełniłyby rolę analogicznego wzmacniacza w stosunku do przyłożonego ciśnienia jednoosiowego.



Rys. 4. Zależności temperaturowe namagnesowania (a) i ciepła właściwego (b) kryształu PbSnMnTe świadczące o występowaniu fazy ferromagnetycznej [9]

Ściskając kryształ kubiczny ZnSe powodujemy rozszczepienie jego pasma walencyjnego w punkcie  $\Gamma$  na dwie składowe – rozszczepienie to powinno zostać silnie wzmocnione w obecności jonów  $Cr^{++}$ . Pierwsze eksperymenty wykonane przez W. Maca i współpracowników [11] z kryształami ZnCrSe nie potwierdziły wprawdzie tej hipotezy, doprowadziły natomiast do stwierdzenia, że znak oddziaływania jon – elektron walencyjny jest w tym materiale przeciwny do obserwowanego dla

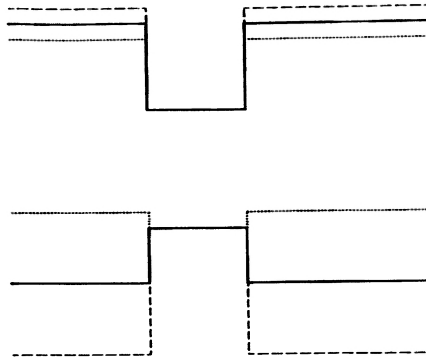
dotychczas zbadanych materiałów: podczas gdy jony  $Mn^{++}$ ,  $Co^{++}$  i  $Fe^{++}$  próbują ustawić spin elektronu walencyjnego antyrównoległe do własnego, w przypadku chromu z ZnSe oddziaływanie faworyzuje równoległe ustawienie obu spinów.



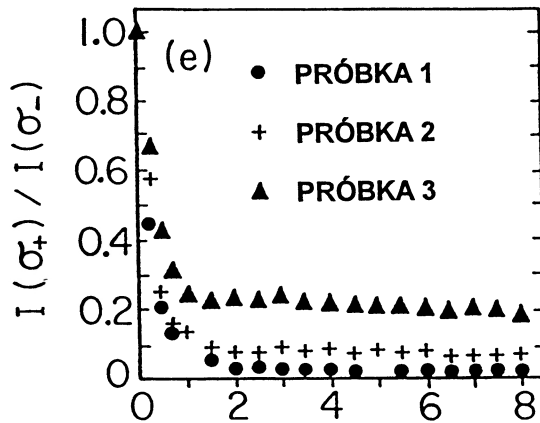
Rys. 5. Zależność od koncentracji nośników swobodnych w PbSnMnTe: a) paramagnetycznej temperatury Curie (ekstrapolowana osobliwość w podatności), b) temperatury przejścia do fazy ferromagnetycznej [9]

Wymienione dwa przykłady nowych wyników w fizyce półprzewodników półmagnetycznych dotyczą kryształów objętościowych (trójwymiarowych), które stanowią szybko ostatnio kurczącą się domenę badań półprzewodnikowych, ustępującą pod naporem nowej fizyki stymulowanej rozwojem technik epitaksjalnych i dotyczącej struktur o obniżonym wymiarze: tzw. studni, drutów oraz kropek kwantowych. Struktury te zawojuwały również fizykę półprzewodników półmagnetycznych, która w rewanżu obdarzyła je dodatkowym stopniem swobody – możliwością manipulowania energią stanów pasmowych za pośrednictwem jonów magnetycznych. Rysunek 6 przedstawia schematycznie potencjały elektronu oraz dziury (ciężkiej) dla niemagnetycznej studni kwantowej z barierami zawierającymi jony magnetyczne: bez pola oraz w zewnętrznym polu magnetycznym. Widać, że pod wpływem pola magnetycznego nastąpiło dla jednej ze składowych spinowych pasma walencyjnego przejście od typu I, w którym elektron i dziura

zlokalizowane są w tej samej (niemagnetycznej) warstwie, do typu II gdzie dziura przechodzi do warstwy magnetycznej, podczas gdy elektron pozostaje w obszarze niemagnetycznym. Takie przejście zostało zaobserwowane przez X. Liu i innych [12] w studniach kwantowych ZnSe/ZnMnSe (rys. 7) poprzez gwałtowną zmianę siły oscylatora międzypasmowego przejścia optycznego na skutek geometrycznego oddzielenia stanów elektronowych od dziurowych.

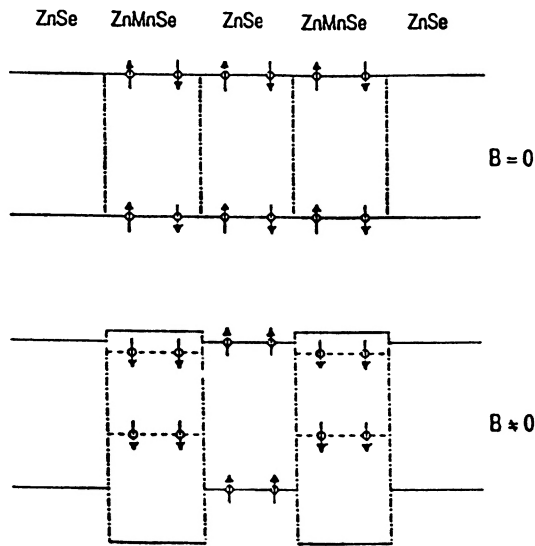


Rys. 6. Schematyczne przedstawienie potencjału w niemagnetycznej studni kwantowej między barierami zawierającymi jony magnetyczne: bez pola magnetycznego (linia ciągła) oraz w polu magnetycznym dla dwóch składowych spinowych elektronu i dziury ciężkiej „w górę” (linia przerywana) i „w dół” (linia kropkowana). W tym ostatnim przypadku maksymalna energia pasma walencyjnego leży w obszarze zawierającym jony magnetyczne, powodując powstanie struktury typu II



Rys. 7. Silne zmniejszenie siły oscylatora w funkcji pola magnetycznego (w teslach) na skutek przejścia typ I - typ II w studni kwantowej z barierami zawierającymi jony magnetyczne [12]

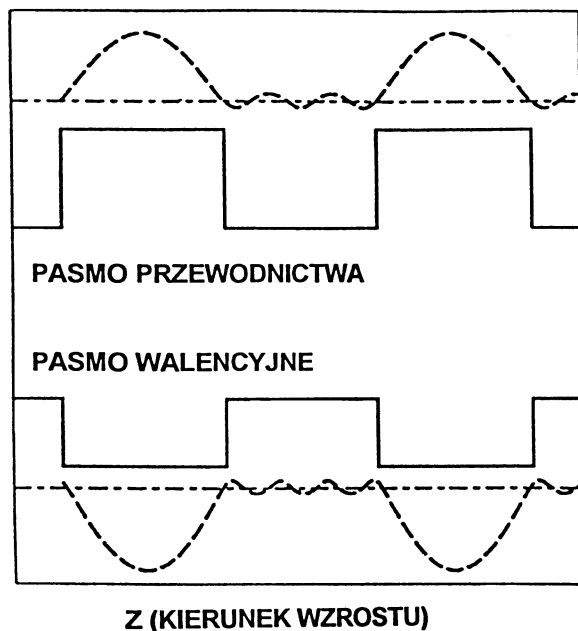
Ten sam dodatkowy stopień swobody wprowadzony przez obecność jonów magnetycznych umożliwił wytworzenie przez N. Dai i innych [13] i niezależnie przez W.C. Chou i innych [14] „supersieci spinowych” – **periodycznych struktur** pojawiających się pod wpływem zewnętrznego pola magnetycznego. W strukturach tych następuje przestrzenne rozdzielenie składowych spinowych zarówno elektronu jak i dziury (ciężkiej). Rysunek 8 przedstawia taką sytuację w supersieci ZnSe/ZnMnSe.



Rys. 8. Schematyczne przedstawienie pojawienia się supersieci spinowej w systemie ZnSe/ZnMnSe pod wpływem pola magnetycznego [13]

Inną interesującą możliwością, jaką oferują struktury półmagnetyczne, jest **strojona podwójna studnia**, w której badamy tunelowanie przez barierę oddzielającą dwie studnie kwantowe. Zmieniając energie zlokalizowanych stanów kwantowych zewnętrznym polem magnetycznym możemy doprowadzić do ich rezonansu objawiającego się silnym wzrostem prawdopodobieństwa tunelowania [15]. Jony magnetyczne zapewniły też możliwość identyfikacji rezonansowych stanów w supersieci półprzewodnikowej, w których nośniki przebywają w głównej mierze w barierach, a nie w studniach (rys. 9). F.C. Zhang i inni [16] przeprowadzili taką identyfikację za pomocą pomiarów absorpcji supersieci w polu magnetycznym.

Badania superstruktur półmagnetycznych poszerzyły też wiedzę o polaronach magnetycznych. Prace D. Jakowlewa i współpracowników [17] wykazały, że w takich strukturach polarony magnetyczne tworzą się łatwiej niż w jednorodnym materiale. Wreszcie trudno nie wspomnieć o podejmowanych m.in. przez



Rys. 9. Potencjał (linia ciągła), funkcja falowa (linia przerywana) i energia zlokalizowanych w barierach stanów elektronowych i dziurowych w supersieci  $\text{Zn}_{0.86}\text{Cd}_{0.14}\text{Se}/\text{Zn}_{0.75}\text{Mn}_{0.25}\text{Se}$  [16]

panią L.A. Kolodziejki i innych [18] próbach zbadania wpływu wymiaru ośrodka na właściwości magnetyczne poprzez wytworzenie supersieci zawierającej cienkie (kilkunagstremowe) warstwy antyferromagnetycznego MnSe oddzielone grubszymi warstwami niemagnetycznego ZnSe.

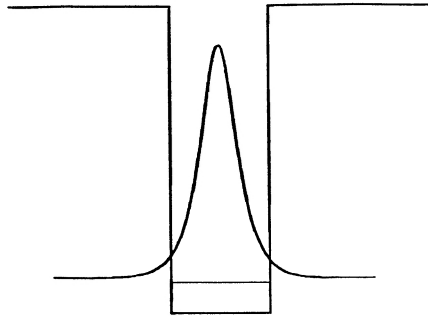
Ta wzmianka stanowi najlepsze wprowadzenie do ostatniego epizodu mojej przygody z półprzewodnikami półmagnetycznymi. Wiąże się on z moim kilkumiesięcznym pobytem w Grenoble, gdzie francuscy koledzy uruchomili aparaturę do epitaksji z wiązki molekularnej półprzewodników grupy II-VI. Kiedy zaczęli z powodzeniem wprowadzać mangan do wytwarzanych przez siebie struktur, pojechałem tam w nadziei rozszerzenia badań naszego warszawskiego zespołu na struktury dwuwymiarowe. Pierwsze dwa miesiące upłynęły mi na uczeniu się fizyki struktur półprzewodnikowych otrzymywanych techniką epitaksji molekularnej. Choć z daleka przypomina ona ćwiczenia praktyczne z elementarnej fizyki mechaniki kwantowej, fizyka ta ma swoje liczne subtelnosci i trudne do rozwiązania zagadki. Potem przez wiele tygodni próbowałem wnieść coś od siebie do prac tam prowadzonych i na dziesięć dni przed zakończeniem mojego pobytu miałem wrażenie kompletnej bezowocności tych wysiłków. Problem był następujący: od

chwili wytworzenia pierwszych studni kwantowych CdTe z barierami CdMnTe, wyznaczone eksperymentalnie rozszczepienia stanów ekscytonowych w tych studniach były większe od wynikających z rachunków modelowych. Początkowo próbowano to tłumaczyć posługując się, zarzuconą później, ideą lokalizacji ekscytonów na powierzchni granicznej między studnią a barierą. Taki ekscyton miałby większy kontakt z pośredniczącymi w tym efekcie jonami magnetycznymi bariery niż ekscyton swobodny w studni. Model ten nie wytrzymał jednak konfrontacji z danymi doświadczalnymi. R. Romestain i współpracownicy z Uniwersytetu w Grenoble mieli swój pomysł: za zwiększenie efektu Zeemana odpowiedzialne jest rozmycie powierzchni granicznej między studnią a barierą. W okolicy powierzchni granicznej będziemy więc mieli do czynienia z **rozcieńczeniem** jonów magnetycznych w porównaniu z ich koncentracją w barierze. To rozcieńczenie osłabia oddziaływanie między jonami stanowiące przeszkodę dla porządkowania ich przez pole magnetyczne. Dzięki rozcieńczeniu namagnesowanie w okolicy powierzchni granicznej będzie większe, zwiększając w konsekwencji rozszczepienia stanów ekscytonowych.

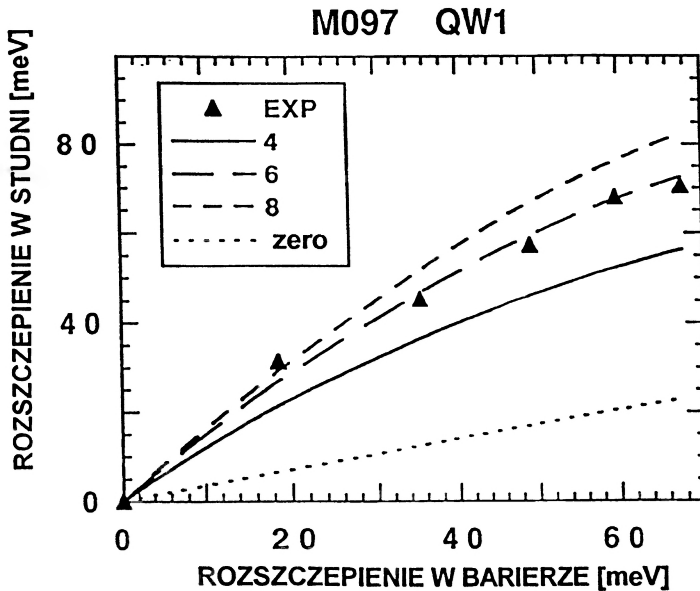
Uznawszy tę ideę za swoją, próbowałem osiągnąć spójny opis ilościowy wyników doświadczeń magnetooptycznych przeprowadzanych dla studni kwantowych tego typu. Bezskutecznie. I wtedy pojawiła się próbka M 097, zawierająca 32% manganu w barierach, znacznie więcej niż w dotychczas badanych próbkach. I nagle wszystko zaczęło się składać: uzyskaliśmy opis ilościowy, który naszym zdaniem stanowił dowód decydującej roli rozmycia powierzchni granicznej w obserwowanym efekcie. Dalsze doświadczenia pozwoliły nam się umocnić w tym przekonaniu i powiększyć naszą wiedzę o powierzchni granicznej CdTe/CdMnTe. Ale spróbujmy przyjrzeć się całej sprawie szczegółowo.

Dla wprowadzenia w ideę pomysłu, spójrzmy na rys. 10, na którym przedstawiono studnię kwantową z zaznaczonym obszarem barier, w którym znajdują się jony magnetyczne, oraz funkcję falową zlokalizowanego w studni nośnika, powiedzmy elektronu przewodnictwa. Kwadrat modułu funkcji falowej jest, jak wiemy, gęstością prawdopodobieństwa przebywania elektronu w danym punkcie. Zadajmy sobie pytanie: gdzie jest obszar najważniejszy dla wpływu zewnętrznego pola magnetycznego na nasz elektron? Pamiętając, że wpływ ten dokonuje się przede wszystkim za pośrednictwem jonów magnetycznych, możemy odpowiedzieć: nie w obszarze studni – bo nie ma tam tych jonów, nie głęboko w barierze – bo nie ma tam elektronu, a więc w obszarze **powierzchni granicznej** studnia–bariera. Wynika stąd, że efekt Zeemana stanu zlokalizowanego w studni kwantowej powinien być czuły na stan tej powierzchni granicznej, a więc stanowi on naturalne narzędzie badania tej powierzchni. Przejdźmy jednak do konkretnych. Na rysunku 11 przedstawiono rozszczepienie w polu magnetycznym energii

ekscytonu zlokalizowanego w jednej ze studni kwantowych próbki M 097 w zależności od wywołanego polem magnetycznym rozszczępienia barier. Oprócz danych



Rys. 10. Schematyczne przedstawienie potencjału i funkcji falowej w niemagnetycznej studni kwantowej z barierami zawierającymi jony magnetyczne



Rys. 11. Rozszczępienie stanu podstawowego ekscytonu w studni kwantowej o szerokości ok. 5 warstw atomowych (próbka M 097) w funkcji rozszczępienia potencjału w barierach. Punkty oznaczają dane doświadczalne, linie – wyniki obliczeń dla studni idealnej (bez rozmycia) oraz z rozmyciem o wartościach zaznaczonych na wykresie (w angstrmach) [20]

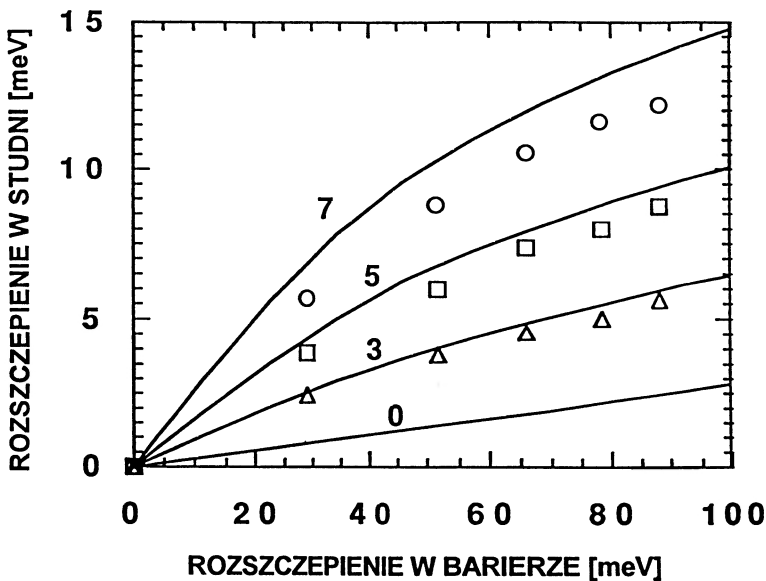
doświadczalnych rys. 11 zawiera wyniki obliczeń przeprowadzonych dla idealnej (skokowej) powierzchni granicznej oraz dla kilku różnych wartości rozmycia tej powierzchni mierzonych długością charakterystyczną założonego wykładniczego profilu rozmycia. Wyniki te prowadzą do następujących wniosków:

1. Choć gęstość prawdopodobieństwa przebywania ekscytonu w niemagnetycznej studni jest większa niż w zawierających jony magnetyczne barierach, rozszczepienie tego ekscytonu w polu magnetycznym może nawet przekroczyć wartość rozszczepienia barier.

2. Rachunki dla studni idealnej (bez rozmycia) przewidują, zgodnie z najprostszą intuicją, rozszczepienie ekscytonu zlokalizowanego w studni znacznie mniejsze od rozszczepienia barier.

3. Uwzględnienie rozmycia, dzięki rozcieńczeniu jonów magnetycznych w obszarze powierzchni granicznej, powoduje znaczny wzrost efektu Zeemana i daje możliwość osiągnięcia ilościowej zgodności z wynikami doświadczalnymi.

Tak wielka czułość efektu Zeemana na stan powierzchni granicznej czyni ten efekt subtelnym narzędziem badania tej powierzchni i umożliwia użycie go np. do optymalizacji warunków wzrostu struktur epitaksjalnych. Rysunek 12 zawiera



Rys. 12. Wykres jak na rys. 11 dla trzech studni kwantowych wyhodowanych w temperaturach 310°C (kółka), 280°C (kwadraty) oraz 250°C (trójkąty). Widać silny wpływ temperatury wzrostu na rozmycie powierzchni granicznej [20]



wykres analogiczny do rys. 11, wykonany dla trzech próbek zawierających studnie kwantowe CdTe z barierami Cd<sub>0,8</sub>Mn<sub>0,2</sub>Te wyhodowane w temperaturach od 250°C do 310°C. Widać, że temperatura wzrostu silnie wpływa na poszerzenie powierzchni granicznej.

Dokładniejsza analiza wyników otrzymanych przy użyciu opisanej tu metody wprowadza nas w całe bogactwo subtelności, na omówienie których nie ma miejsca w niniejszym artykule. W szczególności ujawnia ona, jak ważne jest uwzględnienie rozmycia powierzchni granicznej dla poprawnej analizy wyników badań właściwości magnetycznych cienkich warstw, na przykład MnSe z pracy [18]. Za interesowanym proponuję zapoznanie się z pracami oryginalnymi [19,20].

Nie wiem, czy udało mi się choć w części przekazać, jak fascynującą przygodą było dla mnie, i jest nadal, zajmowanie się półprzewodnikami półmagnetycznymi. Czytelnikowi tego artykułu życzę doznania podobnych przeżyć. Myślę, że nadal jest to możliwe w omówionej tu dziedzinie, która ciągle potwierdza swą wielką żywotność.

## Literatura

- [1] R.R. Gałązka, *Proc. XIV Int. Conf. Phys. Semicond.*, Inst. Phys. Conf. Ser. No. 43 (1979), s. 133.
- [2] A.V. Komarov, S.M. Ryabchenko, V. Terletskii, I.I. Zheru, R.D. Ivanchuk, *Zh. Eksp. Teor. Fiz.* **73**, 608 (1977).
- [3] J.A. Gaj, R. Planel, G. Fishman, *Sol. State Commun.* **29**, 435 (1979).
- [4] M. Nawrocki, R. Planel, G. Fishman, R.R. Gałązka, *Phys. Rev. Lett.* **46**, 735 (1981).
- [5] T. Dietl, J. Spalek, *Phys. Rev. Lett.* **48**, 355 (1982).
- [6] J.K. Furdyna, *J. Appl. Phys.* **64**, R29 (1988).
- [7] *Diluted Magnetic Semiconductors* t. 25, w serii *Semiconductors and Semimetals*, red. J. Furdyna, J. Kossut (Academic Press, New York 1988); J. Kossut, W. Dobrowolski, „Diluted Magnetic Semiconductors”, rozdz. 4 w: *Handbook of Magnetic Materials*, t. 7, red. K.H.J. Buschow (Elsevier, 1993).
- [8] R.R. Gałązka, *Postępy Fizyki* **28**, 602 (1977); R.R. Gałązka, *ibid.* **30**, 537 (1979); J. Gaj, rozprawa habilitacyjna, Uniwersytet Warszawski (1981).
- [9] T. Story, R.R. Gałązka, R.B. Frankel, P.A. Wolff, *Phys. Rev. Lett.* **56**, 777 (1986).
- [10] J. Blinowski, P. Kacman, *Phys. Rev. B* **46**, 12298 (1992).
- [11] W. Mac, Nguyen The Khoi, A. Twardowski, J.A. Gaj, M. Demianiuk, *Phys. Rev. Lett.* **71**, 2327 (1993).
- [12] X. Liu, A. Petrou, J. Warnock, B.T. Jonker, G.A. Prinz, J.J. Krebs, *Phys. Rev. Lett.* **63**, 2280 (1989).
- [13] N. Dai, H. Luo, F.C. Zhang, N. Samarth, M. Dobrowolska, J.K. Furdyna, *Phys. Rev. Lett.* **67**, 3824 (1991).
- [14] W.C. Chou, A. Petrou, J. Warnock, B.T. Jonker, *Phys. Rev. Lett.* **67**, 3820 (1991).

- [15] Th. Pier, K. Hieke, B. Henninger, W. Heimbrodt, O. Goede, H.-E. Gumlich, J.E. Nicholls, M. O'Neil, S.J. Weston, B. Lunn, *zostanie opublikowane w J. Cryst. Growth.*
- [16] F.C. Zhang, N. Dai, H. Luo, N. Samarth, M. Dobrowolska, J.K. Furdyna, L.R. Ram-Mohan, *Phys. Rev. Lett.* **68**, 3220 (1992).
- [17] D. Yakovlev, W. Ossau, A. Waag, R.N. Bicknell-Tassius, G. Landwehr, K.V. Kavokin, A.V. Kavokin, I.N. Uraltsev, A. Pohlmann, *Proc. XXI Int. Conf. Phys. Semicond.*, Beijing 1992, red. Ping Jiang, Hou-Zhi Zheng (World Scientific, 1992), s. 1136.
- [18] L.A. Kolodziejski, R.L. Gunshor, N. Otsuka, B.P. Gu, Y. Hefetz, A.V. Nurmikko, *Appl. Phys. Lett.* **48**, 1482 (1986).
- [19] J.A. Gaj, C. Bodin-Deshayes, P. Peyla, J. Cibert, G. Feuillet, Y. Merle d'Aubigné, R. Romestain, A. Wasiela, *Proc. XXI Int. Conf. Phys. Semicond.*, Beijing 1992, red. Ping Jiang, Hou-Zhi Zheng (World Scientific, 1992), s. 1936.
- [20] J.A. Gaj, W. Grieshaber, C. Bodin-Deshayes, J. Cibert, G. Feuillet, Y. Merle d'Aubigné, A. Wasiela, *zostanie opublikowane.*

**Georges Charpak**

*CERN*

*Genève, Szwajcaria*

**Elektroniczne obrazowanie  
promieniowania jonizującego  
za pomocą ograniczonych lawin w gazach\***

**Electronic imaging of ionizing radiation  
with limited avalanches in gases**

*Nobel Lecture, 10 December 1992, Stockholm*

Wykrywanie i lokalizowanie promieniowania jest podstawą pracy fizyków różnych specjalności, w szczególności w fizyce jądrowej i fizyce cząstek elementarnych. Pewne przyrządy stały się szczególnie ważne przy badaniu zjawisk podstawowych i odegrały rolę kamieni milowych przy konstrukcji współczesnych teorii. Tworzą one długą listę: komora jonizacyjna, komora mgłowa, liczniki Geigera-Müllera, liczniki proporcjonalne, liczniki scyntylicyjne, liczniki półprzewodnikowe, emulsje jądrowe, komory pęcherzykowe, komory iskrowe i strimerowe, komory wielodrutowe i dryfowe, różnego rodzaju kalometry zaprojektowane w celu całkowitej absorpcji promieniowania co prowadzi do pomiaru energii cząstki, liczniki promieniowania Czerenkowa i promieniowania przejścia zaprojektowane do identyfikowania i selekcji cząstek oraz wiele innych detektorów, z których kilka najważniejszych znajduje się ciągle w trakcie rozwoju. Jednak w miarę zmieniających się potrzeb fizyków, część z tych przyrządów wychodzi z użycia. Komory drutowe i dryfowe, wprowadzone w 1968 r., odpowiadały ówczesnym wymaga-

---

\*Wykład noblowski, wygłoszony 10 grudnia 1992 r. w Sztokholmie, został przetłumaczony za zgodą Autora i Fundacji Nobla [Translated with permission. Copyright ©1993 by the Nobel Foundation] (przyp. Red.).

niom fizyków, podczas gdy własności najbardziej wydajnych w tym czasie detektorów, jakimi były głównie komory pęcherzykowe i iskrowe, nie pozwalały już na zaspokojenie tych potrzeb.

Komory wielodrutowe dały impuls do dalszych rozwiązań w sztuce budowy detektorów, w tym kilku bardzo innowacyjnych. W większości eksperymentów w fizyce wysokich energii używa się tych rozwiązań, a ich zastosowanie rozszerzono na tak różne dziedziny jak biologia, medycyna czy radiologia przemysłowa.

Nasze badania nad wielodrutowymi komorami proporcjonalnymi, rozpoczęte w 1967 r., spowodowane były trudnościami jakie musieliśmy rozwiązać w komorach iskrowych. Te ostatnie, które wprowadzili w 1959 r. Fukui i Myamoto, były pięknym uzupełnieniem komory pęcherzykowej. Podczas gdy komora pęcherzykowa wciąż nie miała równych sobie jeśli chodzi o jakość dostarczanych informacji i czasami pojedyncze zdjęcie mogło prowadzić do znaczącego odkrycia, komora iskrowa pozwalała na 100 razy większą szybkość powtarzania przy zbieraniu danych. Co więcej, ponieważ komora ta zapamiętywała zebrane dane przez prawie 1  $\mu$ s, urządzenie mogło być włączane tylko dla przypadków wybranych wcześniej przez szybkie liczniki pomocnicze. Umożliwiło to podjęcie badań nad zjawiskami, które w oddziaływaniach cząstek przy wysokiej energii zachodzą znacznie rzadziej. Mimo to konieczność rejestracji informacji na kliszy fotograficznej stanowiła wąskie gardło; możliwości urządzeń do analizy zdjęć nie przekraczały kilku milionów fotografii na rok lub na jeden eksperyment.

Fizycy musieli więc wynaleźć sposób odczytu iskier, który omijałby wykonywanie fotografii. Wprowadziliśmy dwie nowe metody: pierwsza oparta była na pomiarze opóźnienia sygnału wytwarzanego przez iskrę podczas dochodzenia do końca elektrody; druga wykorzystywała podział prądu wytworzonego przez iskrę w płaskiej lub drutowej elektrodzie, mierzony na końcach tej elektrody. Umożliwiło to pomiar współrzędnych iskry, a w rezultacie przechodzącej cząstki, na drodze czysto elektronicznej. Drugą z tych metod rozwinięto w kilku laboratoriach w zastosowaniu do płaszczyzn ogniskowych spektrometrów, a my wykonaliśmy eksperymenty dotyczące reakcji jądrowych wywołanych pionami.

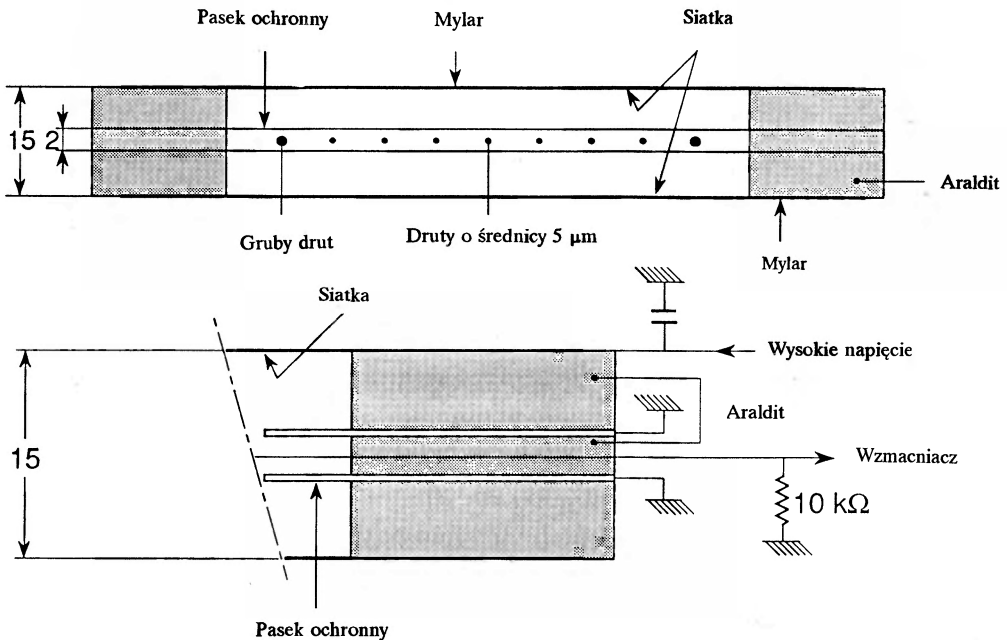
Jednocześnie rozwinięto inne podejścia, niektóre z nich lepsze od naszych: dźwiękowe komory iskrowe i drutowe komory iskrowe, które doprowadziły do bardzo ważnych osiągnięć. Mimo to fakt, że nie można wyzwać komór iskrowych z częstością większą niż ok. 100 razy na sekundę, zmniejszał obszar ich zastosowań. W głowach kilku fizyków pojawił się pomysł ograniczenia wyładowania wytworzonego przez uwolnione w gazie elektrony do poziomu znacznie niższego od uzyskanego w iskrze, tak aby nie rozładowywać kondensatora utworzonego przez elektrody; dodatkowe wzmocnienie, wówczas potrzebne, trzeba było otrzymać za pomocą układów elektronicznych.

W 1967 r. zdecydowałem się na ten krok korzystając z pewnego doświadczenia uzyskanego podczas pracy w Collège de France od 1948 r., mniej więcej dziesięć lat przed rozpoczęciem pracy w CERN-ie. Zbudowałem wtedy cylindryczną jednodrutową komorę proporcjonalną, a także pokazałem możliwości, jakie daje wykorzystanie zjawisk świetlnych wytworzonych przez lawinę elektronów w gazie. To podejście nie doprowadziło do żadnych praktycznych zastosowań. Zostało ono później znacznie rozszerzone podczas prac E. Policarpo na Uniwersytecie w Coimbrze w Portugalii. Cała ta praca, z której czerpałem wiele inspiracji, okazała się bardzo cenna ze względu na uzyskane doświadczenie, a w szczególności zrozumienie zasad rządzących mnożeniem się elektronów w gazach. Doprowadziło to mnie do próby zbudowania komór z lawinami, które można było obserwować jako krótkie impulsy elektryczne. W wyniku tych prac w 1956 r. powstał pierwszy detektor, w którym iskry układały się wzdłuż toru cząstki. Nie odegrał on żadnej roli we wprowadzeniu komór iskrowych do fizyki cząstek elementarnych.

Rysunek 1 pokazuje układ wybrany w 1967 r. do badań nad wielodrutowymi komorami proporcjonalnymi.

Badanie pól elektrycznych pokazuje, że w obszarze blisko drutu o dodatnim potencjale, gdzie powinna tworzyć się niewielka lawina, pole elektryczne jest takie samo jak pole w pobliżu drutu z przyłożonym napięciem umieszczonego na osi cylindrycznej rurki, tak jak to pokazano na rys. 2 i 3. Przy parametrach, które wówczas wybraliśmy, w powszechnie używanym w licznikach proporcjonalnych gazie średnia droga swobodna dla zderzeń jonizujących powinna przy ciśnieniu atmosferycznym wynosić ok.  $1 \mu\text{m}$  (rys. 4). Mogliśmy wobec tego oczekiwać, że dla lawiny rozciągającej się na długości bliskiej średnicy drutu, tzn.  $20 \mu\text{m}$ , wzmocnienie będzie ok.  $10^5$ .

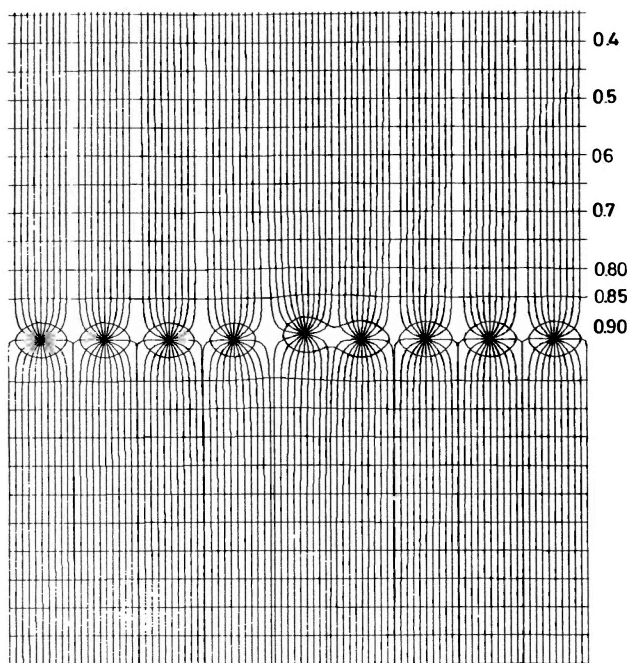
Ciągle pozostawał jeden nie rozwiązany problem, problem pojemnościowego sprzężenia między drutami. Im bliżej siebie były położone, tym większe było prawdopodobieństwo, że impuls indukowany na jednym drucie będzie przenoszony również na drutach sąsiednich. Tak było dla impulsów wytworzonych przez zewnętrzny generator elektryczny, ale okazało się, że tak nie jest dla wewnętrznego generatora utworzonego przez dodatnie i ujemne jony rozdzielane przez działanie pola elektrycznego. Bywały w przeszłości przykłady liczników drutowych, w szczególności w eksperymentach promieniowania kosmicznego, gdzie obawa przed sprzężeniem pojemnościowym prowadziła do izolowania każdego drutu wzmocniającego o dodatnim potencjale przez przegrody lub grube druty pośrednie. Wystarczy jedynie przebadać mechanizm generacji impulsów w liczniku proporcjonalnym żeby zauważyć, że bez względu na odległość między drutami, na drucie, w pobliżu którego pojawiła się lawina, utworzy się sygnał ujemny podczas gdy na sąsiednich drutach, a bardziej ogólnie na sąsiednich elektrodach, tworzą się



Rys. 1. Kilka szczegółów budowy komór wielodrutowych. Druty anodowe, zbierające sygnały, rozłożone są co 2 mm; ich średnica wynosi  $20 \mu\text{m}$ . Rozciągnięte są one między dwiema siatkami katody, w gazie pod ciśnieniem atmosferycznym. Krawędzie płaszczyzn zatopione są w araldicie pozwalając jedynie na wprowadzenie wysokiego napięcia i wyprowadzenie impulsów do wzmacniacza o oporności  $10 \text{ k}\Omega$

sygnały dodatnie, łatwo więc odróżnialne od pierwszego sygnału.

Większość elektronów wytworzona w odległości kilku mikrometrów od drutu przechodzi na swojej drodze przez bardzo mały ułamek,  $\Delta V$ , potencjału  $V$  przyłożonego między drutem a katodą. Zebrany ładunek  $Q$  wytworzy na drucie o potencjale  $V$  impuls o ładunku tylko  $\Delta Q$ , tak aby  $V\Delta Q = Q\Delta V$ . Przy naszym wyborze parametrów ładunek pochodzący od elektronów zbierany był w ciągu ułamka nanosekundy. Jednak dodatkowo jony muszą przejść całą różnicę potencjałów i w ten sposób indukują prawie cały impuls ładunkowy, który zmienia się w funkcji czasu, zgodnie z prawem fizyki odzwierciedlając znaczące pole elektryczne w pobliżu drutu, a malejące na dalszych odległościach. Początkowy, bardzo szybki wzrost impulsu powodował, że wiele osób ulegało wrażeniu, że ten na początku obserwowany impuls pochodził z zebranych elektronów z lawiny. Dla licznika proporcjonalnego o promieniu 1 cm z drutem o średnicy  $20 \mu\text{m}$  wkład od elektronów stanowi tylko 1%. Rysunek 5 pokazuje charakterystyczny kształt rozwoju impulsu w komorze proporcjonalnej spowodowany ruchem jonów. Choć dla wybranego



Rys. 2. Linie ekwipotencjalne i linie pola elektrycznego w wielodrutowej komorze proporcjonalnej. Można zauważyć efekt lekkiego przesunięcia jednego z drutów. Nie ma to żadnego wpływu na pole elektryczne w pobliżu drutu

przykładu całkowity czas potrzebny na zebranie jonów jest bliski  $500 \mu\text{s}$ , prawie połowa sygnału rozwija się w czasie bliskim  $1/1000$  tej wartości, co jest bardzo użyteczne dla szybkiej detekcji.

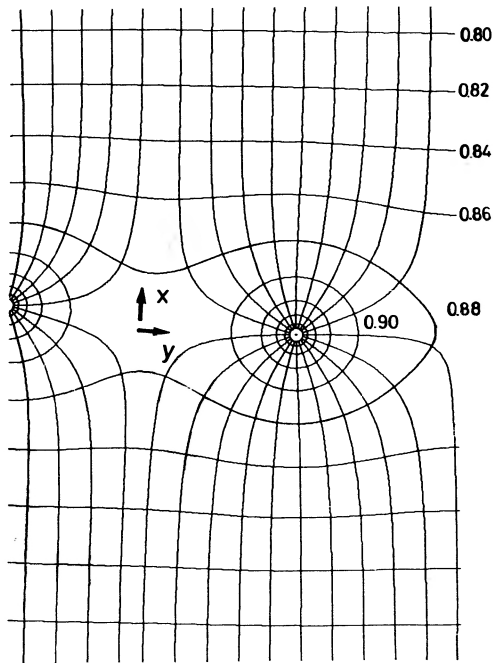
Kluczowe jest tu następujące zjawisko: podczas gdy indukowany sygnał jest ujemny na drucie, od którego odchodzą jony dodatnie, to jest on dodatni na sąsiednich drutach lub elektrodach. Ma to dwie ważne konsekwencje:

- Bardzo prosto można zlokalizować drut znajdujący się w miejscu lawiny bez względu na odległość między drutami.

- Pozycję lawiny wzdłuż drutu można uzyskać, jeśli katodę wykona się z drutów lub pasków prostopadłych do drutu anodowego.

Rozkład indukowanych sygnałów dodatnich jest wtedy ześrodkowany na pozycji lawiny. Doświadczenie miało pokazać, że ta obserwacja ma pierwszorzędne znaczenie przy obrazowaniu promieniowania obojętnego elektrycznie – fotonów lub neutronów.

Zdolność rozdzielcza detektora w czasie zależy od odległości między drutami. Cylindryczne komory proporcjonalne wyszły z użycia w eksperymentach fizyki cząstek elementarnych, ponieważ miały słabą zdolność rozdzielczą; czas potrzebny

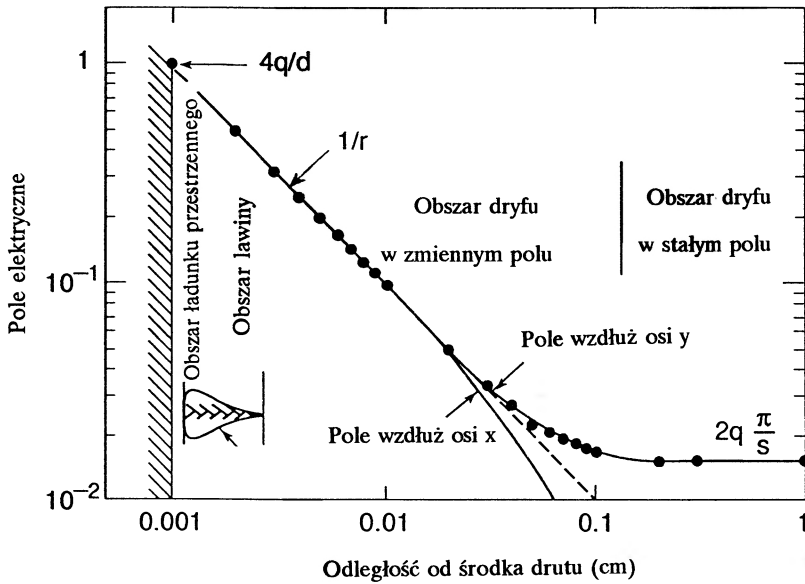


Rys. 3. Szczegół rys. 2 pokazujący pole elektryczne wokół drutu (odległość między drutami wynosi 2 mm, a ich średnica  $20 \mu\text{m}$ )

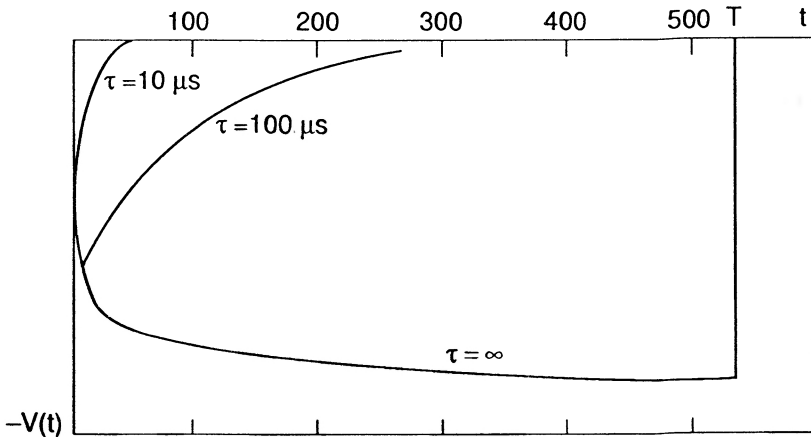
na to aby elektrony uwolnione w gazie dotarły do obszaru w pobliżu drutu, gdzie następuje ich rozmnażanie, jest w rzeczywistości zróżnicowany. Szybko okazało się, że to opóźnienie można łatwo zmierzyć w komorze wielodrutowej i że daje to dokładną odległość cząstki jonizującej od drutu.

Utorowało to drogę całej klasie detektorów, wywodzących się z komór drutowych, w których druty detekcyjne są umieszczone w dużych odległościach od siebie a współrzędna obliczana jest na podstawie pomiaru czasu dryfu elektronów w gazie. Począwszy od 1968 r. pokazywaliśmy, że przy użyciu układów takich jak na rys. 6, zapewniających stałe pole elektryczne na dużych odległościach, można otrzymać dokładności rzędu  $100 \mu\text{m}$ . W 1969 r. grupa eksperymentalna w Saclay rozpoczęła budowę komór dryfowych z 20 cm drogą dryfu, podczas gdy w Heidelbergu podjęto badania nad komorami o konstrukcji podobnej do zwykłych komór drutowych, z dodatkowym drutem między drutami anodowymi o potencjale tak dopasowanym, żeby odpychać elektrony. Wydawało się, że komora dryfowa będzie idealnym przyrządem dla dużych detektorów; powstało wiele grup eksperymentalnych, które rozpoczęły wypełnianie znacznych powierzchni tymi detektorami, osiągającymi np. rozmiary  $5 \times 5 \text{ m}$  i umożliwiającymi uzyskanie dokładności



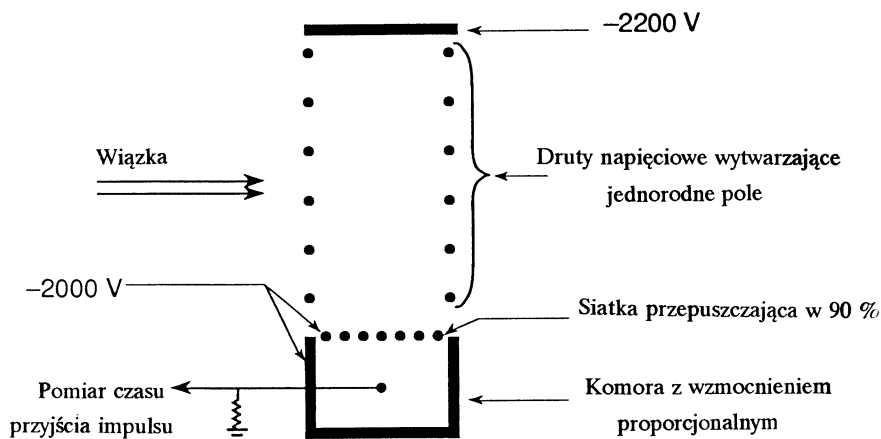


Rys. 4. Zmiana pola elektrycznego w komorze proporcjonalnej wzdłuż osi  $x$  prostopadłej do płaszczyzny drutów z początkiem współrzędnych na jednym z nich. Oś  $y$  ma kierunek równoległy do tej płaszczyzny. Pokazano różne obszary: lawiny elektronowej oraz dryfu w zmiennym a następnie w stałym polu elektrycznym



Rys. 5. Rozwój w czasie  $t$  impulsu w komorze proporcjonalnej;  $T$  jest całkowitym czasem dryfu jonów dodatnich między anodą i katodą. Można zobaczyć efekt malejącej różniczkowej stałej czasowej  $\tau$ . Ruch jonów dodatnich w pobliżu drutu wytwarza bardzo szybko rosnący impuls

kilkuset mikrometrów przy użyciu elektroniki z ograniczoną liczbą kanałów.



Rys. 6. Zasada działania detektora opartego na pomiarze czasu dryfu elektronów w stałym polu elektrycznym (1968)

Począwszy od 1969 r. podkreślaliśmy, że wykorzystanie dryfu elektronów w dużych objętościach w połączeniu z pomiarem środka ciężkości lawin indukowanych w komorze drutowej otwiera drogę do detektorów trójwymiarowych. To jednak D. Nygren, łącząc działanie równoległych pól magnetycznych i elektrycznych oraz pokonując niesłychane problemy ze zbieraniem danych, odniósł sukces budując przyrząd, który daje najdoskonalsze obrazy najbardziej złożonych konfiguracji oddziaływań otrzymywanych w akceleratorach wiązek przeciwbieżnych; w tym celu częstość występowania zdarzeń musi być na tyle mała, żeby uwzględnić dryf elektronów na dużych odległościach. W istocie to wymagania fizyki, bardzo różne w zależności od natury eksperymentu i akceleratora dyktowały jaką powinna być konstrukcja detektorów gazowych wykorzystujących własności pokazane przez nas w 1968 r.

Rozwój elektroniki tranzystorowej umożliwił jednak projektowanie układów wymagających dziesiątków tysięcy kanałów. Komory drutowe górowały nad komorami dryfowymi możliwością akceptowania bardzo dużych częstości zliczeń. Zdolność rozdzielcza w czasie ok. 30 ns i możliwość pracy przy częstości zliczeń  $10^5$  impulsów na sekundę stwarzały możliwość podjęcia badań rzadko występujących zjawisk, będących z powodu wymagania dużych częstości zliczeń poza zasięgiem komór iskrowych.

W roku 1970, w CERN-ie rozpoczęto pod kierunkiem A. Mintena badania projektowe gigantycznego detektora Split-Field Magnet (SFM) dla eksperymentu przy Przeciwbieżnych Pierścieniach Akumulacyjnych (ang. Intersecting Storage

Rings – ISR). Detektor ten zawierał 70 000 drutów, część z nich o długości 2 m. Inna grupa pod kierunkiem J. Steinbergera rozpoczęła budowę detektora zaprojektowanego w celu zebrania dużej liczby przypadków łamiących parzystość ładunkową w rozpadach kaonów. Wiele trudnych problemów należało pokonać przechodząc od komór o rozmiarach  $10 \times 10$  cm do tak dużych powierzchni. Wielkość impulsów zbieranych na drutach komory była proporcjonalna do energii zostawionej przez przechodzącą cząstkę w objętości, jaką tworzyły linie pola kończące się na danym drucie. Proste rozważania pokazały, że w liczniku cylindrycznym logarytm wzmocnienia proporcjonalny jest do czynnika  $f = V^{1/2}[(V/V_t)^{1/2} - 1]$ , gdzie  $V$  jest przyłożonym napięciem a  $V_t$  napięciem progowym. Zachowanie komory drutowej jest dokładnie takie samo jak zachowanie licznika cylindrycznego.

Moja grupa została w tym czasie wzmocniona przez F. Sauliego, który razem z innymi współpracownikami dołączającymi do różnych naszych projektów badawczych, przyczynił się w dużym stopniu do powodzenia wielu nowych detektorów. Podjęliśmy systematyczne badania czynników kontrolujących dokładność osiąganą w komorach dryfowych. Badaliśmy najwyższe dokładności, możliwe do osiągnięcia w komorach wielodrutowych przez pomiar sygnałów indukowanych na katodach. Pokazaliśmy, że lawiny mogą rozwijać się tylko w bardzo ograniczonym obszarze wokół drutu i że przez pomiar środka ciężkości indukowanych sygnałów można określić kąt azymutalny lawiny. Nasze wyniki razem z wynikami kilku innych grup, które rozpoczęły systematyczne badania układów wielodrutowych, doprowadziły do szerokiego użycia komór drutowych i komór dryfowych z dużą różnorodnością konstrukcji detektorów przystosowanych do najróżniejszych sytuacji napotykaných w fizyce cząstek elementarnych.

Odkryto, że użycie mieszanki kilku (do czterech) różnych gazów pozwala zmniejszyć koszt koniecznych układów elektronicznych, umożliwiając uzyskanie wysokich (aż do wysycenia) impulsów, niezależnych wówczas od energii pozostawionej przez cząstkę w gazie. Układy takie wymagały mniej czułej i mniej kosztownej elektroniki niż układy proporcjonalne, a oprócz tego były wystarczająco odporne na różnego rodzaju efekty starzenia.

Pokazano, że impulsy te wytwarzane były przez serie lawin zatrzymujących się w jednorodnym i małym polu elektrycznym w dużej odległości od drutu.

Systematyczne badania nad komorami wypełnionymi gazem pod małym ciśnieniem, przeprowadzane w Izraelu przez A. Breskina, wykazały, że komory pracują przy ciśnieniach tak niskich jak 1 Torr z zadziwiająco dobrą zdolnością rozdzielczą w czasie; poszerzało to zakres zastosowań komór drutowych. Podczas gdy komory drutowe i dryfowe stały się podstawowymi detektorami w eksperymentach fizyki cząstek elementarnych, szybko zastępując komory iskrowe, a w niektórych przypadkach wspomagając komory pęcherzykowe dodatkowymi zewnętrznymi

montowanymi detektorami, wiele grup doświadczalnych wykorzystało nowe możliwości jakie stwarzały te komory do obrazowania różnych typów promieniowania jonizującego. Główne zastosowania pojawiły się w fizyce promieni X o energiach bliskich 10 keV. Z inicjatywy V. Perez-Mendeza zbudowano komory do badań struktury protein przez obrazowanie promieni X ugiętych na kryształach protein. Wadą detektorów gazowych była ich duża przezroczystość dla promieni X, a metody zastosowane do jej przezwyciężenia wymagały użycia ksenonu pod dużym ciśnieniem.

My ze swojej strony próbowaliśmy rozwiązać ten problem budując kulistą komorę dryfową z kryształem makrocząsteczki w środku. Radialnie ukierunkowane linie pola elektrycznego eliminują jakąkolwiek paralaksę i elektrony dryfując na drodze 15 cm przenoszone są do wielodrutowej komory o wymiarach  $50 \times 50$  cm, w której położenie lawin mierzone jest z dokładnością 0.5 mm. Okazało się również, że pomiar położenia jest ciągły w obu wymiarach, ponieważ dyfuzja zapewnia rozszerzanie się chmury elektronów jonizacji tak, że zawsze pokrywa ona dwa druty umożliwiając określenie pozycji lawiny przez interpolację.

To urządzenie ma sporą przewagę nad fotografią jeśli chodzi o szybkość zbierania danych oraz stosunek sygnału do szumu. Używane rutynowo w pomiarach wiązki promieni X, wytworzonej przez promieniowanie synchrotronowe w elektro-nowym pierścieniu akumulacyjnym w Orsay, owocuje wielu ważnymi wynikami.

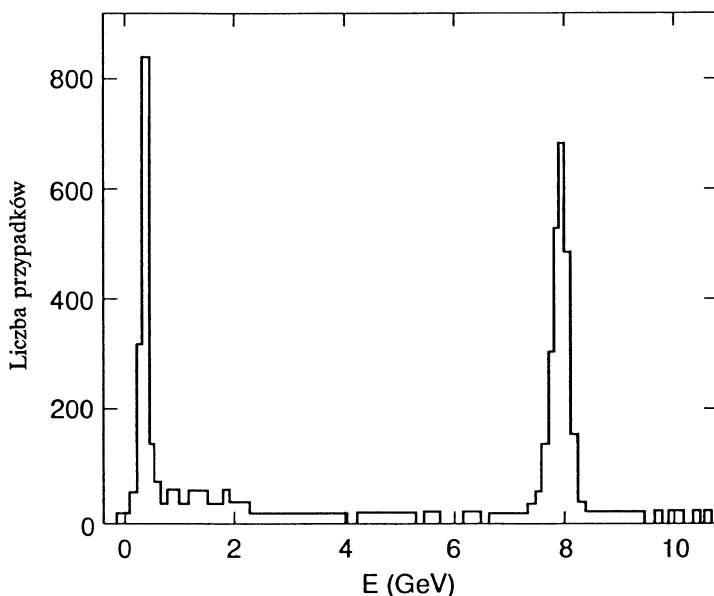
Wyobraźnia, którą wykazały się różne grupy, umożliwiła także rozszerzenie pola zastosowań komór drutowych do wyższych energii promieni X i  $\gamma$ .

W rezultacie grupa w Nowosybirsku opracowała komorę umożliwiającą przeświecanie ciała ludzkiego promieniami X przy dziesięciokrotnym zmniejszeniu dawki w porównaniu z najlepszą aparaturą dostępną dotąd na rynku.

Grupa z firmy Schlumberger wyprodukowała układ do analizy radiograficznej gigantycznych zbiorników używając w tym celu promieni X o energiach do 5 MeV. A. Jeavons skonstruował kamerę pozytonową zdolną do wykrywania promieni  $\gamma$  o energii 0.511 MeV z dokładnością ok. 1 mm. Kamery te, chociaż nie są na tyle efektywne aby pozwalały na zastosowanie tej metody w medycynie jądrowej, umożliwiły znaczący postęp w dziedzinie fizyki ciała stałego. I na koniec, jedna z firm bada rynek dla nowej kamery dla promieni  $\gamma$ , konkurencyjnej w stosunku do kamery Angera, użytecznej zwłaszcza do badań dzieci. Jej zasada oparta jest na komorze drutowej wypełnionej sprężonym ksenonem. Pozwala to na znaczne zmniejszenie podawanych dawek, a także na lepszą dokładność.

Te kilka przykładów wystarcza do pokazania, że być może jesteśmy na progu szerokiego użycia detektorów promieniowania początkowo stworzonych dla potrzeb fizyki cząstek elementarnych. Rozwijać się to będzie w miarę postępu osiąganego w laboratoriach badawczych fizyki cząstek elementarnych.

Ważnym etapem w rozszerzaniu zakresu zastosowań detektorów gazowych było wprowadzenie przez J. Séguinota i T. Ypsilantisa par czułych na fotony. Umożliwiły one lokalizację fotonów z dalekiego ultrafioletu o energii powyżej 5.3 eV z dokładnością lepszą niż 1 mm. Duże urządzenia zaprojektowane do identyfikacji cząstek przy wykorzystaniu promieniowania Czerenkowa używane są obecnie w kilku ogromnych detektorach pracujących przy akceleratorach wiązek przeciwbieżnych. D. Anderson badał możliwości stwarzane przez detekcję fotonów emitowanych przez scyntylatory. Rysunek 7 pokazuje widmo fotonów o energii 9 GeV uzyskane za pomocą komory zawierającej parę czwór(dwumetyloamino)etylenu (TMAE). Dalsze badania pokazały również, że można używać fotoelektrod z cieczy lub ciała stałego dających wzmocnienie porównywalne ze wzmocnieniem ośrodka gazowego.



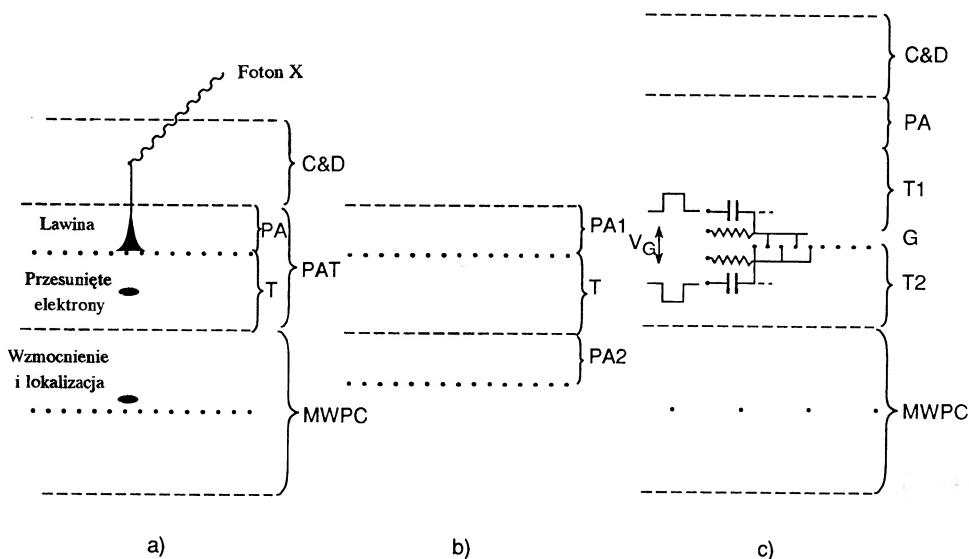
Rys. 7. Widmo energetyczne cząstek (elektronów i pionów) o energii 9 GeV oddziałujących w kryształach  $\text{BaF}_2$  dołączonych do komór drutowych wypełnionych gazem czułym na fotony (TMAE, patrz tekst)

W miarę wzrostu intensywności wiązek w akceleratorach okazało się, że również komory drutowe nie będą mogły poradzić sobie z oczekiwanymi szybkościami zliczeń. Jeśli strumień cząstek przewyższa  $10^4$ – $10^5$  zliczeń na sekundę i na milimetr długości drutu to ładunek przestrzenny wytworzony przez zbieranie się dodatnich jonów zmniejsza przyłożone pole elektryczne i kasuje wzmocnienie.

Aby przezwyciężyć tę trudność pomyśleliśmy razem z F. Saulim o rozdzieleniu procesu wzmocnienia gazowego na dwa etapy: wzmocnienie w układzie przedwzmacniacza, następnie częściowe wychwycenie elektronów do obszaru dryfu wyposażonego w siatkę kontrolną a potem przekazanie elektronów do komory drutowej, która ma wzmacniać tylko elektrony przepuszczone przez siatkę (rys. 8). Można wówczas akceptować albo odrzucać przypadki z dokładnością do ok. 30 ns i opóźnieniem określonym przez czas dryfu elektronu. Razem z S. Majewskim zaprojektowaliśmy układ pozwalający na osiągnięcie tego celu. Bez trudu umożliwił on wzmacnianie pojedynczych fotoelektronów uwolnionych przez ultrafioletowy foton w fotoczułym gazie. W istocie, obszar dryfu w dużym stopniu eliminuje efekt promieniowania emitowanego przez wzbudzone w lawinie atomy, który powoduje wtórne procesy przez wybijanie elektronów w pobliżu początkowych położenia fotoelektronów. Zbudowaliśmy duże detektory tego typu we współpracy z Saclay aby otrzymywać obrazy pierścieni promieniowania Czerenkowa w eksperymencie przeprowadzonym w Laboratorium Fermiego przy akceleratorze Tevatron w Stanach Zjednoczonych. Okazało się jednak, że to rozwiązanie zaowocowało najbardziej w zastosowaniach z dziedziny biologii. Istnieje kilka dziedzin badawczych, w których konieczne jest uzyskanie obrazów rozkładu cząsteczek znakowanych pierwiastkami promieniotwórczymi. Kilka firm komercyjnych próbowało zastosować komory drutowe w celu takiego obrazowania. Główna trudność leży w zwykle znacznej odległości, jaką muszą pokonać w gazach elektrony z substancji radioaktywnych. Zauważyliśmy, że układ wzmacniający oparty na równoległych siatkach nie ma tej wady. W istocie rozmnażanie elektronu przez lawinę Townsenda w sposób potęgowy faworyzuje elektrony jonizacyjne uwolnione w gazie w pobliżu katody, która służy także za okno wejściowe. Otrzymano w ten sposób dokładności rzędu 0.3 mm przykładowo dla promieniowania  $\beta$  emitowanego przez fosfor-32.

Zrobiliśmy wówczas następny krok łącząc taki obszar mnożenia z pewną metodą odczytu lawiny przy użyciu wyemitowanego światła. Wcześniej rozwinęliśmy tę metodę dla badań bardzo rzadkich zjawisk, takich jak podwójny rozpad  $\beta$  lub zderzenia atomów gazu z pewnymi rodzajami ukrytej materii. Uważaliśmy, że tylko nadmiar informacji jaką dają metody fotograficzne może określić jednoznacznie rzadki przypadek. Grupa brytyjska niezależnie podjęła tę metodę do obrazowania fotonów promieniowania Czerenkowa. Używając także wprowadzonych przez nas wielostopniowych komór, doszli do tych samych wniosków: przy użyciu odpowiednio dobranych par można uzyskać obfitą emisję fotonów wystarczającą do detekcji światła emitowanego w lawinach za pomocą prostych układów optycznych.

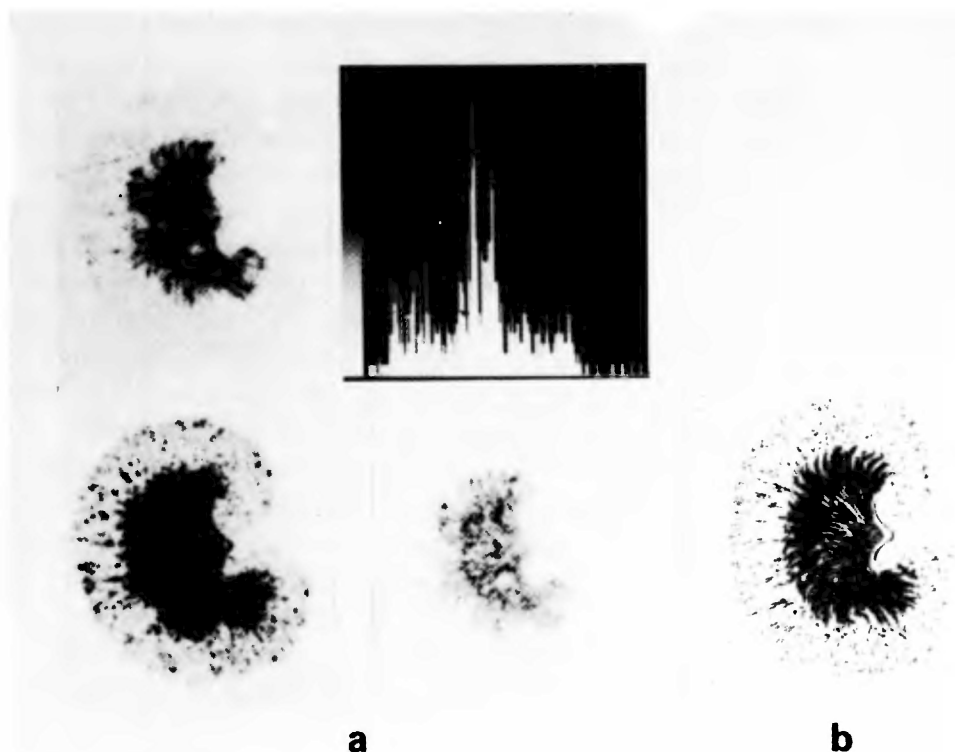
Olbrzymia zaleta tej metody leży w odczycie sygnału. Pozwala ona na za-



Rys. 8. Różne układy wielostopniowe: (a) Układ wstępnego wzmocnienia (PA) i przekazywania (T) poprzedza wielodrutową komorę proporcjonalną (MWPC); obszar konwersji i dryfu (C i D) umożliwia wprowadzanie stałego ładunku (promieniowanie X itp.) do obszaru wzmocnienia; (b) Dwie jednostki płaszczyzn równoległych do przekazu ładunku z PA1 do PA2. Najlepsze czasowe zdolności rozdzielcze osiągnięto w takiej konfiguracji; (c) Wielostopniowa komora z bramką: do drutów siatki G przyłożono przemienny potencjał  $\pm 70$  V. Elektrony przekazywane są z podukładu PA + T<sub>1</sub> do MWPC a przekazanie następuje gdy na drutach za pomocą krótkiego, 30 ns impulsu zostanie przyłożony ten sam potencjał. Umożliwia to wybieranie rzadkich przypadków podczas oddziaływań zachodzących z dużą częstością

stosowanie setek tysięcy kanałów tworzących obecnie CCD (ang. charge-coupling device), podstawowy element w kamerach wideo. Co więcej, fakt, że obraz lawiny świetlnej obejmuje wiele elementów (pikseli) umożliwia interpolację środka lawiny i efektywne pomnożenie liczby rzeczywistych kanałów przez prawie 10. W ten sposób mogliśmy zbudować instrument do oglądania rozkładu elektronów emitowanych przez tryt w plasterku nerki szczura ze szczegółami o rozmiarach ok.  $100 \mu\text{m}$ . Fakt, że takie same dane (rys. 9) zostały uzyskane w ciągu jednego dnia zamiast poprzednio wymaganych przez metodę fotograficzną trzech miesięcy wywołał natychmiastowe zainteresowanie wśród niektórych biologów i zapoczątkował ciągle trwające badania rozwojowe.

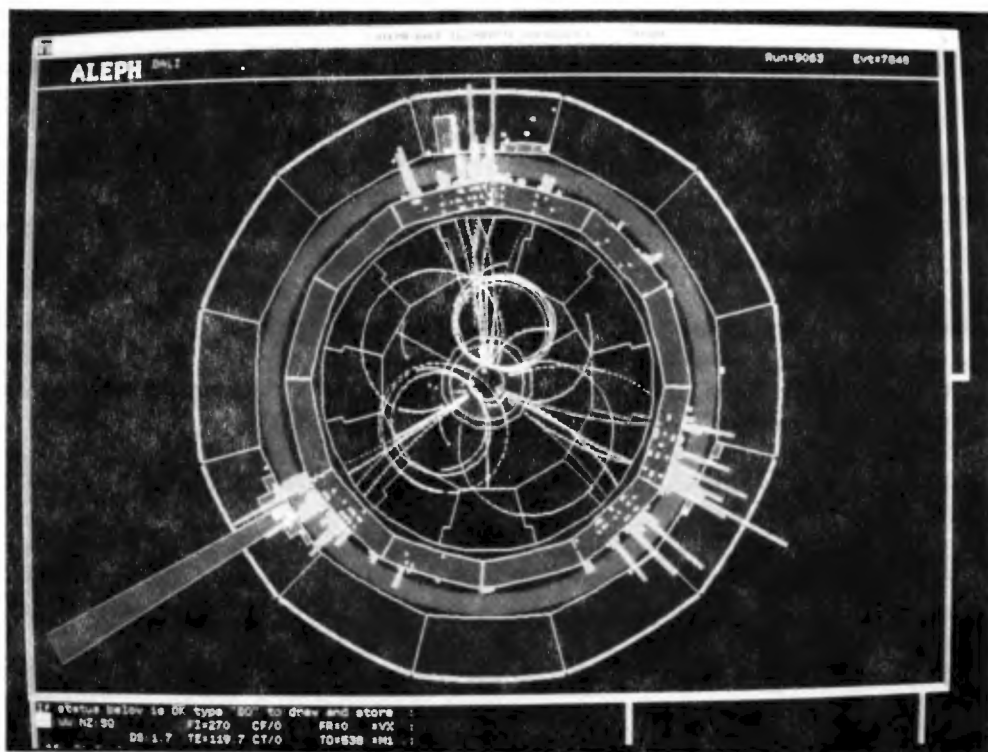
Nasz ostatni eksperyment z detektorami gazowymi zawierającymi układy równoległych siatek pomógł nam w przekonaniu się, że kontrolowane mnożenie lawin w gazach, w układach tak różnorodnych jak druty czy równoległe powierzch-



Rys. 9. Obrazy próbek pobranych z nerki szczura znakowanej trytem. Cztery części diagramu (a) otrzymano przy użyciu detektora gazowego: okienko, ustawione przy trzech różnych poziomach ma 256-stopniową skalę szarości. Widmo intensywności zmierzono wzdłuż ukośnej linii zaznaczonej na pierwszym obrazku z  $40\ \mu\text{m}$  pikselami w płaszczyźnie próbki. Mieszkanką gazów jest ksenon z 2.5% trójetylaminą. Można oglądać szczegóły kanalików nerkowych o rozmiarach  $50\ \mu\text{m}$ . Taki obraz można otrzymać w ciągu 20 godzin. (b) Autoradiograf pokazujący sąsiedni wycinek nerki szczura uzyskany za pomocą emulsji fotograficznej w ciągu 3 miesięcy

nie, poprzez wybór fotokatod dopasowanych do wzmocnienia gazowego jest w dalszym ciągu źródłem owocnych rozwiązań: takie sposoby mnożenia mogą w dalszym ciągu powodować rozwój tych wszystkich dziedzin, w których konieczne jest obrazowanie promieniowania, od ultrafioletowych fotonów do promieni  $\gamma$  i cząstek o najwyższych energiach. Jednak przy obecnym stanie fizyki wysokich energii, proste wykorzystanie lokalizacji swobodnych elektronów w pobliżu drutów kół proporcjonalnych oraz czasu dryfu elektronów zapewnia obrazy konfiguracji cząstek, które ze względu na swą złożoność rywalizują z obrazami dostarczonymi przez komory pęcherzykowe. Pokazano to na rys. 10, przedstawiającym obraz konfiguracji cząstek powstałej w detektorze ALEPH umieszczonym w jednym z przecięć wiązek akceleratora LEP, tj. dużego urządzenia dla wiązek przeciwbież-





Rys. 10. Obraz zderzenia  $e^+e^-$  otrzymany w eksperymencie ALEPH przy akceleratorze LEP przy użyciu urządzenia wykorzystującego pomiar czasu dryfu w dużej objętości oraz odczyt współrzędnych zrzutowanych w komorze drutowej. Dla cząstek, których trajektorie są pokazane, pomocnicze detektory zewnętrzne dostarczają informacji o energii

nych  $e^+e^-$  pracującego w CERN-ie.

Tłumaczył *Marek Szczekowski*  
Instytut Problemów Jądrowych  
Warszawa

## Literatura

Bardzo wyczerpujące studium historyczne zawierające większość odnośników odpowiadających okresowi omawianemu w tym artykule można znaleźć w:

- I. Gambaro, „The development of electron detectors at CERN (1966 – late 1970's)”, *CERN History Study* No. CHS-39, January 1992.

Naszym pierwszym artykułem opisującym własności układów wielodrutowych jest:

- G. Charpak, R. Bouclier, T. Bressani, J. Favier, C. Zupanic, „The use of multiwire proportional chambers to select and localize charged particles”, *Nucl. Instrum. Methods* **62**, 202 (1968).

Za nim następował szereg artykułów, jeden z nich zawiera opis naszych postępów podczas pierwszego roku badań nad komorami drutowymi i dryfowymi:

- G. Charpak, D. Rahm, H. Steiner, „Some developments in the operation of multiwire proportional chambers”, *Nucl. Instrum. Methods* **80**, 13 (1970).

Odsyłamy czytelnika do bardzo szczegółowych prac takich jak:

- F. Sauli, „Principles of operation of multiwire proportional and drift chambers”, *CERN* 77-09 (1977),
- P. Rice-Evans, *Spark, streamer, proportional and drift chambers* (Richelieu, Londyn 1974),
- T. Ferbel, *Techniques and concepts of high-energy physics* (Plenum Press, Nowy Jork 1987),

oraz do książki zawierającej dobry opis rozwoju detektorów w powiązaniu z ewolucją fizyki cząstek elementarnych:

- F. Close, M. Marten, C. Sutton, *The particle explosion* (Oxford University Press, 1987).

## WSPOMNIENIA – ROCZNICE

**Mirosław Łukaszewski**

*Instytut Fizyki PAN*

*Warszawa*

### **Wspomnienie o Kazimierzu Rosińskim (1920–1992)**

**In memory of Kazimierz Rosiński (1920–1992)**

Dnia 4 grudnia 1993 r. minęła pierwsza rocznica śmierci profesora Kazimierza Rosińskiego, wybitnego specjalisty w dziedzinie fizyki atomowej i molekularnej, nauczyciela i wychowawcy wielu warszawskich optyków. Jako długoletni współpracownik Profesora chciałbym przypomnieć jego sylwetkę i karierę naukową.

Kazimierz Rosiński urodził się 8 lipca 1920 r. w Radliczycach pod Kaliszem. Po uzyskaniu matury w Liceum Humanistycznym im. F. Chopina w Sochaczewie w 1938 r. został powołany do odbycia służby wojskowej. Wybuch wojny przeszkodził mu w rozpoczęciu studiów. Należał do pokolenia, któremu II Wojna Światowa szczególnie opóźniła i utrudniła zdobycie wykształcenia. Nie tylko przecież rozpoczął studia z kilkuletnim opóźnieniem (wstąpił na nie niezwłocznie po otwarciu zapisów na Uniwersytet Warszawski w końcu 1945 r.), lecz ponadto odbywał je na uczelni zniszczonej przez wojnę, początkowo bardzo ubogiej i materialnie i kadrowo. Studiując fizykę na UW pracował równocześnie jako nauczyciel fizyki w szkole podstawowej, a potem średniej w Sochaczewie.

Już w czasie studiów Rosiński zainteresował się zjawiskami optycznymi. Jego praca magisterska z zakresu fizyki doświadczalnej, wykonana pod kierunkiem prof. Stefana Pieńkowskiego w 1950 r., dotyczyła luminescencji roztworów barwników organicznych. Jeszcze przed uzyskaniem tytułu magistra rozpoczął pracę

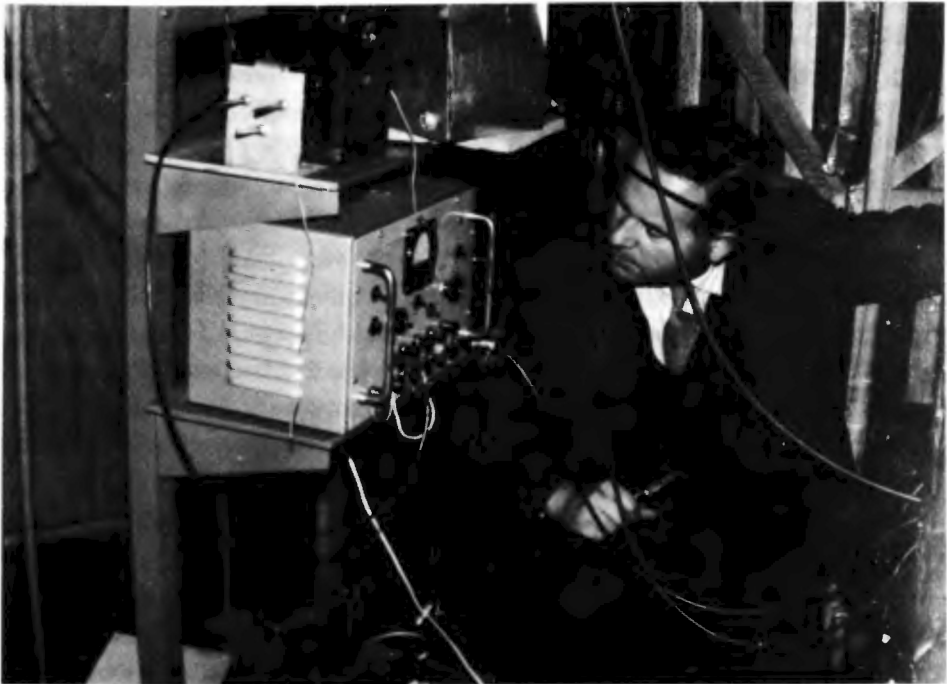
jako asystent w Instytucie Fizyki Doświadczalnej UW (1949 r.). Po uzyskaniu dyplomu, Rosiński kontynuował badania rozpoczęte w czasie wykonywania pracy magisterskiej. Wyjaśnienie przyczyn czysto termicznego wygaszania fluorescencji roztworów silikonowych biacenu stało się przedmiotem jego rozprawy doktorskiej obronionej na Wydziale Matematyki i Fizyki UW w 1957 r. Rozprawa ta stanowiła podsumowanie i zakończenie jego prac w dziedzinie fotoluminescencji roztworów cząsteczek złożonych.

Po uzyskaniu doktoratu, Rosiński zwrócił swoje zainteresowania w nowym kierunku. W latach pięćdziesiątych pojawiły się w optyce atomowej nowe narzędzia i obszary badań w związku z powstaniem metod podwójnego rezonansu (magnetyczno-optycznego) i pompowania optycznego. Dla zapoznania się z tą tematyką wyjechał wówczas do Paryża Tadeusz Skaliński, na staż naukowy w laboratorium Alfreda Kastlera w Ecole Normale Supérieure, a po powrocie do kraju zdecydował się wprowadzić i rozwijać te metody w Warszawie. Kazimierz Rosiński stał się jego głównym współpracownikiem w tej dziedzinie.

Po odbyciu blisko rocznego stażu w paryskim laboratorium Kastlera, Rosiński rozpoczął budowę warsztatu naukowego i tworzenie zespołu badawczego. Grupę optyczną na Hożej stanowił wówczas Zakład Optyki IFD UW i Zakład Optyki Atomowej i Molekularnej Instytutu Fizyki PAN, oba kierowane przez Tadeusza Skalińskiego. Grupa ta stanowiła całość aż do przeniesienia się Instytutu Fizyki PAN na Służewiec, tzn. do 1972 r. Rosiński, który od 1961 r. pracował tylko w IF PAN, zajmował się więc młodymi pracownikami i uniwersyteckimi i PAN-owskimi, kierując ich pracami magisterskimi a potem doktorskimi.

Sam zajął się zagadnieniem, z którym zetknął się w czasie swego stażu w Paryżu. Chodziło o to, czy i w jakich warunkach spójność stanów zeemanowskich, wytworzona w wyniku pompowania optycznego i rezonansu magnetycznego w stanie podstawowym atomów metali alkalicznych, może być przeniesiona do stanu wzbudzonego atomu przy wzbudzeniu optycznym. Zadaniem, które postawił sobie Rosiński, było poszukiwanie, a następnie wyjaśnienie tego zjawiska, którego przejawem doświadczalnym jest modulacja fluorescencji rezonansowej z częstotliwością rezonansu magnetycznego w stanie podstawowym. Rosiński modulację taką zaobserwował, zbadał jej własności oraz przedstawił opis teoretyczny tłumaczący wyniki doświadczeń. Prace te stały się przedmiotem jego habilitacji, którą uzyskał w 1966 r. Otrzymał za nie również nagrodę naukową PTF w 1965 r.

Wraz z młodymi współpracownikami (od 1962 r. był kierownikiem Pracowni Spektroskopii Rezonansowej, a od 1970 r. – zastępcą kierownika Zakładu Optyki Atomowej i Molekularnej) zajmował się innymi aktualnymi zagadnieniami. Między innymi pod jego kierunkiem zbadano teoretycznie, a potem zaobserwowano zjawisko przecinania się poziomów zeemanowskich w stanach wzbudzonych ato-



Kazimierz Rosiński w pracowni (1965 r.)

mów metali alkalicznych, a także zastosowano zjawisko przeniesienia spójności ze stanu podstawowego do wzbudzonego do badania zderzeń atomów wzbudzonych.

Główną specjalnością grupy Rosińskiego stały się jednak badania procesów relaksacyjnych w stanie podstawowym atomów metali alkalicznych, zorientowanych na drodze pompowania optycznego. Opracowano nowe metody pomiarowe. Badano relaksację podłużną i poprzeczną w zderzeniach atomów zorientowanych z atomami gazu buforującego, w zderzeniach wymiennych i ze ściankami komórki. Analizowano wpływ na zjawiska relaksacyjne światła pompującego oraz stałego i zmiennego pola magnetycznego. Wykonano wiele interesujących pomiarów i prac teoretycznych. Owocem tych badań były liczne publikacje oraz kilka rozpraw doktorskich (w IFD UW i w IF PAN), których promotorem był Rosiński. Choć po przeniesieniu się Instytutu Fizyki PAN do własnej siedziby w Al. Lotników codzienna współpraca z uniwersytecką częścią grupy optycznej stała się trudniejsza, to wiele prac zainicjowanych przez Rosińskiego kontynuowali na Hożej jego współpracownicy.

Warto dodać, że badania z dziedziny pompowania optycznego doprowadziły do ważnych zastosowań we wzorcach czasu („zegary atomowe”) i w magnetome-

trii. Rosiński zajmował się tym także. We współpracy z Instytutem Geofizyki PAN, jego grupa opracowała i wykonała głowicę optyczną magnetometru wykorzystującego pompowanie optyczne. W trakcie tych prac zgłoszony został patent nowej metody pomiarowej, w której wykorzystano zjawisko nutacji momentu magnetycznego.

Problematyką relaksacyjną zajmował się Rosiński mniej więcej do końca lat siedemdziesiątych. Za ukoronowanie jego działalności z tego okresu można uznać otrzymanie nagrody zespołowej Sekretarza Naukowego PAN przez jego grupę w 1977 r. (od 1973 r. Rosiński kierował Zespołem Problemowym Optyki Kwantowej w IF PAN), powierzenie mu (wraz z prof. Skalińskim) wykładu inauguracyjnego na IX Konferencji Europejskiej Grupy Spektroskopii Atomowej w Krakowie w 1977 r. (tłumaczenie tego wykładu zostało opublikowane w *Postęпах Fizyki* 29, 3 (1978) pt. „Optyczne badania relaksacji źródłem informacji o mechanizmie zderzeń atomowych”) oraz uzyskanie tytułu profesora nadzwyczajnego w 1978 r.

Na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych przed badaniami optycznymi otworzyły się nowe możliwości związane z pojawieniem się laserów. Dla spektroskopii szczególnie ważne było wprowadzenie do użytku strojonych laserów barwnikowych, dzięki którym stało się możliwe silne i selektywne obsadzanie wysoko wzbudzonych stanów atomów i cząsteczek, a więc i badanie ich własności spektroskopowych. Rosiński doskonale zdawał sobie sprawę i z tych nowych możliwości i z konieczności podjęcia badań z wykorzystaniem laserów dla utrzymania aktywnego kontaktu z optyką światową.

Wiązało to się z koniecznością przebudowy warsztatu doświadczalnego i opanowania nowych metod pomiarowych. Zadanie to podjęto korzystając m.in. z doświadczeń zdobytych podczas licznych staży naukowych współpracowników Rosińskiego w renomowanych ośrodkach zagranicznych. Z jednej strony rozwinęto badania różnego rodzaju zjawisk nieliniowych w neonie, w których wykorzystano lasery helowo-neonowe, z drugiej – po zbudowaniu laserów azotowych i barwnikowych – podjęto badania spektroskopowe stanów wzbudzonych atomów metali alkalicznych i ich dimerów. (Zespół kierowany przez Rosińskiego, po oddzieleniu się od niego grupy czysto teoretycznej, nosił od 1983 r. nazwę Zespołu Spektroskopii Laserowej.) Rosiński brał bezpośredni udział w pracach dotyczących procesów zderzeniowych w wysoko wzbudzonych stanach atomów metali alkalicznych, które prowadzą do zmiany rozkładu energii wzbudzenia między różnymi stanami wzbudzonymi. Był jednak również blisko związany z innymi pracami prowadzonymi w jego zespole, tzn. badaniami spektroskopowymi dimerów metali alkalicznych i badaniami zjawisk nieliniowych wywołanych promieniowaniem lasera He-Ne. Sam zajmował się ponadto nowymi metodami spektroskopii laserowej (metoda prążków Ramseya w dziedzinie optycznej, optyczna detekcja atomów w stanach

rydbergowskich). W 1989 r. otrzymał tytuł profesora zwyczajnego.

Obserwując ewolucję zainteresowań i tematyki prac prowadzonych przez Rosińskiego można zauważyć, że starał się on zawsze zajmować tym, co najciekawsze i najbardziej aktualne w optyce. Nie obawiał się dokonywania istotnych zmian obszaru badań, choć na ogół wiązało się to ze znacznym wysiłkiem, zwłaszcza w zakresie przebudowy warsztatu doświadczalnego. Otwarcie na bieżący rozwój uprawianej dziedziny i stała gotowość podejmowania nowych, aktualnych problemów to jedna z wielu lekcji, jakich prof. Rosiński udzielił swoim uczniom i współpracownikom w najlepszy ze znanych sposobów – własnym przykładem.

Zespołem Spektroskopii Laserowej kierował aż do przejścia na emeryturę z końcem 1990 r. Również później brał czynny udział w pracy Zespołu. Uwolniony od obowiązków administracyjnych i organizacyjnych tym lepiej mógł przekazywać młodszemu kolegom swą wiedzę i doświadczenie.

Gotowość służenia innym radą i pomocą, dzielenia się z nimi swą wiedzą, cechowała go zawsze i była ogólnie znana i ceniona. Kierował licznymi pracami magisterskimi i wypromował wielu doktorów. Przez wiele lat prowadził wykłady monograficzne na Wydziale Fizyki UW. Wykładał także w Państwowym Komitecie Normalizacji, Jakości i Miar oraz na Podyplomowym Studium Informacji Obrazowej Wydziału Biologii UW. Był recenzentem i konsultantem wielu wydawnictw, w szczególności Wydawnictw Szkolnych i Pedagogicznych. Z powodzeniem zajmował się popularyzacją nauki. Współpracował aktywnie z Towarzystwem Wiedzy Powszechnej. Dla *Postępów Fizyki* napisał wiele artykułów, recenzji i sprawozdań. W latach 1956-59 był redaktorem działu fizyki doświadczalnej w *Postęпах*.

Był długoletnim, bardzo aktywnym członkiem Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Działał w Oddziale Warszawskim, był przez wiele lat skarbnikiem Zarządu Głównego, a także – przez jedną kadencję – jego wiceprezesem. Przez cztery lata kierował Olimpiadą Fizyczną.

Profesor Kazimierz Rosiński był człowiekiem skromnym, prawym i przyjaznym ludziom. Był daleki od eksponowania własnej osoby, najlepiej czuł się w zaciszu własnej pracowni lub w gronie najbliższych współpracowników. Był raczej zamknięty w sobie. Choć spotykaliśmy go przez wiele lat na codzień, niewiele właściwie umiemy powiedzieć o jego osobistych zainteresowaniach i pasjach. Wiem, że kochał muzykę i pasjonował się obserwacjami gwiazd i zjawisk atmosferycznych. Nie byliśmy świadomi, jak poważnie był chory i dlatego jego śmierć była dla nas tak niespodziewana. Byliśmy przekonani, że jeszcze przez wiele lat będziemy mogli korzystać z rad, sugestii i pomocy Profesora, że jeszcze wielokrotnie będziemy mogli przedstawić mu do oceny projekty i wyniki naszych prac.

## ZAGADNIENIA DYDAKTYKI FIZYKI W SZKOŁACH WYŻSZYCH

**Waldemar Gorzkowski**

*Instytut Fizyki PAN*

*Warszawa*

### **XXIV Międzynarodowa Olimpiada Fizyczna**

#### **XXIV International Physics Olympiad**

*Abstract:* The XXIV International Physics Olympiad took place in Williamsburg (Virginia, USA) on July 10–18, 1993. A short description of this event and its results are given.

Zawody XXIV Międzynarodowej Olimpiady Fizycznej odbyły się w Williamsburgu w Stanie Virginia w USA w dniach 10-18 lipca 1993 r. Wzięło w nich udział 41 państw. Obecny był również obserwator z Europejskiego Towarzystwa Fizycznego a zarazem opiekun delegacji szwedzkiej, dr Lars Gislen, a także obserwatorzy z Argentyny, Izraela, Portugalii i Tajwanu.

Każdy kraj uczestniczący w zawodach mógł przysłać 5 zawodników i 2 opiekunów. Polskę reprezentowali zwycięzcy XLII Olimpiady Fizycznej, którzy w zawodach krajowych zajęli miejsca od I do V:

- 1) Andrzej KomisarSKI, uczeń mgr Hanny Szyburskiej (I LO im. Mikołaja Kopernika w Łodzi),
- 2) Mariusz Szyposzyński, uczeń mgr Zofii Szajkowskiej (LO im. Mikołaja Kopernika w Hły),
- 3) Łukasz Wiechecki, uczeń mgr Andrzeja Wierzbickiego (II LO im. Stanisława Wyspiańskiego w Legnicy),



- 4) Jarosław Potiuk, uczeń mgra Bolesława Wojtowicza (Zesp. Szkół Ogólnokształcących nr 1 im. Bolesława Krzywoustego w Słupsku),
- 5) Piotr Łoniewski, uczeń mgr Barbary Zygmunt (Zesp. Szkół Elektronicznych w Warszawie).

Opiekunami naszej delegacji byli członkowie Komitetu Głównego Olimpiady Fizycznej: dr Waldemar Gorzkowski (zarazem sekretarz Międzynarodowych Olimpiad Fizycznych), kierownik delegacji, i dr Paweł Janiszewski, opiekun pedagogiczny.

Przed zawodami Komitet Główny zorganizował dziesięciodniowy obóz przygotowawczy dla naszej reprezentacji. Część doświadczalna obozu odbywała się w I Pracowni Wydziału Fizyki UW, natomiast zajęcia teoretyczne – w Instytucie Fizyki PAN. Prowadzenie zajęć teoretycznych powierzono znanemu nauczycielowi, wychowawcy wielu olimpijczyków, mgrowi Stanisławowi Lipińskiemu, zaś zajęcia doświadczalne prowadziło kilka osób, wśród których rolę wiodącą pełnił Piotr Kossacki, członek Komitetu Głównego, obecnie student Wydziału Fizyki UW, który był kilkakrotnym zwycięzcą krajowych olimpiad fizycznych i kilkakrotnie uczestniczył w zawodach olimpiad międzynarodowych.

W Williamsburgu zawodnicy otrzymali do rozwiązania 3 zadania teoretyczne (jednego dnia) oraz 2 zadania doświadczalne (dwa dni później). Na rozwiązanie zadań przeznaczono każdego dnia 5 godzin.

Warto podkreślić, że zadania konkursowe były bardzo dobrze przygotowane. Nic w tym dziwnego, za całość zadań odpowiadał prof. Anthony French, znany m.in. ze swojej pięknej książki *Zasady fizyki współczesnej*. Wśród organizatorów było aż 7 laureatów Nagrody Nobla – Nicolaas Bloembergen (1981), Val Fitch (1980), Jerome I. Friedman (1990), Sheldon Lee Glashow (1979), przewodniczący Komitetu Organizacyjnego Leon Lederman (1988), Arno Penzias (1978), Kenneth F. Wilson (1982). Wprawdzie pełnili oni na ogół funkcje tylko honorowe, ale sama ich obecność wpływała na poziom prac przygotowawczych. Za całość prac Komitetu Organizacyjnego odpowiadał jego dyrektor, dr Arthur Eisenkraft, wieloletni opiekun drużyny amerykańskiej na Międzynarodowych Olimpiadach, człowiek o dużym doświadczeniu, mimo raczej młodego wieku. Uczestnicy Olimpiady byli zakwaterowani na terenie College of William and Mary, tam też odbywały się same zawody.

Program „towarzyski”, czyli imprezy w czasie wolnym, był podobnie jak w trakcie innych Olimpiad bardzo bogaty. W czasie zawodów wychodziła również gazetka olimpijska pod nazwą *Chaos*, rozprowadzana bezpłatnie między uczestników.

Komisja Międzynarodowa, kierująca pracą w czasie zawodów, składa się z

opiekunów poszczególnych delegacji, po 2 osoby z każdego kraju. Jak widać z liczby krajów biorących udział w zawodach ostatniej Olimpiady, jest to ciało bardzo duże i każdy, kto miał okazję w tak licznej grupie pracować, wie jak ciężko jest utrzymać dyscyplinę i porządek dyskusji. Kluczową rolę zawsze odgrywa tu prowadzący zebranie. W tym kontekście warto odnotować szczególnie efektywną pracę prof. Judy R. Franz, która prowadziła zebrania Komisji Międzynarodowej. Tak świetnego przewodniczącego nie było chyba od czasu Olimpiady w Sigtunie w 1984 r., kiedy to zebraniom przewodniczył prof. Bengt E.Y. Swensson.

Rozwiązania były sprawdzane przez lokalną komisję złożoną z 25 osób. Wystawione oceny były później omawiane z opiekunami poszczególnych delegacji.

Najlepszy wynik (40.65 punktu na 50 możliwych) osiągnęli *ex aequo* Junan Zhang z Chin i Harald Pfeiffer z Niemiec, którzy tym samym zdobyli tytuły absolutnych zwycięzców XXIV Międzynarodowej Olimpiady Fizycznej. Zgodnie z regulaminem przyznano 17 pierwszych nagród (złote medale), 16 drugich (srebrne medale), 32 trzecie (brązowe medale) i 38 wyróżnień. Ponadto przyznano 6 nagród specjalnych za wyróżniające się rozwiązania niektórych zadań. Dodatkowo przyznano też nagrody specjalne dla najlepszego zawodnika w każdej drużynie (w naszej otrzymał ją M. Szyposzyński). Zwycięskim olimpijczykom nagrody wręczali laureaci Nagrody Nobla.

Nasi uczniowie wypadli marnie. Zdobyli tylko 3 wyróżnienia (Komisarski, Szyposzyński i Potiuk). Wynik ten należy uznać za bardzo słaby, nie odpowiadający ani naszym dotychczasowym osiągnięciom ani naszym ambicjom. Pewną pociechą jest dodatkowo zdobyta przez Komisarskiego nagroda specjalna za szczególnie ładne rozwiązanie zadania teoretycznego nr 2, ale nie zmienia to faktu, że tak lichego wyniku nie mieliśmy jeszcze ani razu w całej dotychczasowej historii Międzynarodowych Olimpiad Fizycznych.

Co jest przyczyną porażki? Niewątpliwie jedną z najważniejszych przyczyn jest obniżający się systematycznie od kilku lat poziom nauczania fizyki w szkołach średnich. Skutki zubożenia programu nie od razu są widoczne. Doszliśmy już jednak do punktu, w którym „niedouczenie z fizyki” sięgnęło ostatniej klasy. Jednym z objawów tego jest, że w tym roku liczba laureatów krajowej Olimpiady Fizycznej była niemal dwukrotnie niższa niż to było w latach ubiegłych. Po prostu poziom przygotowania zawodników był bardzo niski i przy racjonalnych kryteriach nie było więcej kandydatów do nagród. Od paru lat okręgi sygnalizują nam znacznie obniżone umiejętności zawodników i apelują o „zrobienie czegoś”. Oprócz niezbyt przemyślanych zmian programowych, na złe przygotowanie zawodników wpływa zanik pracy kółek przedmiotowych i innych form pracy pozalekcyjnej. Organizowany przez nas dziesięciodniowy obóz przygotowawczy nie zastąpi czteroletniej systematycznej pracy w szkole. Uczniowie nie wynoszą ze szkoły elementarnych

wiadomości dotyczących wykonywania eksperymentów, również ich umiejętności radzenia sobie z zadaniami rachunkowymi pogarszają się z roku na rok.

Z rozmów z uczestnikami obozu przygotowawczego wynikało, że uczniowie nie traktują fizyki jako swego głównego obiektu zainteresowania i nie wiążą z fizyką swojej przyszłości. Można przypuszczać, że jest to w pewnym stopniu wynikiem ogólnej atmosfery w kraju, atmosfery sprzyjającej zdobywaniu pieniędzy i bogaceniu się, ale nie sprzyjającej zdobywaniu wiedzy. Nie jest wykluczone też, że selekcja zawodników w trakcie zawodów olimpijskich musi się nieco zmienić. Być może trzeba będzie zmienić nieco charakter zadań lub system ocen. Sprawa wymaga szerszej analizy. Nie ulega jednak wątpliwości, że jakieś zmiany są potrzebne. Nie można bowiem uznać za zdrową sytuację, gdy pięciu pierwszych zwycięzców Olimpiady Fizycznej bardziej interesuje się innymi przedmiotami niż fizyką.

Jak zazwyczaj, przy okazji zawodów Komisja Międzynarodowa rozpatrywała kilka spraw organizacyjnych. Przyjęto poprawkę do Statutu dotyczącą języków. Jedynym językiem używanym w czasie zebrań Komisji Międzynarodowej będzie teraz angielski (dotychczas: angielski i rosyjski). Angielski będzie również jedynym językiem, w którym przygotowuje się wzorcowe rozwiązania zadań (dotychczas: angielski, rosyjski, francuski i niemiecki). Natomiast same teksty zadań, z których dokonuje się tłumaczenia na języki narodowe, będą przygotowywane w pięciu językach: angielskim, francuskim, hiszpańskim, niemieckim i rosyjskim.

W związku z upływem kadencji dokonano wyboru Sekretarza Międzynarodowych Olimpiad Fizycznych. Został nim ponownie, na kolejne 5 lat, autor niniejszej notatki.

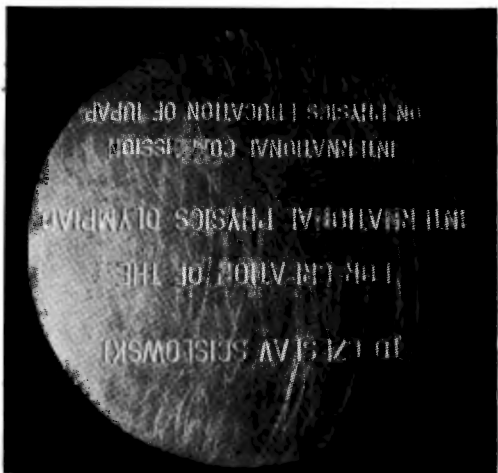
Zawody następnej, XXV Międzynarodowej Olimpiady Fizycznej, odbędą się w Pekinie w lipcu 1994 r.

Międzynarodowe Olimpiady Fizyczne zdobywają sobie na świecie coraz większe uznanie. W ubiegłym roku Komisja ds. Nauczania Fizyki IUPAP przyznała Międzynarodowej Olimpiadzie Fizycznej Medal ICPE (International Commission on Physics Education of IUPAP). Jest to medal przechodni, będzie on każdego roku przekazywany organizatorom następnej Olimpiady. Został on wręczony organizatorom Olimpiady 1993 i od razu przekazany delegacji chińskiej. Jednocześnie Medale ICPE przyznano organizatorom trzech pierwszych Międzynarodowych Olimpiad: pośmiertnie prof. Czesławowi Ścisłowskiemu (I MOF – Warszawa 1967), pośmiertnie prof. Rostislavovi Kostialovi (II MOF – Brno 1968) i prof. Rudolfowi Kunfalviemu (III MOF – Budapeszt 1969).

Wspomniany medal został ustanowiony w roku 1979. Jest on przyznawany za szczególne zasługi dla nauczania fizyki. Dotychczas otrzymali go: Eric M. Rogers (1980), Piotr Kapica (1981), Jerrold R. Zacharias (1984), Victor F. Weisskopf

(1986) i John L. Lewis (1988). Medal został zaprojektowany przez węgierskiego artystę Miklosa Borsosa. Przedstawia on oddziaływania istot ludzkich z czterema żywiołami starożytnych Greków: ziemią, powietrzem, ogniem i wodą. Ludzie początkowo bali się tych żywiołów lecz z czasem nauczyli się nad nimi panować, co symbolizuje osoba zapalająca ogień.

Obie strony Medalu przyznawanego prof. Czesławowi Ścisłowskiemu





Obie strony Medalu przyznanego prof. Czesławowi Ścisłowskiemu

(1986) i John L. Lewis (1988). Medal został zaprojektowany przez węgierskiego artystę Miklosa Borsosa. Przedstawia on oddziaływania istot ludzkich z czterema żywiołami starożytnych Greków: ziemią, powietrzem, ogniem i wodą. Ludzie początkowo bali się tych żywiołów lecz z czasem nauczyli się nad nimi panować, co symbolizuje osoba zapalająca ogień.

**Adam Babiński**

*Institut Fizyki Doświadczalnej  
Uniwersytet Warszawski  
Warszawa*

## Pokaz efektu Halla na sali wykładowej

### The lecture demonstration of the Hall effect

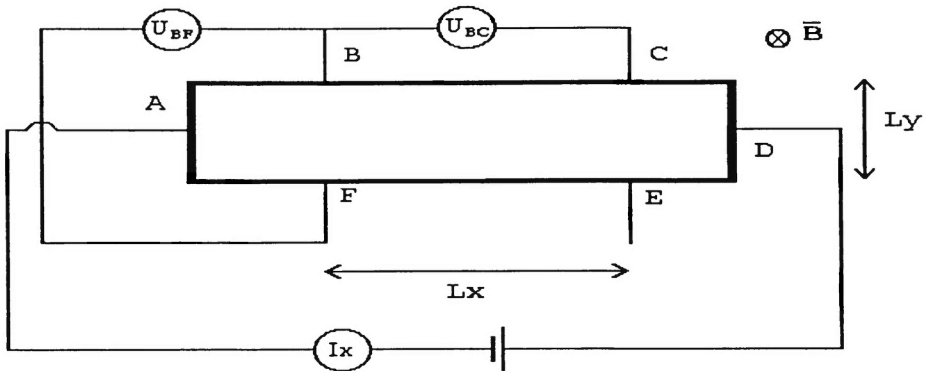
*Abstract:* A demonstration prepared for “Introduction to Experimental Physics” lecture is presented. A short review of the Hall effect applications in modern technology is given.

#### 1. Wstęp

Jeśli przewodnik, przez który płynie prąd, umieszczony zostanie w polu magnetycznym, wówczas prostopadle do kierunku przepływu prądu i pola magnetycznego powstanie pole elektryczne. Zjawisko to zostało odkryte w 1879 r. przez Edwina Herberta Halla, doktoranta na Johns Hopkins University w Baltimore (USA) i nazwane jego nazwiskiem. W oryginalnym doświadczeniu badana była siła elektromotoryczna powstająca prostopadle do kierunku przepływu prądu w złotej folii umieszczonej między nabiegunkami elektromagnesu [1]. W opublikowanej wówczas pracy Hall pisał, że przyłożenie pola magnetycznego do przewodnika z prądem powoduje powstanie „naprężenia, które przepycha elektryczność w stronę jednego z boków przewodu” [2,3]. Gdy wkrótce potem odkryto elektron i zbadano naturę prądu elektrycznego, okazało się, jak słuszna była ta uwaga.

Jeśli przez próbkę o konfiguracji jak na rys. 1, umieszczoną w prostopadłym do jej powierzchni polu magnetycznym  $B$  przepływać będzie prąd elektryczny  $I_x$ , wówczas stosunek napięcia Halla  $U_y$  ( $U_{BF}$ ) do prądu elektrycznego  $I_x$  (tzw. opór Halla  $R_{yx}$ ) równy jest

$$R_{yx} = \frac{B}{qN_s},$$



Rys. 1. Schemat kontaktów elektrycznych na próbce w pomiarze zjawiska Halla

gdzie  $q = \pm e$  – ładunek elektryczny nośnika prądu, zaś  $N_s$  – koncentracja nośników prądu na jednostkę powierzchni. Opór próbki  $R_{xx}$  (stosunek napięcia  $U_{BC}$  do prądu  $I_x$ ) wyrażony jest wzorem

$$R_{xx} = \frac{L_x}{e\mu N_s L_y},$$

gdzie  $L_x$  i  $L_y$  są odległościami między sondami, zaś  $\mu$  – ruchliwością nośników prądu. Kombinując wyniki pomiaru obu oporów można otrzymać informacje o typie przewodnictwa oraz koncentracji i ruchliwości nośników prądu.

Trudno byłoby sobie wyobrazić współczesny przemysł elektroniczny bez zastosowania efektu Halla do charakteryzacji materiałów półprzewodnikowych. Jednak efekt Halla znalazł także wiele innych, komercyjnych zastosowań. Układy, których działanie oparte jest na tym zjawisku wykorzystywane są we wszelkiego rodzaju mikroprzełącznikach. Są one stosowane jako elementy klawiszy klawiatury komputerowej, w czujnikach położenia stosowanych w elektronicznych układach zapłonowych silników samochodowych, czy w przełącznikach prądu w bezstykowych silnikach elektrycznych prądu stałego [4]. Układy, których działanie oparte jest na zjawisku Halla są wreszcie standardowymi elementami, służącymi do pomiaru pól magnetycznych w wielu dziedzinach nauki.

W ostatnich latach, w strukturach dwuwymiarowych, w których nośniki poruszać się mogą jedynie w określonych płaszczyznach, zaobserwowano nieoczekiwane zjawisko kwantowego efektu Halla. Okazało się mianowicie, że w pewnych warunkach opór Halla  $R_{yx}$  przyjmuje wartości skwantowane i wynosi

$$R_{yx} = \frac{h}{e^2 n},$$

gdzie  $h$  jest stałą Plancka,  $e$  – ładunkiem elektronu, zaś  $n$  jest liczbą całkowitą (całkowity efekt Halla – IQHE) lub wymierną o nieparzystych mianownikach (ułamkowy efekt Halla – FQHE) [5]. Odkrycie kwantowego efektu Halla zostało uhonorowane Nagrodą Nobla w 1985 r. [6]. Warto podkreślić, że opór Halla w warunkach kwantyzacji wyraża się przez stałe uniwersalne, a nie zależy od własności badanego materiału lub rozmiarów geometrycznych próbki.

## 2. Eksperyment

Celem pokazu, przygotowanego jako ilustracja wykładu z podstaw fizyki było zbadanie parametrów elektrycznych kilku wybranych próbek półprzewodnikowych. Pokaz został przygotowany w Pracowni Pokazów Doświadczalnych Nauczycielskiego Kolegium Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego (fot. 1). Może zostać jednak wykonany także w warunkach szkolnych umożliwiając uczniowi poznanie zasady pomiaru przewodnictwa elektrycznego i zjawiska Halla. Odpowiednie dobrane badanych próbek ma pokazać możliwości odpowiedniego przygotowania materiałów półprzewodnikowych w zależności od potrzeb. Próbki pochodziły z różnych źródeł i hodowane były różnymi technikami.

Przez sondy A i D (patrz rys. 1) przepuszczano prąd (1–40 mA) uzyskany z baterii płaskiej 4.5 V. Pole magnetyczne do 0.5 T uzyskano w magnesie rdzeniowym z nawiniętą cewką 550 zwojów o średnicy 0.9 mm, zasilaną prądem do 5 A. Pomiar pola magnetycznego wykonano przy użyciu wykalibrowanego hallotronu. W trakcie pokazu możliwe jest bezpośrednie ukazanie zależności napięcia Halla od kierunku i wartości prądu  $I_x$ , zwrotu i wartości pola magnetycznego  $B$ .

Wyniki pomiarów stałej Halla i przewodnictwa przedstawione są w tabeli 1. Jak widać z przedstawionych rezultatów, w przypadku różnych materiałów otrzymać można znaczne różnice we własnościach elektrycznych: koncentracji nośników

Tabela 1. Zestawienie wyników otrzymanych podczas pokazu

Nr	Materiał	Typ	Technika wzrostu	Koncentracja nośników ( $\text{cm}^{-3}$ )	Ruchliwość ( $\text{cm}^2/\text{V s}$ )
1	GaAs	n	VPE	$3.5 \times 10^{14}$	4800
2	GaAs	p	MOCVD	$3 \times 10^{15}$	100
3	GaAs	n	LEC	$3.8 \times 10^{18}$	1270
4	InSb	n	HB	$2 \times 10^{16}$	67700





Fot. 1. Układ eksperymentalny do pomiaru efektu Halla przygotowany w Pracowni Pokazów Doświadczalnych Nauczycielskiego Kolegium Fizyki

i ich ruchliwości.

Arsenek galu (GaAs, przerwa energetyczna  $E_g = 1.43$  eV) jest najczęściej używanym w elektronice materiałem typu III-V (anion z III, kation z V kolumny układu okresowego).

Próbka 1 została wyhodowana w Instytucie Technologii Materiałów Elektronicznych metodą epitaksji z fazy gazowej (Vapour Phase Epitaxy). Warstwa epitaksjalna o grubości  $20 \mu\text{m}$  została osadzona na materiale półizolującym i nie była intencjonalnie domieszkowana.

Próbka 2 wyhodowana została w Instytucie Fizyki Doświadczalnej UW metodą epitaksji ze związków metaloorganicznych (Metal-Organic Chemical Vapour Deposition) na podłożu półizolującym. Grubość warstwy  $d = 10 \mu\text{m}$ .

Próbka 3 wyhodowana została w Instytucie Technologii Materiałów Elektronicznych metodą Czochralskiego (krystalizacja z tzw. roztopu (melt) składników). Typ n przewodnictwa w próbce nr 3 uzyskano przez domieszkowanie w trakcie wzrostu tellurem (Te).

Antymonek indu 4 (InSb,  $E_g = 0.18$  eV), produkcji MCP Electronics Ltd. z Wlk. Brytanii hodowany był horyzontalną metodą Bridgmana (HB) i nie był intencjonalnie domieszkowany.

Omawiając wyniki eksperymentu można zwrócić uwagę na zakres zmiany koncentracji nośników, jaką uzyskać można poprzez odpowiedni dobór parametrów i techniki wzrostu kryształu. Koncentracja elektronów w GaAs może zmieniać się od  $10^7 \text{ cm}^{-3}$  (w materiale półizolującym, użytym jako podłoże warstwy 1 i 2) poprzez  $10^{14} \text{ cm}^{-3}$  w warstwie VPE, do  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$  w materiale domieszkowanym na typ n. Drugim podstawowym parametrem elektrycznym jest ruchliwość nośników prądu. Wielkość ta mówi o oddziaływaniu naładowanych nośników z atomami domieszek, defektami czy drganiami termicznymi sieci. Ruchliwość elektronów w półprzewodnikach w temperaturze pokojowej jest ograniczona przez rozproszenia na drganiach sieci (np. dla GaAs jej maksymalna wartość jest rzędu  $9500 \text{ cm}^2/\text{V s}$  [7]). Ruchliwość dziur w arsenku galu jest mniejsza ze względu na większą masę efektywną dziur w porównaniu z elektronami. Wpływ masy efektywnej elektronów na ich ruchliwość widać z porównania wyników otrzymanych w GaAs i InSb.

### 3. Podsumowanie

Pokaz zjawiska Halla w warunkach sali wykładowej umożliwia oprócz przedstawienia samej istoty zjawiska także poznanie podstawowych informacji o materiałach półprzewodnikowych. Może on zostać powiązany z omówieniem technik wzrostu półprzewodników i ich zastosowaniem w nowoczesnym przemyśle elektronicznym. Możliwości wykonania pokazów w warunkach szkolnych ograniczone być mogą przez brak odpowiednich próbek. Wydaje się jednak, że odpowiedni zestaw materiałów mógłby zostać przygotowany w warunkach laboratoryjnych. Pozostałe elementy niezbędne do wykonania tego eksperymentu nie powinny stanowić istotnego ograniczenia.

### Literatura

- [1] O. Hannaway, *The Hall effect and its applications*, red. C.L. Chien, C.R. Westgate (Plenum Press, New York-London 1980) s. 509.
- [2] C.M. Hurd, *ibid.*, s. 1.
- [3] E.D. Hall, *Am. J. Math.* **2**, 287 (1879).
- [4] E.A. Vorthmann, *The Hall effect and its applications*, red. C.L. Chien, C.R. Westgate (Plenum Press, New York-London 1980) s. 447.
- [5] K.I. Wysokiński, T. Dietl, *Postępy Fizyki* **36**, 515 (1985).
- [6] K. v. Klitzing, *Postępy Fizyki* **37**, 527 (1986).
- [7] J.S. Blakemore, *J. Appl. Phys.* **53**, R123 (1982).

## ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI



### XXXII Zjazd Fizyków Polskich

Przez trzy dni z okładem (20-23 września 1993 r.) odbywał się w Krakowie XXXII Zjazd Fizyków Polskich. Był on o połowę liczniejszy od poprzedniego zjazdu przed dwoma laty w Poznaniu. Do Krakowa przyjechało 515 uczestników z 17 ośrodków. Największe delegacje: Kraków – 106 osób, Warszawa – 95, Poznań – 40, Bydgoszcz i Lublin – po 29, Wrocław – 26, Szczecin – 17. Dużą grupę stanowili nauczyciele szkół podstawowych i średnich.

Naukowa strona zjazdu była przygotowana bardzo starannie. Składała się z godzinnych wykładów plenarnych i sesji plakatowej. Wykłady podzieliłbym na trzy działy, przemaszając za ewentualny subiektywizm w zaklasyfikowaniu:

I. Fizyka czysta: Andrzej Białas (Kraków) – *Intermitencja*, Günter Flügge (Akwi-zgran) – *Future research in high energy physics*, Jan Gaj (Warszawa) – *Półprzewodniki półmagnetyczne*, Zdzisław Szymański (Warszawa) – *Miejsce fizyki jądrowej wśród nauk przyrodniczych*, Janusz Morkowski (Poznań) – *Struktura elektronowa a magnetyzm ciał stałych*, Maria Giller (Łódź) – *Fluktuacje w kosmicznym promieniowaniu mikrofalowym*, Bohdan Paczyński (Princeton) – *Błyski gamma we Wszechświecie*, Tadeusz Paszkiewicz (Wrocław) – *Wiązki kwazicząstek w przestrzeniach anizotropowych*, Andrzej Budzanowski (Kraków) – *Big Bang w fizyce jądrowej*;

II. Fizyka stosowana i pogranicza fizyki: Andrzej Oleś (Kraków) – *Fizyka a technika*, Marek Sadowski (Świerk) – *Aktualny stan badań termojądrowych*, Artur Ekert (Oksford) – *Kryptografia kwantowa*, Ryszard Tadeusiewicz (Kraków) – *Sieci neuronowe*;

III. Dydaktyka fizyki: Alfred Pflug (Dortmund) – *Modern physics related to everyday life*.

Warto liczby tych wykładów porównać z odpowiednimi liczbami ze zjazdu w Poznaniu: tam dział I – 5 wykładów, dział II – 7 wykładów, dział III – 0. Widać więc wyraźne przesunięcie w stronę fizyki czystej. Znamienne jest docenienie dydaktyki – odpowiada to znanemu faktowi, że w Krakowie wydawany jest miesięcznik PTF-u *Foton* poświęcony właśnie nauczaniu fizyki.

Zjazd odbywał się w gmachu Wydziału Fizyki i Techniki Jądrowej AGH i z tej instytucji rekrutował się w większości Komitet Organizacyjny pod przewodnictwem prof. Jerzego Niewodniczańskiego. Po powitaniu wszystkich zgromadzonych przez przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego i otwarciu zjazdu przez prof. Stefana Pokorskiego, prezesa Zarządu Głównego PTF, odbyło się wręczenie nagród Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Z braku miejsca nie będę wymieniać wszystkich nagród, wspomnę tylko, że najwyższą nagrodę Towarzystwa – medal Mariana Smoluchowskiego – otrzymał prof. Stanisław Kielich za osiągnięcia w optyce nieliniowej.

Inauguracyjny wykład prof. Andrzeja Białasa dotyczył tych dziedzin fizyki, w których występują fluktuacje. Sam tytuł – *Intermitencja* – niewtajemniczonym niewiele mówił, dlatego trzeba było zacząć od zdefiniowania tego pojęcia. Otóż intermitencja występuje wtedy, gdy rozkład jakiejś wielkości (np. liczba zarejestrowanych cząstek w zależności od energii) ma fluktuacje nie wyróżniające żadnej skali. Objawia się to tym, że po zawężeniu przedziału, w którym dokonujemy pomiaru (w naszym przykładzie energii zliczanych cząstek), ale z jednoczesnym zwiększeniem zdolności rozdzielczej, fluktuacje nie ulegają zmniejszeniu. Jest to swoiste samopodobieństwo rozkładów analogiczne do fraktali. Okazało się, że ta własność rozkładów jest dość powszechna. Oto przykłady występowania intermitencji: turbulencja, rozkłady galaktyk, przejścia fazowe II rodzaju, fragmentacja jąder, trzęsienia ziemi, fale morskie, produkcja cząstek elementarnych, wskaźnik giełdowy. Na moje pytanie o sens i pochodzenie samego słowa usłyszałem odpowiedź, że można go przetłumaczyć jako *palpitacja*, bo stosowane jest przy nieregularności pracy serca. Ktoś z sali uzupełnił, że niektórzy po polsku mówią na to *migotanie*, a sam termin wprowadził do fizyki w latach 40-tych Lew Landau.

Profesor Günter Flügge był zaproszony na konferencję organizowaną niedaleko Zakopanego i zgodził się wystąpić również na Zjeździe Fizyków Polskich. Jest członkiem Europejskiego Komitetu Przyszłych Akceleratorów i zna wiele szczegółów doświadczeń planowanych do roku 2000. Przed tymi doświadczeniami postawiono następujące zadania: test ścisłości modelu standardowego, szukanie kwarku „szczytowego”  $t$  (*top quark*), poszukiwanie bozonów Higgsa, zbadanie naruszenia symetrii CP, wyjście poza model standardowy (supersymetria, złożoność cząstek fundamentalnych). Wykład był bogato ilustrowany efektownymi rysunkami projektowanych urządzeń, a duże wrażenie robiły zdjęcia rozległych krajobrazów z dorysowanymi liniami obrazującymi przebieg podziemnych kanałów dla akceleratorów. Miło było dowiedzieć się, że rozwijany będzie dział pod nazwą „beauty physics” (fizyka piękna). Oczywiście nie chodzi o wspieranie salonów kosmetycznych, lecz o badanie zderzeń kwarku „dennego”  $b$  (*bottom*), zwanego też pięknym (*beautiful*), z odpowiadającą mu antycząstką.

Profesor Jan Gaj przedstawił dziedzinę badań zainicjowaną w Polsce w latach 70-tych i podjętą w wielu znaczących laboratoriach na świecie. Półprzewodnik nabiera własności magnetycznych, jeśli odebrać mu część kationów i zastąpić je jonami magnetycznymi. Objaśnienia nazwy półprzewodnik półmagnetyczny są dwie: a) występuje silna zależność własności magnetycznych od parametrów zewnętrznych, podobnie jak w półprzewodnikach – własności elektrycznych od parametrów zewnętrznych; b) była potrzeba odróżnienia tych substancji nazwą od półprzewodników magnetycznych poznanych wcześniej. Godne uwagi jest to że w przypadku półprzewodników półmagnetycznych występuje ogromna łatwość budowania studni kwantowych przez tworzenie warstw domieszkowanych i czystych – tym samym można łatwo sprawdzać zadania z elementarnej mechaniki kwantowej. Dla mnie uderzające było to – a jest to rzadkość w historii fizyki – że nazwa angielska (*semimagnetic semiconductor*) powstała jednocześnie z polską, bo została zaproponowana przez Polaków.

Wykład prof. Zdzisława Szymańskiego miał trochę za ogólny tytuł; ja bym wybrał raczej *Fizyka jądrowa wobec innych działów fizyki*. Chodziło bowiem o znaczenie zdobytej wiedzy z fizyki jądrowej w takich dziedzinach jak kosmologia czy astrofizyka, oraz o związki z nadprzewodnictwem, nadciekłością i teorią drgań mechanicznych. Co do związków

ków z kosmologią usłyszeliśmy wyjaśnienie rozpowszechnienia głównych pierwiastków we Wszechświecie. Na przykład, względny udział neutronów w 3 i 3/4 minuty po Wielkim Wybuchu określił zawartość helu. A z trzech cząstek alfa powstaje jądro  $^{12}\text{C}$  tylko dzięki istnieniu pewnego stanu wzbudzonego w jądrze węgla. Podobieństwo do astrofizyki leży w tym, że występują związki deformacji jądra z jego energią obrotową: inaczej jest dla kształtu kulistego, inaczej dla spłaszczonej tarczy i wydłużonej rurki – to wszystko obserwuje się też w układach gwiazdowych. O związkach z nadprzewodnictwem i nadciekłością ma świadczyć to, iż w pierwszym przybliżeniu nukleony w jądrze oraz elektrony w metalu są opisane przez gaz fermionowy, a w jądrze również występuje kondensacja par fermionów. Analogią do teorii drgań jest warunek Bohra-Mottelсона dla zależności energii jądra od liczb kwantowych podobny ponoć do warunku powstawania figur Lissajoux. Piszę „ponoć”, bo było to powiedziane za szybko i nie miałem czasu, aby to dostrzec.

Profesor Janusz Morkowski przedstawił wiele skomplikowanych wzorów w ramach teorii funkcjonału gęstości lokalnej. Chyba tylko temu, że jestem teoretykiem, mogę zawdzięczać, iż rozpoznawałem znaczenie symboli w tych wzorach. Nie wiem, jak radzili sobie inni słuchacze, zwłaszcza nauczyciele obecni na sali. Przypuszczam, że zostały im w pamięci tylko uwagi początkowe i końcowe o tym, że dzięki szybkim komputerom, które „dotarły już pod strzechy”, zadawszy położenia jąder w sieci o wybranej symetrii i liczbę elektronów przypisanych każdemu atomowi można metodami iteracyjnymi obliczyć strukturę pasmową danego ciała tudzież liczbę elektronów  $n^\uparrow$  ze spinami w górę i liczbę  $n^\downarrow$  ze spinami w dół, a wtedy różnica  $n^\uparrow - n^\downarrow$  daje namagnesowanie. Można też obliczyć np. stałą sieci, energie stanów ferro-, antyferro- i paramagnetycznych, powierzchnię Fermiego. Można już projektować materiały o zadanych z góry własnościach, ale wytwarzać je tylko jako cienkie warstwy, np. powłoki niewykrywalne przez radar.

Dużą część swojego wykładu prof. Maria Giller poświęciła opisowi rozwoju Wszechświata po Wielkim Wybuchu. Bardzo ciekawe na tym tle jest pytanie, kiedy i dlaczego pojawiły się fluktuacje struktury Wszechświata. One z kolei wpływają na fluktuacje promieniowania cieplnego wychodzącego z danego fragmentu przestrzeni. Pozostałość po tym promieniowaniu wypełniająca przestworza ma dziś temperaturę 2.76 K i nazywa się promieniowaniem szczątkowym (reliktowym). Właśnie jego fluktuacje zostały po raz pierwszy zaobserwowane w 1992 r. przez satelitę COBE, a ogłoszone wiosną bieżącego roku na zjeździe fizyków amerykańskich. (Oto jak ważne są zjazdy fizyków w Stanach Zjednoczonych!) Obrazki nieba z kolorowymi plamami owych fluktuacji naniesionymi przez komputer przykuwały uwagę słuchaczy. Szkoda tylko, że tak pasjonujący temat był beznamiętnie przedstawiany.

Zupełnie inny sposób prezentacji wybrał prof. Bohdan Paczyński, wychowanek Uniwersytetu Warszawskiego pracujący w Princeton, opowiadając o odkrytych niedawno zadziwiających błyskach promieniowania gamma dochodzących z różnych kierunków nieba. Wszystko zaczęło się 25 lat temu, gdy umieszczono satelity wojskowe do kontroli przestrzegania zakazu wybuchów termojądrowych. A najlepiej to robić rejestrując promieniowanie gamma. Skoro zaprzestano już prób termojądrowych, to rejestrowanym impulsom gamma można było przypisać tylko pochodzenie kosmiczne. Niewiele to dawało informacji, dopóki nie można było określić kierunku przychodzenia kwantów. Przypuszczano, że ich źródła znajdują się w naszej Galaktyce. Dopiero dwa lata temu na nowym satelicie umieszczono przyrząd, który mógł wykrywać owe kierunki. Szokiem było spostrzeżenie,

że błyski pochodzą spoza płaszczyzny Galaktyki. Ale nadal jest dużo niewiadomych co do natury ich pochodzenia. Źródłami mogą być np. komety, asteroidy, gwiazdy neutronowe, czarne dziury, czyli przede wszystkim małe obiekty. Wykład był przedstawiony z dużą werwą i pasją, z elementami autoironii. Wykładowca zaproponował dwa nowe terminy: *astropsychologia* na objaśnienie bezwładności myślenia astrofizyków oraz *błyskowiec* zamiast angielskiego *burster* na domniemane źródło błysków. Widać stąd, że prof. Paczyński przyswoił sobie amerykańską zdolność wprowadzania żartobliwych słów do terminologii fizycznej. Przypuszczam, że nie ja jeden nazwałbym ten wykład najlepszym na całym zjeździe.

Profesor Tadeusz Paszkiewicz zmienił nieco tytuł swojego wykładu; w programie napisano *Fononowe obrazy kryształów*, a na foliogramie pojawiło się *Wiązki kwazicząstek w przestrzeniach anizotropowych*. Duża część wykładu poświęcona była omówieniu doświadczeń z parami nadpłynnego helu i ze wzbudzeniem wiązek fononów przez wybiórcze nagrzewanie fragmentów powierzchni ciała stałego promieniem laserowym. Potem pojawiły się elementy opisu teoretycznego tych zjawisk z użyciem przestrzeni odwrotnej (tzn. przestrzeni wektorów falowych), a w niej powierzchni stałej energii nazywanych dowcipnie *powierzchniami powolności*. Niestety niepostrzeżenie dla wykładowcy skończył się przydzielony mu czas i dopiero w części przeznaczony na pytania i dyskusję słuchacze upomnieli się o obrazy fononowe. A było warto, bo dzięki temu zobaczyliśmy urzekające obrazy rozkładu fononów odpowiadające symetrii kryształu, w którym owe fonony się rozchodzą.

Z wykładu prof. Andrzeja Budzanowskiego dowiedzieliśmy się, że fizycy badają stany wzbudzone jądra o zwiększonej objętości, a przez to o gęstości zmniejszonej około sześć razy. Wtedy odległości między nukleonami wynoszą około 2 fm (fm można czytać jako fermi albo femtometr, czyli  $10^{-15}$  m), na granicy zasięgu sił jądrowych. Nazywa się to jądrami gorącymi. Taki układ jest wyjątkowo nietrwały – może nastąpić rozpad zwany przez innych *małym wybuchem* (*little bang*), a przez grupę prof. Budzanowskiego *wielkim wybuchem jądrowym* (*nuclear big bang*). Moim zdaniem jest to zawłaszczanie znanej z kosmologii nazwy dla zareklamowania własnej dziedziny badań. Na usprawiedliwienie pomysłodawców można stwierdzić, że występuje tutaj odpowiednik promieniowania szczałkowego w postaci strumienia niskoenergetycznych pionów.

W drugiej grupie tematycznej (fizyka stosowana i pogranicza fizyki) pierwszy był wykład prof. Andrzeja Olesia podzielony na dwie zasadnicze części: fizyka technice i technika fizyce. W obu częściach zobaczyliśmy przeważnie wyliczenie przykładów, a było ich tyle, że nie starczyło czasu na objaśnienie wszystkich haseł. Może należało wybrać tylko niektóre przykłady i powiedzieć o nich więcej?

Co do wykładu prof. Marka Sadowskiego miałem wątpliwości, czy jest to jeszcze fizyka czysta, czy już stosowana. Zdecydowałem się na drugą możliwość, gdyż przeważa tu pokonywanie trudności technicznych dla zaprzęgnięcia znanych reakcji syntezy do służby człowiekowi. Chodzi o syntezę deuteru z trytem lub deuteru z deuterem dla utworzenia jąder helu i wykorzystanie wyzwalanej przy tym energii. Ma się to odbyć w gorącej plazmie zawierającej wymienione jądra. Budowane jest wielkie urządzenie zwane Joint European Tokamak (Wspólny Europejski Tokamak), w którym już ponoć „parametr syntezy zbliży się do jądrowego eldorado”. Drugim ważnym kierunkiem poszukiwań są eksperymenty laserowe, a trzecim wyładowania elektryczne dające sznur gorącej plazmy. Dowiedzieli-

śmy się, że do niedawna polskie instytucje badające plazmę pracowały w odosobnieniu, a dopiero ostatnio Sekcja Fizyki Plazmy przy Komitecie Fizyki PAN doprowadziła do tego, że to środowisko zaczyna powoli się kontaktować i wymieniać informacje.

Doktor Artur Ekert z Oksfordu, wychowanek Uniwersytetu Jagiellońskiego, przygotował wykład, w którym udało się znaleźć właściwy kompromis między przystępnością prezentacji a wyczerpaniem tematu. (Co to znaczy wyczerpanie tematu? Skąd laik ma wiedzieć, czy temat został wyczerpany? Po prostu chodzi mi o wyczerpanie punktów przedstawionych na początku wykładu.) Po opisie historii kryptografii (wiedzy o szyfrach) wykładowca przedstawił „kluczowe” jej zagadnienie, tzn. problem ułożenia i przesłania klucza, którym nadawca i odbiorca wiadomości muszą dysponować i chronić go przed niepożądanymi ciekawskimi. W klasycznych kanałach komunikowania się można wykonać pomiar nośnika informacji nie zaburzając go. Natomiast mechanika kwantowa dostarcza takich nośników, które ujawniają ingerencję niepożądanego obserwatora. Do tego najbardziej nadają się korelacje spinów dwóch cząstek powstających przy rozpadzie stanu singletowego, zjawisko blisko związane ze słynnym paradoksem Einsteina, Podolskiego i Rosena.

Za podobnie udane uznałbym wystąpienie prof. Ryszarda Tadeusiewicza na temat sieci neuronowych. Zainteresowanie nimi pojawiło się stąd, że tradycyjne techniki obliczeniowe stosowane w komputerach doprowadziły do pewnego kresu – jesteśmy coraz bardziej niezadowoleni z coraz potężniejszych komputerów. W nowo rozwijanej dziedzinie rozważa się systemy *współbieżne* zwane też *równoległymi*, wzorując się na układach nerwowych organizmów żywych. Pojawiają się próby modelowania elementów układu nerwowego człowieka, w których występuje tzw. *współbieżność masowa* (*massive parallelity*). W sztucznych sieciach neuronowych można się obejść bez oprogramowania, bo komputery na nich oparte uczą się same. Nadają się one przede wszystkim do naśladowania bardziej intuicyjnych działań mózgu, takich jak rozpoznawanie obrazów i mowy czy podświadomość. Istnieją już w sprzedaży procesory z połączeniami neuronowymi, są oferowane całe neurokomputery. Aliści poruszamy się raczej w skali mózgu mrówki niż człowieka.

Jedyny wykład plenarny poświęcony dydaktyce fizyki miał prof. Alfred Pflug z Dortmundu. Wykład polegał przede wszystkim na pokazach wielu prostych ale efektownych doświadczeń. Jednocześnie z wejściem wykładowcy wniesiono dwa stoły pełne rekwizytów i od tej chwili zaczęło się kunsztowne widowisko. Na przykład zobaczyliśmy szklankę z jakimś napojem postawioną na tacy. Chwyciwszy za trzy sznurki przywiązane do tacy profesor zaczął wywijać tacą a to jak wahadłem, a to zataczając pionowe okręgi. Przy tym nie wylała się ani jedna kropla płynu, co nie było wielką sztuką, ale ważne było objaśnienie tego faktu – otóż w lokalnym układzie odniesienia związanym ze szklanką siła grawitacyjna była cały czas prostopadła do powierzchni tacy, było to zapewnione przez siły sprężystości sznurków, które nie mogły przenieść żadnych sił o poprzecznych składowych.

W innym doświadczeniu profesor wziął trzy kulki z substancji przypominającej żelatynę i rzucił nimi po kolei z całej siły w tablicę. Kulki rozpląszczyły się i przykleiły do tablicy. Po dłuższej chwili nabrały znowu kształtu kulistego i spęzły po tablicy upadając w końcu na podłogę. To wszystko miało być ilustracją tezy, iż układy atomowe mogą znajdować się w różnych stanach. Widzieliśmy też rozbijanie młotkiem kryształ-

ków soli i cukru na rzutniku pisma. Pierwsze z nich po stłuczeniu zachowują regularne kształty, drugie zamieniają się na proszek. Różnica skutków bierze się stąd, że sól jest kryształem jonowym, a cukier – molekularnym. Było wiele innych doświadczeń na rzutniku pisma dowodzących, że to urządzenie powinno być wykorzystywane nie tylko do wyświetlania foliogramów. Na przykład można postawić przezroczyste płaskie naczynie z wodą, na powierzchnię wody nasypać zasypek dla niemowląt, a potem spuścić kroplę detergentu, który rozpycha tę zasypek do brzegów naczynia. Z porównania otrzymanej powierzchni uwolnionej od zasyпки i objętości początkowej kropli detergentu można oszacować rozmiary jednej cząsteczki detergentu. Nie będę opisywać wszystkich pokazanych doświadczeń, bo było ich tyle, że przewodniczący obradom prof. Mieczysław Subotowicz oficjalnie zamknął sesję, ale pozwolił wykładowcy i słuchaczom pozostać na sali i dokończyć pokazów, które trwały jeszcze pół godziny. Dzięki temu m.in. popatrzyliśmy przez jedwabny szal na światło małej żarówki (zasilanej płaską baterią) i ujrzeliśmy piękne dwuwymiarowe zjawisko dyfrakcji.

Przesłanie całego występu prof. Pfluga sprowadza się do następujących tez. Panuje powszechne przekonanie, że zjawiska fizyki współczesnej są zbyt skomplikowane i odległe od codziennych doznań, i potrzebują wyrafinowanej i kosztownej aparatury, aby pokazać je większemu audytorium. Nawet nauczyciele podzielają przekonanie, że tylko film kinowy lub film wideo może dostarczyć pełnej informacji w tym względzie. Wykładowca pokazał jednak, że istnieją doświadczenia z przedmiotami używanymi w gospodarstwie domowym uwidoczniające, że struktura naszego świata jest wyznaczona przez własności atomów i ich oddziaływanie. A poza przedmiotami domowego użytku potrzebny jest dodatkowo rzutnik pisma. Tego samego dnia po południu prof. Pflug miał drugi występ w Instytucie Fizyki UJ. (Wspomniałem wcześniej, że Zjazd Fizyków Polskich odbywał się w budynku Wydziału Fizyki i Techniki Jądrowej AGH.) Było tam też rozstrzygnięcie konkursu dla nauczycieli na przygotowanie najciekawszego pokazu na rzutniku pisma.

Jedno popołudnie Zjazdu zostało poświęcone dyskusji nad kondycją nauczania fizyki w Polsce, dyskusji prowadzonej przez dr Zofię Gołąb-Meyer. Po krótkim słowie wstępnym prowadząca oddała głos mgrowi Henrykowi Szaleńcowi z Kuratorium Krakowskiego, który przedstawił wyniki ankiety na temat tego, kto uczy fizyki w szkołach. Wyniki były zasmucające, bo okazało się, że naszego przedmiotu naucza wiele osób bez uprawnień. Potrzebne są np. kolegia lub studia licencjackie dla absolwentów SN-ów. Potem prof. Bazyl Bończak jako członek Komitetu Redakcyjnego *Fizyki w Szkole* opowiedział o problemach stojących przed redakcją tego dwumiesięcznika dla nauczycieli. Redakcja pragnie podnieść poziom merytoryczny i doskonalic szatę graficzną, jednak na przeszkodzie stoi brak funduszy, a to z kolei spowodowane jest zmniejszeniem prenumeraty przez szkoły. Redakcja prosi więc o przysyłanie ciekawych artykułów, a czytelników prosi o namawianie dyrektorów szkół do prenumerowania pisma.

Organizatorzy dyskusji skłonili cztery osoby do przygotowania swoich wystąpień, co było nawet wydrukowane w programie Zjazdu: Waldemar Gorzkowski – *Olimpiady fizyczne*, Jan Blinowski – *Fizyka w szkole, podstawa programowa*, Andrzej Staruszkiewicz – *Fizyka uniwersytecka*, Ireneusz Strzałkowski – *Nauczanie fizyki w uczelniach technicznych*.

Doktor Waldemar Gorzkowski przedstawił swoje spostrzeżenia jako współorganizator krajowej i Międzynarodowej Olimpiady Fizycznej. W krajach byłego obozu socja-



listycznego nie było źle z nauczaniem fizyki, co znajdowało swój wyraz w dużej liczbie laureatów olimpiady międzynarodowej. Dziś jest gorzej – w ostatniej olimpiadzie nie było laureatów z Polski. Niedouczenie z fizyki zaczęło się od szkół podstawowych i obecnie dotarło już do klas licealnych. Jednostki wybitne jednak jeszcze się trafiają – zorganizowany niedawno ogólnopolski konkurs uczniowskich prac naukowych z fizyki okazał się bardziej popularny niż oczekiwano. Ogłoszono również konkurs międzynarodowy – nagrodą w nim będzie włączenie do badań naukowych. W uzupełnieniu Urszula Woźnikowska prowadząca Grupę Twórczą „Kwarki” przy Pałacu Młodzieży w Katowicach opowiedziała o konkursach, spotkaniach, pokazach i wycieczkach organizowanych dla uczniów licealnych zainteresowanych głębiej fizyką. Tu również można poszczycić się sukcesami.

Jako członek zespołu powołanego przez Ministerstwo Edukacji Narodowej przedstawiony został prof. Jan Blinowski z Uniwersytetu Warszawskiego. Nawiązując do poprzednich wypowiedzi powiedział, że przyjemnie jest obcować z uczniami odpornymi na wszelkie systemy oświatowe, ale to jest kształcenie elit. Powszechna rzeczywistość szkolna jest zupełnie inna – polska szkoła jest w stanie zapaści. Zespół, w którym znalazł się prof. Blinowski wraz z prof. Jerzym Ginterem, pracuje nad tzw. podstawą programową – jest to zakres nauczania wspólny dla wszystkich możliwości wykształcenia. Cała podstawa programowa obejmuje 35 godzin tygodniowego przebywania w szkole, a obecnie obowiązuje 25 godzin. Nie ma więc ona nic wspólnego z bieżącymi działaniami władz oświatowych, takimi jak zmniejszanie liczby godzin przeznaczonych na poszczególne przedmioty. Dotyczy ona tylko kształcenia ogólnego, tj. szkoły podstawowej i dwóch pierwszych klas liceum. Do tej podstawy włączono doświadczalne sprawdzanie hipotez, czyli to, co można sprawdzić w eksperymentach możliwych do wykonania w szkołach podstawowych, zatem fizykę klasyczną. W podstawie programowej nie umieszczono fascynujących elementów popularno-naukowych. Potem jest faza kształcenia przedmiotowego. O tej fazie prof. Blinowski może powiedzieć tylko tyle, że kształcenie dla fizyki będzie w wymiarze 3 godzin fizyki w klasie III i 5 w klasie IV. Zespół przygotowujący podstawę programową z fizyki był pod silnym ostrzałem krytyki. Padały pytania: dlaczego nie ma opisu wektorowego? dlaczego nie ma teorii względności? półprzewodników? Tego wszystkiego nie umieszczono świadomie, aby wymienić tylko to, co jest bezwzględnie konieczne i aby wpoić przekonanie o sprawdzalności hipotez tym uczniom, którzy nie wybiorą fizyki do dalszej nauki. Wszystkie pozostałe zagadnienia można wyłożyć w klasie III i IV, gdy zaczniemy przygotowywać fizyków, lub wcześniej, jeśli niektóre licea mają profil fizyczny.

Magister Ludwik Lehman, nauczyciel fizyki z Liceum w Głogowie jako pierwszy zgłosił się do dyskusji twierdząc, że nasz sposób uczenia fizyki jest niedobry. Wprowadzamy za dużo pojęć, np. w prawie Coulomba stałą  $k$ , stałą  $\epsilon_0$  i  $\epsilon_r$ , w mechanice wektor położenia i wektor przesunięcia. Podręczniki do liceów są zbyt fachowe – przeważnie jest to bryk ze skryptu uniwersyteckiego. A cel nauczania w szkole średniej jest inny niż w wyższej. Uzupełnieniem tego wystąpienia był anonimowy głos z sali: badanie przeprowadzone w Krakowie wykazało, że uczniowie nienawidzą naszego przedmiotu – fizyka znalazła się na ostatnim miejscu obok języka rosyjskiego.

W głosie dyskusyjnym prof. Henryk Szydłowski z Uniwersytetu Adama Mickiewicza oświadczył, że uniwersytety powinny sprawować pieczę nad nauczaniem fizyki na wszystkich szczeblach. Ograniczenie się do fizyki klasycznej zabija zainteresowanie fizyką. Matury są szkołą kłamstw – korelacja między stopniem na maturze a stopniami na

uczelnia jest zastraszająco mała. Z matury trzeba uczynić egzamin państwowy z komisją spoza szkoły. Pan Płazek z AGH uzupełnił: w całym województwie krakowskim egzamin z fizyki na maturze wybrało 17 osób. Trzeba wrócić do egzaminów wstępnych na fizykę. Jeśli tego nie zrobimy, to poziom fizyki w szkołach średnich dalej się obniży.

Profesor Andrzej Staruszkiewicz z UJ wyraził pogląd, że nie warto układać programów uniwersyteckich. I tak nie mają one dużego wpływu na wykładowców. Na przykład w ciągu 60 lat od powstania mechaniki Newtona dokonał się ogromny postęp w podstawie pojęciowej i oznaczeniach mechaniki, co znalazło odbicie w nauczaniu uniwersyteckim. Tyle samo czasu upłynęło teraz od powstania mechaniki kwantowej, a nie zauważamy wielkiej różnicy między podręcznikami dzisiejszymi a tymi z lat 30-tych. Wyjaśnienie: wykładowcy nie rozumieją tej teorii, choć nie chcą się do tego przyznać. Wykładowca powinien zawsze mówić, że są niejasności w przedstawianej teorii, zwłaszcza wtedy, gdy nie on jeden to odczuwa. Dobrze jest do wykładu włączyć historię fizyki. Często twórcy nie do końca prawidłowo rozumieli swoje odkrycia. Warto zaznaczać, że jakiś fragment teorii kiedyś był inaczej rozumiany niż teraz.

Profesor Ireneusz Strzałkowski z Politechniki Warszawskiej żalił się, że występuje tendencja rugowania fizyki z programów kształcenia inżynierów. Na jego uczelni przez bliskie oddziaływania z decydentami z Rad Wydziałowych utrzymano ilościowy stan wykładów z fizyki na większości wydziałów. Są też kontakty między towarzystwami naukowymi PTF, PTCh, PTM i Towarzystwem Biologicznym inicjowane przez specjalnie powołany zespół. Opracowano memoriał do MEN, zaproponowano programy kształcenia tych przedmiotów na kierunkach nie uniwersyteckich. Profesor Jerzy Niewodniczański z AGH uzupełnił ten temat: na uczelniach technicznych finansuje się fizyków w zależności od ilości zajęć usługowych na innych wydziałach. Często technicy wykładają fizykę pod innymi nazwami, a studenci nawet nie czują smaku fizyki. Ciekawe zjawisko: dlaczego jest więcej chętnych na Wydziały Fizyki uczelni technicznych, niż na analogiczne wydziały uniwersytetów?

Sprawę relacji między pracą naukową a dydaktyką poruszył prof. Andrzej Hrynkiwicz z UJ. Panuje przekonanie, że doskonalenie pracy dydaktycznej jest uwarunkowane równoległym prowadzeniem badań naukowych. Ale to nie musi być warunkiem koniecznym, a na pewno nie jest wystarczającym. Ktoś, kto dąży do habilitacji, jest odrywany od zajęć dydaktycznych. Tych, co kochają dydaktykę, nie należy stresować zmuszaniem do habilitacji. Wystarczy doświadczenie pracy naukowej do stopnia doktora.

W trakcie tego popołudnia ujawnili się jeszcze przedstawiciele różnych stowarzyszeń związanych z nauczaniem fizyki. Pani Krystyna Jodko przedstawiła się jako przewodnicząca Stowarzyszenia Edukacji Przedmiotów Przyrodniczych, które stawia sobie za cel zainteresowanie młodzieży przedmiotami przyrodniczymi, w tym fizyką. Magister Ewa Strugała ze Stowarzyszenia Dydaktyki Fizyki ogłosiła, że przygotowywane są materiały dla ucznia i nauczyciela z historii fizyki, zawody dla uczniów. Stowarzyszenie to sformułowało stanowisko w kwestii nauczania fizyki w Polsce.

Inne popołudnie zostało poświęcone na Walne Zebranie Delegatów PTF. Oprócz wielu różnych spraw zajęło się ono zmianą statutu Towarzystwa i wyborem nowego Zarządu Głównego. Nowym prezesem został wybrany prof. Henryk Szymczak, dyrektor Instytutu Fizyki PAN.

W drugim dniu Zjazdu otwarto Sesję Plakatową, na której przedstawiono 57 plaka-

tów. Ukazywały one zarówno konkretne wyniki prac naukowych, całe zespoły badawcze, system kształcenia fizyki na wybranej uczelni (AGH), jak i zagadnienia dydaktyczne. Były też przedstawiane wspomniane wcześniej stowarzyszenia. Jako wrocławianin zauważyłem jedyny plakat ze środowiska wrocławskiego, tzn. plakat Tomasza Palewskiego przedstawiający Międzynarodowe Laboratorium Silnych Pól Magnetycznych i Niskich Temperatur. Przy okazji pragnę zaznaczyć, że owo Laboratorium jest drugą instytucją naukową po ZIBJ w Dubnej, która pozostała jako wspólne przedsięwzięcie krajów z naszej okolicy Europy.

Było też trochę imprez towarzyszących Zjazdowi, a to: zwiedzanie Muzeum UJ, bankiet, występ aktorów Teatru Ludowego z Nowej Huty, zwiedzanie Wawelu, możliwość kupienia biletów na dwa spektakle zespołu Teatru Starego, zwiedzanie Instytutu Fizyki Jądrowej w Bronowicach, wreszcie wycieczka do kopalni soli w Wieliczce. Ta ostatnia odbyła się już po oficjalnym zamknięciu Zjazdu, chyba udział w niej wzięli nieliczni. Przez cały czas na jednym z pięter tego samego budynku była czynna wystawa aparatury oferowanej przez różne firmy zaopatrujące instytucje naukowe.

Podsumowując chcę stwierdzić, że XXXII Zjazd Fizyków Polskich był udany. Pozwolił zapoznać się z najnowszymi badaniami w fizyce, przekonać się, że fizyka w Polsce nie stoi na ostatnim miejscu w skali światowej. Sam Zjazd uważany jest za wydarzenie dużej rangi – jeden z wykładowców zaczął swoje wystąpienie stwierdzeniem, że dopuszczenie jego tematyki do przedstawienia na Zjeździe jest dowodem jej docenienia. Niektórzy wykładowcy nie do końca sprostali zadaniu – adresowali swoje wystąpienia raczej do fizyków bliskich własnej dziedzinie, ale to były wyjątki. Przeważająca część docierała do szerokiego audytorium złożonego – jak już wspomniałem – w dużej części z nauczycieli nieakademickich. Komitetowi Organizacyjnemu należą się słowa uznania za sprawną organizację i stworzenie miłej atmosfery.

*Bernard Jancewicz*

Instytut Fizyki Teoretycznej UWr  
Wrocław

### Konferencja Quark Matter '93

W dniach 20–24 czerwca 1993 r. odbyła się w Borlange (Szwecja) kolejna, dziesiąta już konferencja z serii „Quark Matter”. Dla fizyków badających oddziaływania relatywistycznych jonów konferencje te stanowią główne forum informacji i dyskusji w tej dziedzinie.

Tegoroczna konferencja zgromadziła blisko 300 uczestników, w tym dziesięć osób z Polski. By pozostać przy polskiej statystyce, Polacy wygłosili 4 referaty na sesjach równoległych i jeden na sesji plenarnej (prof. Roman Hołyński z Krakowa, o produkcji cząstek w zderzeniach ciężkich jonów w emulsjach jądrowych).

Era ciężkich jonów wysokich energii rozpoczęła się w 1986 r. wraz z pojawieniem się w akceleratorze AGS w Brookhaven wiązek krzemu i tlenu o energii 14.5 GeV/nukleon oraz wiązek tlenu a potem siarki o energii 200 GeV/N z akceleratora SPS w CERN-ie w Genewie.

Na tegorocznej konferencji wyniki z Brookhaven (BNL) świadczyły o pojawieniu się tam „świtów złotego wieku” – czyli przyspieszenia po raz pierwszy wiązki złota do energii 11.6 GeV/N. Głównym tematem prowadzonych tam eksperymentów pozostaje ocena zdolności hamującej protonów w zderzeniach jąder. Wyniki eksperymentu E 866 świadczą, że przy przejściu od peryferycznych zderzeń Si + Al poprzez centralne Si + Al aż do centralnych Au + Au mamy do czynienia z rozkładem pospieszności (rapidity) protonów zmieniającym się od wyraźnego uprzywilejowania kierunku wiązki pierwotnej (wyraźna przezroczystość jąder) do rozkładu z szerokim maksimum wokół pospieszności równej zero w układzie środka masy (silne hamowanie). Autorzy oceniają, że w centralnych zderzeniach jąder złota zdolność hamująca wynosi ok. 80%. W zderzeniach takich osiąga się gęstość energii rzędu 1.7 do 2 GeV/fm<sup>3</sup>, a gęstość materii – 7 do 8 razy większą od „normalnej” gęstości jądrowej.

W eksperymentach prowadzonych w BNL z reguły używa się detektorów umożliwiających identyfikację cząstek produkowanych. Dzięki temu otrzymano pierwsze dane na temat produkcji m.in. rezonansu  $\Delta$  i rezonansu  $\Phi$ . Okazuje się, że w zderzeniach centralnych Si + Au rezonans  $\Delta$  produkuje się 10 razy częściej, niż w peryferycznych. Z kolei informacja o produkcji  $\Phi$  jest szczególnie interesująca ze względu na niektóre przewidywania teoretyczne związane z tworzeniem plazmy kwarkowej. Według E. Shuriaka mogłoby to prowadzić do zmiany parametrów (masy i szerokości) rezonansu  $\Phi$ . Dane o produkcji  $\Phi$  z eksperymentu E 859 (w kanale  $K^+K^-$ ) nie wykazują zmian masy i szerokości.

W eksperymentach przy AGS badano też produkcję antyprotonów w zderzeniach jądrowych. Zagadnienie to jest ważne ze względu na konkurencję dwóch mechanizmów: rozpraszania wtórnego (rescattering), prowadzącego do wzmocnienia produkcji antyprotonów, oraz ewentualnej anihilacji w obszarze dużej gęstości barionów.

Bogactwo danych przedstawionych na podstawie eksperymentów przy SPS świadczy o pewnej konsolidacji wiedzy na temat oddziaływań jonów tlenu i siarki przy energii 200 GeV/N.

Najciekawsze, moim zdaniem, wyniki dotyczą produkcji rezonansu  $\psi$  i  $\psi'$ . Pochodzą one z eksperymentów NA38 i NA34, badających produkcję par  $\mu$ . Zgromadzone duże statystyki oddziaływań pozwalają na wyodrębnienie rezonansu  $\psi'$  (sto razy rzadszy niż  $\psi$ ) oraz podanie przekrojów czynnych na ich produkcję. W oddziaływaniach proton-jądro stosunek  $\psi'$  do  $\psi$  nie zależy od liczby masowej jądra tarczy. W oddziaływaniach jądro-jądro sprawa jest bardziej skomplikowana. Parę lat temu w pracach Matsui i Satza pojawiła się sugestia, że ewentualne powstawanie plazmy kwarkowo-gluonowej powinno się przejawiać tłumieniem produkcji  $\psi$  (tzw. efekt ekranowania koloru). Tłumienie takie rzeczywiście zaobserwowano w reakcji tlen-uran przy 200 GeV/N (eksperyment NA38, w 1987 r.). W zderzeniach centralnych produkcja  $\psi$  maleje ze wzrostem energii poprzecznej zderzenia (co jest miarą centralności). Obecne bogactwo danych pozwala również zbadać tłumienie  $\psi'$ . Stosunek  $\psi'$  do  $\psi$  maleje ze wzrostem gęstości energii. Sprawa interpretacji pozostaje jednak otwarta, ponieważ oprócz wytłumaczenia „egzotycznego” (powstawanie plazmy i oswobodzenie kwarków) pracuje również – na obecnym poziomie dokładności danych – wytłumaczenie „konwencjonalne” – związane z absorpcją rezonansów  $\psi$  w gęstej materii jądrowej.

W eksperymencie NA38 zasygnalizowano pojawienie się nowego efektu. Otóż widmo mas dimionów w obszarze pomiędzy stanami  $\rho$  i  $\psi$  nie daje się dobrze opisać przy po-

mocy superpozycji danych z oddziaływań proton-jądro, uwzględniających mechanizm Drella-Yana i produkcję powabu.

Na konferencji przedstawiono sporo nowych danych o produkcji dziwności w oddziaływaniach jąder. Nowe dane z eksperymentu NA36 potwierdzają zaobserwowany w 1988 r. w eksperymencie NA35 wzrost produkcji dziwności (w porównaniu z prostą superpozycją oddziaływań nukleon-nukleon). Eksperymenty WA85 i NA36 dostarczyły nowych danych o produkcji antyhiperonów  $\Lambda$  i  $\Xi$ . Zidentyfikowano też pierwsze przypadki produkcji hiperonu  $\Omega$ .

Prowadzone w kilku eksperymentach poszukiwania tworów egzotycznych typu „strangeletów”, SQM (Strange Quark Matter) pozwoliły podać kolejne granice na ich ewentualne istnienie. Chodzi tu o egzotyczną i niepokojącą hipotezę, że energia przypadająca na jeden barion dla układów z dużą liczbą kwarków u, d i s w jednym „worku” (w modelu worka MIT) może być mniejsza niż dla układów niedziwnych, i takie właśnie układy byłyby prawdziwym stanem podstawowym materii.

Wiele prac dotyczyło wyznaczania (metodą interferencyjną) rozmiarów źródeł emitujących cząstki w zderzeniach jądrowych, zarówno przy energii AGS jak i SPS. Główny wynik to stwierdzenie, że promień źródła pionów rośnie z liczbą atomową jądra tarczy, przekraczając nieco jej rozmiary geometryczne. Promień „pionowy” jest większy niż promień „kaonowy”. Przedstawiono również analizę kierunkową, badającą promienie źródeł w kierunku zgodnym i prostopadłym do kierunku wiązek pierwotnych.

Na zakończenie konferencji przedstawiono referaty o trzech głównych projektach eksperymentów planowanych na przyszłym akceleratorze RHIC w Brookhaven, oraz o jeszcze dalszym projekcie – zderzeń jonów w akceleratorze LHC. Na razie jednak wszyscy oczekują, że z końcem roku 1994 w CERN-ie pojawi się wiązka ołowiu o energii 160 GeV/nukleon. Nie bez kozery następną konferencję z serii QM zaplanowano na styczeń 1995 (w Monterey w Kalifornii).

*Helena Białkowska*

Instytut Problemów Jądrowych  
Warszawa

## RECENZJE

Jerzy Warczewski: **Krystaliczne struktury modulowane**  
PWN, Warszawa 1993, s. 176

Monografia Jerzego Warczewskiego stanowi cenny wkład w nasze piśmiennictwo naukowe, tym bardziej że polskie podręczniki traktujące o krystalografii lub o fizyce ciała stałego nie zawierają tej niemal nowej klasy materiałów, jakimi są struktury modulowane. Szczegółowe rozpatrzenie symetrii tych struktur kazało przyjąć nową definicję kryształu, a także uogólnić szereg stosowanych konwencjonalnie pojęć opartych na symetrii translacyjnej jako kanonie opisu kryształów. Badania struktur modulowanych rzuciły nowe światło na współzależność struktury i dynamiki sieci i pokazały istnienie niezwykle interesujących aspektów dynamicznych tych materiałów. Dlatego też Autorowi monografii należą się słowa uznania za trud przekazania polskiemu czytelnikowi wiedzy na temat tych intrygujących obiektów. Omawiana pozycja książkowa ma niewątpliwy walor współczesności i przedstawia aktualny stan wiedzy na temat struktur modulowanych. Jej układ jest przejrzysty, a zawarty materiał wyczerpuje bodaj wszystkie ważne aspekty związane z istnieniem modulacji zarówno struktur krystalicznych jak i magnetycznych.

Pomimo wyrażonej wyżej pozytywnej opinii, książka posiada też mankamenty, o których chciałbym powiedzieć. Istnieje zdecydowana rozbieżność pomiędzy informacją zamieszczoną na okładce książki, a treścią wstępu. Informacja dotyczy w końcu niebagatelnej sprawy, a mianowicie adresata książki. Autor adresuje ją do zaawansowanego już czytelnika i, sądząc z poziomu wykładu, do dobrej klasy specjalisty z zakresu krystalografii i co najmniej dynamiki sieci. Wbrew intencjom Autora, nie wydaje mi się, aby nawet niezła znajomość fizyki ciała stałego była wystarczająca dla pełnego zrozumienia książki. W tej sytuacji, zamieszczanie na okładce wiadomości, że jest ona przeznaczona w pierwszej kolejności dla studentów jest zawinionym przez wydawcę wprowadzeniem czytelnika w błąd. Mamy tu niewątpliwie do czynienia z niezwykle wymagającą monografią. Stąd też wiele pojęć przyjmuje Autor za znane czytelnikowi i nie wymagające komentarza. Myślę tu choćby o takich pojęciach, jak „wymiar struktury bazowej”, czy „wymiar modulacji”, z którymi spotykamy się dość wcześnie w tej książce. Gorzej jednak, gdy symbole używane we wzorach też nie są wyjaśnione do końca, co choćby widać na przykładzie wzoru (1.5.1). Oczywiście, „czepiając się” tego wzoru, można domyślić się, iż symbol z jego lewej strony oznacza kwadrat częstości drgań. Nie wydaje mi się jednak, aby było dobrą praktyką pozostawianie zbyt wiele domyślności czytelnika. Kolejną ilustracją tego problemu znajdujemy na s. 20, gdzie mówi się o niestabilności modu wibracyjnego o wektorze falowym  $q$ , po czym następuje stwierdzenie, że w takim przypadku parametr porządku ma odpowiednią fazę i amplitudę, odpowiedzialne za modulację struktury, ale nie wiadomo, czy te parametry są powiązane z  $q$ , czy nie. Na tej samej stronie wprowadzone jest pojęcie modu Goldstona, a nieco dalej modu amplitudowego.

Otóż samo wytłumaczenie, co oznacza słowo „mod” znajduje się dopiero na s. 139, natomiast charakterystyki obu modów są podane bardziej „na wiarę” niż wytłumaczone. I tak stwierdzenie „amplituda  $A$  funkcji modulacji rośnie, gdy temperatura maleje w fazie niewspółmiernej” (s. 21), będące zreferowaniem wyniku badań, nie jest uzupełnione informacją, czy tak być powinno, a jeżeli tak, to dlaczego. Oczywiście, dla specjalisty słowo „mod” nie jest straszne, a zrozumienie temperaturowej zależności amplitudy funkcji modulacji też nie wymaga nadmiernego wysiłku. Czasem jednak warto też okazać trochę litości dla tych, którzy chcieliby zrozumieć podstawowe dla problemu sprawy, bez konieczności szukania informacji w innych monografiach. Kolejny przykład niejasności znajdujemy na s. 23, podczas omawiania nowej definicji kryształu. Po jasnym wprowadzeniu następuje akapit stwierdzający, że ciecze, ciekłe kryształy i szkła „są opisane albo za pomocą mniej niż trzech współrzędnych periodycznych, albo za pomocą trzech współrzędnych nieperiodycznych, przy czym te ostatnie są równoważne nieskończonej liczbie okresów”. Właściwie wiadomo, o co chodzi, ale trudno uznać te sformułowania za bardzo jasne.

Zbyt późne lub niezbyt zręczne wprowadzanie pojęć, wspomniane przy okazji „modu”, dotyczy także innych znaczeń. I tak, na s. 24 wprowadzone jest pojęcie „przejścia domykającego” (dopiero na s. 105 pojawia się jego angielska nazwa „lock-in”, dość powszechnie znana przeciętnemu czytelnikowi artykułów poświęconych przejściom fazowym). W tym konkretnym przypadku nie jestem przekonany, czy polskie tłumaczenie słowa „lock-in” jest tu najwłaściwsze, gdyż chodzi nie tyle o domknięcie czegokolwiek, ile o gwałtowne zatrzaśnięcie. Użyta nazwa, mimo że ma już pewną historię w piśmiennictwie polskim, wydaje mi się jednak mało fortunna i chyba Autor nie wykorzystał szansy na zasugerowanie lepszej nazwy. Za niezbyt zgodny z duchem naszego języka uznaję też termin „długoperiodyczne struktury magnetyczne” (s. 37), będący nazbyt dosłownym tłumaczeniem z jęz. rosyjskiego. Potknięcia stylistyczne i językowe nie należą zresztą niestety do rzadkości w tej książce (choćby „piki refleksów satelitarnych” (s. 37), „tym węższych schodów można zaobserwować” (s. 25), „daje się wyliczać” (s. 49)). W dalszej części znajdujemy sformułowanie o „modulacji anharmonicznej” (s. 136), „znaczącości” (s. 145, tłumaczenie słowa „importance”), wreszcie fatalną składnię w postaci „... używa się rozmaitych technik... , mianowicie: w szczególności...” (s. 155).

Wymienione przeze mnie potknięcia językowe obarczają główną winą redaktorów i mogą być względnie łatwo usunięte w kolejnym wydaniu książki. Jednak przykładem błędu redakcyjnego, za który tym razem odpowiada sam Autor, jest przytoczenie na s. 36 równania niemal Mathieu, które to równanie wyjaśnione jest dopiero na s. 126.

W książce można spotkać też od czasu do czasu inne grzechy przeciwko klarowności i konsekwencji wykładu. I tak na s. 43 na liczby sprzężone zespolone używa się we wzorze (3.2.7) dwóch liter, podczas gdy już we wzorze (3.2.11) na następnej stronie – konwencjonalnej gwiazdki. W definicji  $\eta$  na s. 46 zabrakło używanego wcześniej  $\rho$ . Rysunek 3.2.11, wzięty z monografii Izjumowa, jest mylący, gdyż sugeruje skierowanie pola magnetycznego wzdłuż osi  $z$ , a nie  $y$ . We wzorze (5.1.2.) i kolejnych błędnie używa się funkcji gęstości ładunku jako funkcji zależnej od bezwzględnej wartości wektora wodzącego, co wyklucza wszelką asferyczność rozkładu. Z punktu widzenia potrzeb Autora, sferyczna część rozkładu jest całkowicie wystarczająca, niemniej jednak należało o tym napisać. Trudno też zgodzić się z Autorem co do interpretacji równań Lauego (s. 102),

jako nie mających rozwiązania, gdyż „mamy do czynienia z układem czterech równań o trzech niewiadomych” (tym czwartym równaniem jest równanie kosinusów kierunkowych). Jest oczywistą rzeczą, że równania Lauego zostały wyprowadzone dla konkretnej, trójwymiarowej sieci i jako takie zawierają równanie kosinusów kierunkowych. Wyprowadzenie Lauego zakłada dyskretność kierunków i/lub długości fali promieniowania i nie ma w nich niczego demonicznego, ani „ułomnego”, jak Autor sugeruje. Widać to zresztą szczególnie dobrze, gdy równania Lauego zapisze się w postaci wektorowej. Na s. 108 czytamy, że „Temperatura  $T_c$  wykazuje histerezę” (!), podczas gdy ewidentnie chodzi o samo przejście fazowe, lub – parametr porządku. Na s. 118 znajdujemy „liczby względnie pierwsze” oraz mocno kontrowersyjne stwierdzenie, że „kryształy niewspółmierne są czymś pośrednim między normalnymi kryształami a materiałami amorficznymi”.

W opisach metod doświadczalnych też nie zawsze Autor stara się wyjaśnić sprawę do końca. W badaniach dyfrakcyjnych podaje jako kryterium zgodności modelu z obserwowanym widmem dyfrakcyjnym czynnik opisany wzorem (5.7.1), który bynajmniej nie jest jedynym używanym przez krytalografów. Jest to tym dziwniejsze, że książka adresowana jest do specjalistów, którzy przecież nie zadowolają się tak prostym opisem zgodności modelu z eksperymentem. W opisie kwadrupolowego rezonansu jądrowego (s. 136/137) najpierw stwierdza się, iż stosowane jest „silne zewnętrzne pole magnetyczne”, a parę zdań dalej czytamy „Klasyczne doświadczenia z NQR...przeprowadza się pod nieobecność zewnętrznego pola magnetycznego”. To, że „klasyczne” oznacza związane z badaniami konwencjonalnych kryształów, nie jest tak wcale oczywiste na podstawie samego tekstu.

Jak więc widać, pomimo dużego uznania dla Autora, i za wybór tematyki, i za przemyślenie rozkładu materiału, i za obszerną bibliografię, stanowiącą ogromny walor książki, samą książkę uważam za niedopracowaną w szczegółach i zawierającą dość liczne błędy redakcyjne. Mimo wszystko jednak zachęcałbym fizyków ciała stałego do zapoznania się z tą monografią. Po pierwsze, wyczuwa się w niej oryginalność problemu. Po drugie, zachęca ona do przemyśleń np. takich pojęć, jak „kryształ” i przemiana fazowa. Po trzecie, otwiera intrygujący i nie zawsze dobrze znany świat struktur modulowanych, po którym to świecie jest się oprowadzającym przez wysokiej klasy specjalistę. Dlatego dobrze się stało, że taka monografia pojawiła się na naszym rynku, Autorowi zaś należy wyrazić uznanie za odwagę jej napisania i wdzięczność za wysiłek włożony w przedstawienie tak trudnych zagadnień w zwarty i wyczerpujący sposób.

*Ludwik Dobrzyński*

Instytut Fizyki – Filia UW  
Białystok



**R.K. Luneburg: Matematyczna teoria optyki**

tłum. z jęz. angielskiego Wanda Stępień-Rudzka, PWN, Warszawa 1993, s. 401

Tytuł książki może sugerować, iż jej ramy tematyczne są szersze niż to faktycznie zachodzi. Tymczasem książka Luneburga poświęcona jest wykładowi zaawansowanej optyki geometrycznej oraz dyfrakcyjnej teorii przyrządów optycznych. Inne gałęzie optyki nie są omawiane; co więcej, w czasie gdy książka powstawała, wiele współczesnych działów optyki jeszcze nie istniało.

Optyka geometryczna przedstawiona jest w monografii Luneburga w sposób niestandardowy, w porównaniu z bardziej tradycyjnym jej wykładem: nie jako graniczny przypadek optyki falowej gdy długość fali dąży do zera, ale jako analiza rozchodzenia się nieciągłości pola elektromagnetycznego. Naturalnym punktem wyjścia dla takiego sformułowania może być obserwacja, że pole elektromagnetyczne wokół promieniującego źródła jest nieciągłą funkcją położenia. Faktycznie, przestrzeń wokół źródła daje się w każdej chwili podzielić na dwa obszary: pierwszy, bliższy źródła, w którym pole jest różne od zera i drugi, bardziej odległy, do którego fala jeszcze nie dotarła i pole jest w nim równe zeru. Granica między tymi obszarami jest więc powierzchnią nieciągłości pola elektromagnetycznego, poruszającą się z prędkością rozchodzenia się fali, i stanowi dla Autora naturalną definicję czoła fali.

Równania Maxwella pozwalają znaleźć ściśle równania spełniane przez nieciągłości wektorów pola elektromagnetycznego na takiej powierzchni granicznej. Relacje te są formalnie identyczne z równaniami spełnianymi przez harmoniczne rozwiązania równania falowego w granicy  $\lambda \rightarrow 0$ , czyli w przybliżeniu optyki geometrycznej. Podstawowe równanie różniczkowe optyki geometrycznej, równanie eikonalne, jest w takim podejściu równaniem spełnianym przez poruszającą się powierzchnię nieciągłości wektorów pola interpretowaną jako czoło fali (równanie charakterystyk). W konsekwencji optyka geometryczna nie jest rozważana jako graniczny przypadek teorii falowej w granicy  $\lambda \rightarrow 0$ , ale jako zespół praw wynikających ze szczególnej klasy rozwiązań równań Maxwella.

Rozdział I książki przedstawia szczegółowo ten punkt widzenia i korzystając z niego wprowadza systematycznie podstawowe pojęcia i prawa optyki geometrycznej. Dyskutuje też wspomniany wyżej związek między oboma sformułowaniami. Rozdział II formułuje teorię Hamiltona optyki geometrycznej i przedstawia ją jako narzędzie do systematycznego analitycznego badania aberracji w układach optycznych. Dwa pierwsze rozdziały monografii zawierają więc systematyczną konstrukcję podstaw optyki geometrycznej oraz jej główne wyniki, a przedstawiony w nich materiał stanowi podstawę do analizowania wielu zagadnień szczegółowych, czemu poświęcona jest dalsza część książki. Rozdział III to przegląd różnorodnych zastosowań teorii (punkty doskonale sprzężone, ośrodki o symetrii radialnej, aberracja sferyczna i koma, tzw. soczewka Luneburga – aby wymienić kilka przykładów). Rozdziały IV i V omawiają przybliżone wersje pełnej teorii, a mianowicie teorie pierwszego i trzeciego rzędu, w których ogólne wyrażenia opisujące tzw. funkcje obrazu (czyli funkcje stanowiące podstawę ilościowego charakteryzowania aberracji układu optycznego) zostały zastąpione wyrażeniami przybliżonymi. Rozdziały te zawierają również dyskusję wielu ciekawych zastosowań. Rozdział VI rozszerza tematykę książki o dyfrakcyjną teorię przyrządów optycznych, stanowi on więc naturalne uzupełnienie monografii z punktu widzenia analizy jakości odwzorowania przez układ optyczny.

Wykład Autora zamykają dwa dodatki: pierwszy to zestawienie związków z analizy wektorowej, drugi opisuje metodę wykreślenia promieni w układzie płaskich powierzchni odbijających i załamujących. Do książki włączone są ponadto uzupełnienia napisane przez innych autorów (o optyce elektronowej autorstwa N. Chako i A.A. Blanka, o własnościach optycznych szkła, o relacjach między matematyką a optyką geometryczną, o zagadnieniu symetrii w obrazach optycznych – wszystkie trzy autorstwa M. Herzbergera).

W całości książka przedstawia zarówno konsekwentne rozwinięcie teorii optyki geometrycznej od podstawowych zasad do zaawansowanych twierdzeń, jak i wiele bardzo różnych jej zastosowań. Uzupełnia w istotny sposób dostępną w języku polskim literaturę dotyczącą optyki, w której brakowało pozycji poświęconej optyce geometrycznej. Ze względu na rodzaj przedstawianego materiału wykład ma charakter dość formalny, prowadzony jest w sposób bardzo systematyczny, przejrzysty i szczegółowy. Można żałować, że Autor nie dołączył do tekstu choćby kilku zadań po każdym rozdziale; mogłyby one ułatwić przyswojenie trudnego często (i wykraczającego poza ramy standardowego wykładu optyki) materiału. Tłumaczenie, nie budzące w całości zastrzeżeń, nie uniknęło niewielkich potknięć i niezręczności, jak choćby „części przestrzeni, które są w spoczynku” w rozumieniu części przestrzeni, do których nie dotarł sygnał świetlny, czy pisanie „University of Göttingen”, „University of Marburg” itp. (w nocie biograficznej poświęconej Autorowi).

Pod adresem wydawcy wypada jednak zgłosić istotną uwagę. Otóż książka została przetłumaczona z amerykańskiego wydania z 1964 r., które z kolei – o czym informuje nota wydawcy zagranicznego – stanowiło odtworzenie skryptu wydanego w 1944 r. i przygotowanego na podstawie wykładów wygłoszonych przez Luneburga w tym samym roku. Czytelnik może zadać naturalne pytanie, dlaczego wydano książkę, która liczy lat pięćdziesiąt. Co prawda umieszczona w polskim wydaniu przedmowa Emila Wolfa do wydania amerykańskiego, omawiając zarówno historię powstania monografii jak i charakteryzując jej miejsce w literaturze poświęconej optyce, stanowi dla książki przekonującą merytoryczną rekomendację, ale i ta przedmowa liczy lat trzydzieści. Czy więc dziedzina, której książka dotyczy nie zmieniła się od tego czasu? Czy i w których zagadnieniach w niej omawianych został dokonany postęp? Wkład Luneburga do optyki był znaczący, a sama książka ważna (warto choćby zwrócić uwagę na liczne odniesienia do niej w *Principles of Optics* Born'a i Wolfa). Tym bardziej szkoda, że przedstawiając książkę czytelnikowi polskiemu wydawca ograniczył się do kilkunastu linijek omawiających jej treść na tylnej okładce. Odpowiednia przedmowa wyjaśniająca wyżej podniesione kwestie byłaby bardzo na miejscu w tej wartościowej pozycji wydawniczej.

Jarosław Zaremba

Instytut Fizyki UMK  
Toruń

## K R O N I K A

## PTF

## Oddział Opolski

Zebranie sprawozdawczo-wyborcze Oddziału Opolskiego PTF odbyło się 2 grudnia 1993 r. Oddział liczy obecnie już tylko 38 członków. Jak wynikało ze sprawozdania przedstawionego przez ustępujący Zarząd, nie oznacza to spadku aktywności Oddziału. W okresie sprawozdawczym odbywały się posiedzenia naukowe (10), tradycyjnie już zorganizowano XXV i XXVI Międzyszkolny Turniej Wiedzy Fizycznej dla uczniów szkół średnich Opolszczyzny, organizowano i z dużym sukcesem przeprowadzano pokazy doświadczeń fizycznych dla uczniów szkół podstawowych i średnich (informowała o tych imprezach *Kronika Postępów Fizyki* w zeszytach 3 i 4, 1993). Wszystkie te formy pracy Oddziału postanowiono nie tylko utrzymać, ale i zintensyfikować.

Ustępującemu Zarządowi jednogłośnie udzielono absolutorium. Wybrano nowy Zarząd w składzie: przewodniczący – Tadeusz Górecki, zastępca przewodniczącego – Stanisław Chabik, sekretarz – Henryk Griner, członkowie – Wanda Langer, Józef Kusz, Stanisław Waga oraz Bożena Pędzisz (korespondent).

*Bożena Pędzisz*

## Nominacje profesorskie

Tytuł naukowy profesora nauk fizycznych, nadany przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej, otrzymali w dn. 18 października 1993 r.: Henryk Arodź (UJ,

Kraków), Paweł Mikołajczak (UMCS, Lublin), Tadeusz Paszkiewicz (UWr, Wrocław), Franciszek Rozpłoch (UMK, Toruń) i Keshra Sangwal (PL, Lublin); w dniu 19 listopada 1993 r. tytuł otrzymali: Marek Jeżabek (IFJ, Kraków), Kazimierz Jurga (UAM, Poznań), Dariusz Mączka (UMCS, Lublin) i Stanisław Urban (UJ, Kraków).

*Sprawy Nauki*, nr 6 (1993)

## Nobel za pulsara

Szwedzka Akademia Nauk przyznała w 1993 r. Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki Josephowi H. Taylorowi Jr. i Russellowi A. Hulse'owi za odkrycie PSR 1913+16, pulsara w układzie podwójnym. Obaj laureaci pochodzą z Uniwersytetu w Princeton. Jest to trzecia w historii Nagroda Nobla przyznana astronomom. We wszystkich trzech przypadkach laureatami byli radioastronomowie, przy czym w dwóch przypadkach nagrodę przyznano za prace nad pulsarami. Nagroda dla Taylora była od dawna oczekiwana w środowisku astronomów, a ja osobiście miałem nawet szczęście przewidzieć tego Nobla na piśmie [1].

Taylor i Hulse dokonali swego odkrycia w 1974 r. przy użyciu 300 m radioteleskopu znajdującego się w Arecibo na wyspie Puerto Rico. Jak się później okazało, ten podwójny pulsar posłużył jako idealne laboratorium do testowania relatywistycznych teorii grawitacji [2]. Dzisiaj znamy kilkanaście pulsarów podwójnych, a mimo to pulsar Hulse'a i Taylora jest wciąż najlepszym przypadkiem relatywistycznym.

Russell Hulse był w 1974 r. doktorantem Taylora. W trakcie rutynowych, ale



Joseph Taylor



Russell Hulse

niezwykle skomplikowanych poszukiwań pulsarów znalazł on PSR 1913+16, który po krótkim okresie monitorowania zmian okresu okazał się członkiem zwartego układu podwójnego o okresie orbitalnym ok. 7.75 h. Natomiast okres rotacyjny pulsara P wynosił ok. 59 ms.

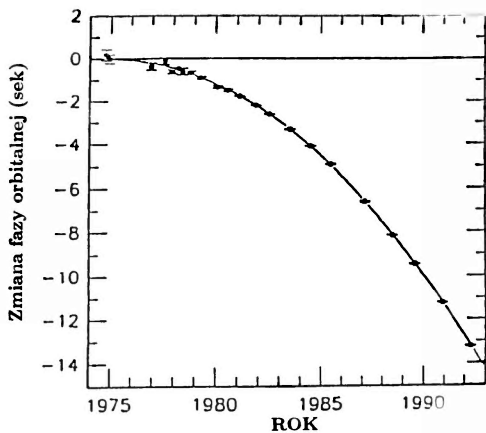
Niedługo po odkryciu Russell Hulse obronił doktorat i zmienił zainteresowania. Dzisiaj, o ile się nie mylę, zajmuje się fizyką plazmy. Podobnie jak Taylor jest profesorem Uniwersytetu w Princeton. W 1975 r. Hulse i Taylor opublikowali w *The Astrophysical Journal* [3] pracę zawierającą szczegóły odkrycia, okres  $P$  i jego pochodną  $\dot{P}$  oraz keplerowskie parametry orbitalne układu. W pracy tej zawarli oni również odważne stwierdzenie, że „układ podwójny PSR 1913+16 może być doskonałym przypadkiem testowym dla einsteinowskiej ogólnej teorii względności (OTW)”. Rzeczywiście, krótki okres orbitalny  $P_b$  (ok. 7.75 h) oraz znaczny mimośród  $e = 0.617$  sugerowały, że efekty relatywistyczne powinny być w tym przypadku kilkadziesiąt tysięcy razy silniejsze niż dla

Merkurego. Od 1975 r. Taylor z nowymi współpracownikami, głównie nowym doktorantem Joelem Weisbergiem, rozpoczął systematyczną eksploatację tego naturalnego laboratorium fizyki relatywistycznej.

Układ PSR 1913+16 składa się z dwóch gwiazd neutronowych, z których tylko jedna jest widoczna jako pulsar radiowy o okresie 59 ms. Pulsar ten obiega wspólny środek masy po orbicie o mimośrodku  $e = 0.617$  w czasie  $P_b$  ok. 7.75 h. Wynika stąd, że prędkość orbitalna pulsara jest rzędu 0.1% prędkości światła. Zatem znalezienie relatywistycznych poprawek do keplerowskich parametrów orbitalnych powinno być możliwe. W fazie periastronu oba składniki zbliżają się do siebie na odległość ok. połowy promienia Słońca (pamiętajmy, że promień gwiazdy neutronowej jest rzędu 10 km, można więc ją uważać za masę punktową), a zatem powinny również wystąpić efekty relatywistyczne związane z silnym polem grawitacyjnym.

Precyzyjne pomiary chronometrażowe układu PSR 1913+16 pozwoliły wyznaczyć pięć postkeplerowskich parametrów (szcze-

góły patrz w [2]). Parametry te są następujące: (1) relatywistyczna precesja periastroonu ( $4.2^\circ$  na rok), (2) kombinacja efektu Dopplera i grawitacyjnego przesunięcia ku czerwieni (4.3 ms), (3) skrócenie okresu orbitalnego wskutek emisji kwadrupolowego promieniowania grawitacyjnego ( $-2.4 \times 10^{-12}$ ) oraz parametry określające wielkość (4) i kształt (5) grawitacyjnego ugięcia promieniowania radiowego pulsara (ok. 6  $\mu$ s). Trzy pierwsze parametry zależą od łatwo mierzalnych keplerowskich parametrów orbitalnych oraz od mas obu składników, natomiast parametry (4) i (5) wymagają jeszcze znajomości nachylenia płaszczyzny orbity względem obserwatora.



Różnica pomiędzy czasem fazy periastroonu przy założeniu stałego okresu orbitalnego (linia prosta) a czasem fazy periastroonu obserwowanego w układzie PSR 1913+16 w latach 1975-93. Ciągła linia znakomicie pasująca do danych obserwacyjnych reprezentuje kwadrupolowe promieniowanie grawitacyjne Einsteina

Wszystkie dotychczasowe obserwacje układu PSR 1913+16 są zgodne z einsteinowską OTW, a niektóre wykluczają wszystkie inne alternatywne relatywistyczne teorie grawitacji zastosowane do tego przypadku. Masy składników:  $M_1 =$

$1.4411 \pm 0.0007$  oraz  $M_2 = 1.3874 \pm 0.0007$ , są niewiarygodnie zgodne z tzw. granicą Chandrasekhara dla gwiazd neutronowych [4]. Warto zauważyć ogromną dokładność wyznaczenia tych mas. Emisja promieniowania grawitacyjnego z układu PSR 1913+16 powoduje wiekowy zanik okresu orbitalnego (składniki po prostu spadają na siebie). Z analizy pokazanego rysunku wynika, że  $\dot{P}_b = (-2.425 \pm 0.010) \times 10^{-12}$ , co zgadza się z przewidywaniami OTW z dokładnością lepszą niż 0.5% (szczegóły w [2]).

Tak więc noblowski pulsar PSR 1913+16 nie tylko potwierdził słuszność OTW jako relatywistycznej teorii grawitacji (a tym samym wykluczył teorie alternatywne), ale również dostarczył pośredniego dowodu istnienia fal grawitacyjnych. Wymagało to kilkunastu lat intensywnych badań radioastronomicznych układu podwójnego PSR 1913+16 (patrz rysunek). Zaslugi Taylora są oczywiście niezaprzeczalne. Wkład Russella Hulse'a jako odkrywcy tego układu też jest bardzo istotny, aczkolwiek po dwudziestu latach zapomniał on już pewnie wielu szczegółów dotyczących tego odkrycia. Mnie osobiście dziwi jednak fakt pominięcia Joela Weisberga, który dokonał wspólnie z Taylorem pomiaru większości punktów pokazanych na rysunku (por. [5,6]). Ale tak już jest, że Nagrodę Nobla dostaje się głównie za odkrycia, rzadziej za całokształt.

Janusz Gil

- [1] J. Gil, „Międzynarodowa Konferencja IAU 128”, *Nauka Polska* 6, 158 (1990).
- [2] J. Gil, *Postępy Fizyki* 43, 521 (1992).
- [3] R.A. Hulse, J.H. Taylor, *Astrophys. J.* 195, L51 (1975).
- [4] S. Chandrasekhar, *Postępy Fizyki* 36, 129 (1985).
- [5] J.H. Taylor, J.M. Weisberg, *Astrophys. J.* 349, 434 (1989).
- [6] J.M. Weisberg, J.H. Taylor, *Phys. Rev. Lett.* 52, 1348 (1984).

### Nagroda FNP '93

Nagrodę Fundacji na rzecz Nauki Polskiej za rok 1993 w dziedzinie nauk ścisłych otrzymał Stanisław Lech Woronowicz, profesor w Zakładzie Metod Matematycznych Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, członek korespondent PAN, laureat Nagrody Jurzykowskiego (1988). Nagroda FNP została przyznana mu za badania nad grupami kwantowymi i ich związkami z teorią  $C^*$ -algebr. Algebry te są bardzo silnym narzędziem badań w fizyce statystycznej i kwantowej teorii pola.

Nagrody naukowe Fundacji na rzecz Nauki Polskiej są przyznawane corocznie w dziedzinach nauk: humanistycznych, przyrodniczych i medycznych, ścisłych oraz technicznych za indywidualne osiągnięcia na poziomie światowym. W 1993 r. wysokość Nagrody wynosiła 200 mln zł.

B. W.

### Polski wiceprezes ICO

Podczas 16 Kongresu Międzynarodowej Komisji Optyki (ICO) w Budapeszcie w sierpniu 1993 r. został wybrany zarząd ICO na nową trzyletnią kadencję. Prezesem została A. Consortini (Włochy), natomiast jednym z wiceprezesów wybrano Katarzynę Chałasińską-Macukow, która jest profesorem Uniwersytetu Warszawskiego, wicedyrektorem Instytutu Geofizyki UW, członkiem zarządu Europejskiego Towarzystwa Optycznego. Jest ona specjalistką w dziedzinie optyki fourierowskiej i optycznego przetwarzania informacji.

Tomasz Cichocki

### Porozumienie CERN – Rosja

W październiku 1993 zostało podpisane kolejne, trzyletnie porozumienie między CERN-em a Rosją w sprawach współpracy naukowej i technicznej. Należy się

spodziewać, że po upływie tego czasu Rosja zostanie przyjęta na pełnoprawnego członka CERN-u.

*CERN Courier* 33, nr 10 (1993)

B. W.

### Wykładowcy EPS w Krakowie

W dniach 27-31 października 1993 r. przebywał w Instytucie Fizyki UJ Serge Haroche – profesor Ecole Normale Supérieure i Uniwersytetu Piotra i Marii Curie w Paryżu – wykładowca Europejskiego Towarzystwa Fizycznego w roku 1993.

Profesor Haroche wygłosił dwa wykłady: 28 października ogólny wykład pt. „Cavity Quantum Electrodynamics: Manipulating Atoms and Photons in a Confined Space” i następnego dnia wykład specjalistyczny pt. „Schrödinger’s Cat in Quantum Optics”.

W obu wykładach omawiane były prowadzone obecnie i przygotowywane przez grupę Haroche’a eksperymenty dotyczące podstaw mechaniki kwantowej i teorii pomiarów. W doświadczeniach tych stosuje się atomy wzbudzone do wysokich stanów rydbergowskich, w których duże wartości momentów dipolowych umożliwiają silne oddziaływanie nawet z pojedynczymi fotonami. Inną ważną charakterystyką tych doświadczeń jest zastosowanie nadprzewodzących rezonatorów o bardzo wysokiej dobroci. Pozwala to na długotrwałe magazynowanie fotonów w rezonatorze, a także na manipulowanie stanami pola elektromagnetycznego.

Tematyka zbliżona do obydwu wykładów była już częściowo omawiana w *Postępach Fizyki* (W. Gawlik, „Elektrodynamika atomu we wnęce rezonansowej”, *PF* 42, 33 (1991); H. Walther, „Doświadczenia z pojedynczymi atomami i sprawdzanie podstaw fizyki kwantowej”, *PF* 44, 259 (1993)), a także w *Świecie Nauki* (Serge Haroche i Jean-Michel Raymond, „Elektro-

dynamika kwantowa we wnętrzu”, *Świat Nauki*, nr 22(6), czerwiec 1993, s. 24).

Wizyta Haroche’a była już drugą w ciągu roku wizytą wykładowcy Europejskiego Towarzystwa Fizycznego w Krakowie. W marcu 1993 r. bowiem odbył się w IF UJ wykład Herberta Walthera z Garching/Monachium – wykładowcy EPS na rok 1992. Tekst tego wykładu, wygłoszonego również w Warszawie, opublikowano jako wymieniony wyżej artykuł w *Postępiech Fizyki*.

Wojciech Gawlik

### Miejsce fizyków w nowych warunkach

W liście do redakcji *Physics Today* Alex Kalamarides z Centrum Badawczego IBM im. Thomasa J. Watsona w Yorktown Heights zwraca uwagę, że na podstawie liczby ukazujących się w tym czasopiśmie ogłoszeń oferujących pracę fizykom można się zorientować co do tendencji rynku pracy w tej dziedzinie.

Od 1986 r. autor zauważył wyraźny spadek wolnych miejsc pracy, a średnia z 18 miesięcy 1992/93 jest poniżej 68% średniej z okresu 1985-90. Kalamarides jest zdania, że wobec takiego stanu rzeczy należy zastanowić się nad rolą, jaką w najbliższej przyszłości mogą odgrywać fizycy i odpowiednio zmienić sposób ich kształcenia. Przygotowywanie studentów do kariery uniwersyteckiej bądź pracy badawczej w laboratoriach pozaakademickich nie jest już wystarczające. Studentów fizyki należy kształcić w specjalnym podejściu do rozwiązywania trudnych zagadnień i dawaniu sobie rady z problemami technicznymi, ekonomicznymi, organizacyjnymi, socjologicznymi. Uświadomienie możliwości bardzo różnorodnego wyboru kariery po ukończeniu studiów fizyki może przyciągnąć najlepszych i najbystrzejszych młodych ludzi na te studia.

*Phys. Today* 46, nr 8, cz. 1 (1993)

B. W.

### Fizycy amerykańscy przekwalifikowują się

Rynek pracy dla fizyków w USA kurczy się. Laboratoria badawcze wielkich firm przemysłowych jak Kodak, IBM, AT&T, Bellcore znacznie obcinają nakłady na badania podstawowe w fizyce. „Odchodzimy od poznawania czegoś więcej o świecie fizycznym a skupiamy naszą uwagę na świecie informacji i sieci komputerowych” powiedział wiceprezes ds. badań stosowanych firmy Bellcore.

Firma IBM zmniejszyła w ciągu ostatnich pięciu lat kadre swoich fizyków z ok. 350 do 220.

Również w wyższych uczelniach amerykańskich bardzo wielu doktorów fizyki nie może znaleźć pracy i ma do wyboru tylko niskopłatne stypendia podoktorskie albo częściowe, o niskim prestiżu, zatrudnienie w pracach badawczych.

Wielu pracujących dotychczas w przemyśle fizyków pragnie przekwalifikować się na informatyków. Firma Bellcore widzi dla siebie duże korzyści w zatrudnianiu fizyków do prac nad rozwojem komunikacji – sieci komputerowych, oprogramowania itp., uważa jednak, że dotychczasowe, tradycyjne szkolenie do badań naukowych nie jest tu właściwym przygotowaniem. Już od 2 lat prowadzi trzytygodniowe przeszkolenie pracowników badawczych, głównie fizyków i inżynierów elektroników z doktoratem. Są to intensywne kursy oprogramowania i projektowania układów. Oczywiście trzytygodniowy kurs nie może wystarczyć do uzyskania nowych kwalifikacji – chodzi tu jedynie o zapoznanie uczestników z terminologią nowego zawodu i odpowiednim sposobem myślenia, tak aby mogli oni już dalej kształcić się sami. „Nie usiłujemy zamienić fizyków i inżynierów w specjalistów komputerowych z dnia na dzień” – powiedział organizator kursów.

*Science* 261, nr 5129 (1993)

B. W.

## Wobec kryzysu

„Stoimy wobec kryzysu nie tylko w fizyce cząstek elementarnych ale w całej podstawowej nauce” - powiedział Victor Weisskopf w lecie 1993, w czasie swojej dorocznej wizyty w CERN-ie. (Przypomnijmy, że Weisskopf był dyrektorem generalnym CERN-u w latach 1961-65).

W swoim wystąpieniu Weisskopf proponował pewne sposoby przeciwstawiania się temu kryzysowi. Dzieli on nauki na „nauki ziemskie” (biologię, medycynę, fizykę ciała stałego, większą część fizyki jądrowej, badania zachowania się układów nieliniowych, chaos - wszystkie bezpośrednio związane z procesami zachodzącymi na Ziemi) oraz na „nauki kosmiczne” (astronomię, astrofizykę, część fizyki cząstek elementarnych i część fizyki jądrowej - dążące do głębszych wyników, których zastosowania nie są od razu oczywiste).

Obserwując rozwój nauki amerykańskiej Weisskopf zwraca uwagę na lata trzydzieste, które stały się punktem zwrotnym jej rozwoju. Przedtem Stany Zjednoczone nie były na czele nauki światowej i badacze amerykańscy jeździli często do ośrodków europejskich. W czasie drugiej wojny światowej prace nad radarem w Anglii i Manhattan Project w USA pokazały, że fizycy potrafią być dobrymi menedżerami i umieją rozwiązywać zagadnienia inżynierskie. To zapewniło po wojnie ich wielki prestiż, i nauka kwitła. Hojne finansowanie badań podstawowych spowodowało, że wytworzyła się liczna warstwa zapalonych fizyków. Jednak ta epoka nie przyniosła, według Weisskopfa, podstawowych zmian w rozumieniu mechaniki kwantowej i teorii względności, które zrewolucjonizowały nasze rozumowanie na początku stulecia. Natomiast epoka ta przyniosła nowe zastosowania, nowe metody.

Na początku lat siedemdziesiątych zaczął się spadek ekonomii światowej, a jed-

nocześnie nauki kosmiczne rozrastały się i stawały się coraz kosztowniejsze. „Odtworzenie pierwszych minut Wszechświata kosztuje kupę pieniędzy”, powiedział Weisskopf. Jednocześnie w latach siedemdziesiątych zaczęła się coraz silniej rozwijać świadomość problemów środowiska. W odczuciu społeczeństwa i decydentów ziemskie nauki nabrały wagi, a kosmiczne zaczęły być usuwane w cień. „Czemu finansować coś co nie ma zastosowań?” słyszało się z wielu nieoświeconych kręgów.

Zmniejszenie poparcia dla nauk kosmicznych jest nieuniknione, jednak - ostrzega Weisskopf - nie powinno spaść poniżej jakiegoś poziomu krytycznego, gdyż wtedy pewne dziedziny badań mogą w ogóle zaniknąć a młodzi, obiecujący naukowcy będą szukać kariery poza fizyką.

Trzeba uświadamiać i podkreślać, jak wielki wpływ kulturalny, etyczny i intelektualny mają nauki kosmiczne, jak ważny jest duch dociekliwości, poszukiwania prawdy, gotowość przyznania się do popełnionych pomyłek i świadomość, że wszystkie wyniki są z początku jedynie tymczasowe.

Rośnie obecnie rola współpracy międzynarodowej, gdzie młodzi fizycy z wielu różnych krajów, o różnych kulturach, uczą się działać razem.

Jednak społeczeństwo i prasa są sceptyczne, jeśli chodzi o badania podstawowe. Winę za to częściowo ponosimy my, fizycy, gdyż nie zdołaliśmy jeszcze pokazać w pełni piękna, głębi i znaczenia badań podstawowych. Mało jest dobrych dziennikarzy pisujących o nauce, a nawet ci dobrzy zwykle znają naukę tylko z drugiej ręki. Nie tylko trzeba komunikować nowe odkrycia, ale należy wyjaśniać pojęcia z przeszłości, jak mechanikę kwantową i teorię względności a nawet równania Maxwella i termodynamikę. Tymczasem nacjonalizm i nadmierna specjalizacja zbierają



źniwo. Naukowcy mają obowiązek robić więcej niż dotychczas, by się temu przeciwstawić. Trzeba zrobić znacznie więcej, aby pokazać czym nauka jest naprawdę i jak wszystko jest ze sobą powiązane. „Nauka podstawowa” – zakończył Weisskopf – „to korzenie nauki stosowanej. Jeżeli odetniemy korzenie, drzewo się zwali.”

*CERN Courier* 33, nr 8 (1993)

B. W.

### Szkoła im. Sacharowa w Mińsku

W 1991 r. w czasie konferencji, jaka odbyła się w Moskwie dla uczczenia siedemdziesiątej rocznicy urodzin Sacharowa, postanowiono ufundować 3 międzynarodowe szkoły (kolegia) radioekologii. Miały one powstać w trzech stolicach ówczesnych republik radzieckich, które najwięcej ucierpiały w wyniku katastrofy w Czarnobylu, tj. w Kijowie, Mińsku i Moskwie. Kryzys polityczny i ekonomiczny w związku z rozpadem ZSRR spowodował, że planowane na Ukrainie i w Rosji pozostają nadal w strefie marzeń, natomiast szkoła w Mińsku powstała, głównie dzięki staraniom Stanisława Suskiewicza, fizyka jądrowego, który przez kilka lat po wypadku w Czarnobylu prowadził kampanię na rzecz pełnego ujawnienia skutków tej katastrofy. Szkoła im. Sacharowa ma wprawdzie już ok. 70 studentów i 26 wykładowców, działa jednak w bardzo trudnych warunkach ze względu na brak środków finansowych. Mieści się chwilowo w niewielkich pomieszczeniach udzielonych przez Politechnikę Mińską. Istnieje już wprawdzie gotowy projekt budynków Szkoły, ale koszt budowy wyniósłby ok. 1 mln USD, co jest sumą nieosiągalną z budżetu Białorusi. Wyposażenie stanowią głównie skromne dary, jak np. staroświecki spektrometr alfa-beta z Argonne National Laboratory (USA), stare komputery osobiste i wyposażenie biurowe zebrane przez studentów angielskich, czy trochę książek

i stare roczniki czasopism z darów osobistych. Mimo trudności szkoła opracowała już bardzo obszerny raport naukowy, w którym m.in. została sporządzona mapa indywidualnych dawek napromieniowania jodem w okręgu Czarnobylu. Niestety raport ten istnieje tylko w 3 egzemplarzach – szkoła nie ma funduszy na jego powielenie. Kilka zachodnich uniwersytetów przysłało (na własny koszt) wykładowców. Nabór studentów z zagranicy jest planowany na rok 1995. Bardzo istotny mógłby być udział zagranicznych uczonych w tworzeniu planów dalszego postępowania z terenami skażonymi.

*Phys. World* 6, nr 8 (1993)

B. W.

### Opuśćmy wieżę z kości słoniowej

W numerze listopadowym 1993 czasopisma *Physics World* ukazała się recenzja Józefa Rotblata (profesora emerytowanego Uniwersytetu Londyńskiego i prezesa Konferencji Pugwash) książki S.D. Drella *In the shadow of the Bomb*. Rotblat pisze tam, że były czasy gdy wielu uczonych sądziło, że żyją w wieży z kości słoniowej i stwarzało pozory, że ich prace nie mają nic wspólnego z zewnętrznym światem. Celem nauki, według nich, było zrozumienie praw Przyrody, a ponieważ są one niezmiennie i ani działania ani emocje ludzkie nie mają na nie wpływu, więc w badaniach Przyrody nie ma miejsca na te działania i na te emocje. Dawno już jednak stało się jasne, że jest to sofizmat i złudzenie. Już w XVII w. Francis Bacon nawoływał uczonych aby „rozważali jakie są prawdziwe cele nauki i aby nie poszukiwali ich tylko dla przyjemności umysłu i dla sporów lecz dla pożytku w życiu”. Dopiero jednak wybuch bomby atomowej zburzył wieżę z kości słoniowej. Dziś żaden uczony nie zaprzeczy, że wyniki badań naukowych mogą mieć dla ludzkości katastrofalne konsekwencje, a jednak tylko

bardzo mała część naukowców jest aktywnie zaangażowana w zapobieganiu takiej katastrofie.

„Sądzę, że sprawy broni jądrowej są zbyt ważne aby pozostawiać je w rękach ekspertów i doradców rządowych”, kończy swoją recenzję Rotblat.

*Phys. World* 6, nr 11 (1993)

B. W.

### First Step to Nobel Prize in Physics

Instytut Fizyki PAN zorganizował i przeprowadził już dwa ogólnopolskie konkursy uczniowskich prac naukowych z fizyki (patrz *PF* 44, 611 (1993)). Wobec sukcesu tego przedsięwzięcia postanowiono zorganizować również analogiczny konkurs w skali międzynarodowej pod nazwą „First Step to Nobel Prize in Physics”. Regulamin tego konkursu postanawia, że mogą w nim brać udział uczniowie szkół, które nie mają statusu uniwersyteckiego, górna granica wieku uczestników 20 lat, prace muszą mieć charakter badawczy (z tym, że wybór tematu pozostawia się uczestnikowi), praca może mieć tylko jednego autora (gdyż konkurs powinien mieć charakter indywidualny), nadesłany tekst musi być w języku angielskim i nie może przekraczać 20 stron maszynopisu. Przewodniczącym Komitetu Organizacyjnego Konkursu jest prof. Henryk Szymczak, a sekretarzem generalnym dr Waldemar Gorzkowski. Utworzenie konkursu międzynarodowego nie oznacza bynajmniej likwidacji konkursów ogólnokrajowych, które z dużym sukcesem odbywają się nadal.

Po raz pierwszy „First Step to Nobel Prize in Physics” odbył się w roku szkolnym 1992/93. Konkurs wzbudził od razu bardzo szerokie zainteresowanie. Wpłynęły 134 prace z 23 krajów (tylko 2 prace z Polski!). Były one szczegółowo oceniane przez zespół kilkunastu recenzentów. W wyniku tego Komitet Organizacyjny po-

stanowił nagrodzić 3 prace (wszystkie nagrody równoważne):

· Melvin Leok Boon Tiong (Singapur) – „Estimating the Attractor Dimension of the Equatorial Weather System”,

Iain Galloway (Wielka Brytania) – „Beta Backscattering by Metallic Elements and Simple Components”,

Bituck Dmitry Ruslanovich (Rosja) – „The Dynamics of the Earth's Climate Complex Behaviour”.

Jak widać dwie z nagrodzonych prac dotyczą badania pogody. Nie oznacza to jednak, że Komitet Organizacyjny szczególnie się lubował akurat w badaniach meteorologicznych. Prace te są w swojej istocie badaniami chaosu, a więc dziedziny ostatnio szczególnie intensywnie rozwijającej się. Nagrodzonym uczniom wysłano dyplomy oraz zaproszenia do przyjazdu do Instytutu Fizyki PAN na miesiąc celem wzięcia udziału w prowadzonych tam badaniach naukowych (IF PAN pokrywa koszty pobytu, niestety o środki na podróz muszą laureaci sami zadbać). Przyznano również 38 wyróżnień w trzech kategoriach: „prace badawcze”, „opracowania” i „przyrządy”. Poziom prac konkursowych był na tyle wysoki, że Redakcja *Acta Physica Polonica* postanowiła wydać specjalny zeszyt zawierający 3 prace nagrodzone, a również kilka wyróżnionych. Regulamin konkursu nie przewiduje wprawdzie nagród rzeczowych, ale na prośbę Organizatorów kilka firm ofiarowało dla nagrodzonych i wyróżnionych swoje wyroby. Firma Horstmann Software Design przesłała każdemu z trzech zwycięzców swój najnowszy produkt *ChiWriter 4.2*, a wydawnictwa: Cambridge University Press (Cambridge, Wlk. Brytania), Erhard Friedrich Verlag GmbH (Seelze, Niemcy) i Wydawnictwo Naukowe PWN (Warszawa, Polska) ufundowały piękne książki i czasopisma naukowe do rozdzielenia pomiędzy zwycięz-

ców i wyróżnionych.

Wobec bardzo pomyślnego przebiegu pierwszego konkursu, w bieżącym roku szkolnym został zorganizowany drugi „First Step to Nobel Prize in Physics”. Termin nadsyłania prac upływa 31 marca 1994 r.

Waldemar Gorzkowski

### Wykłady dla uczniów w Instytucie Fizyki PAN

W ostatnim kwartale 1993 r. odbyła się w Instytucie Fizyki PAN kolejna seria wykładów dla nauczycieli i uczniów. Dzięki uprzejmości czasopism *Świat Nauki* i *Wiedza i Życie*, które zamieściły informacje o wykładach, ta akcja popularyzująca fizykę objęła swoim zasięgiem obszar znacznie wykraczający poza Warszawę i województwo warszawskie. Frekwencja była bardzo duża i dwa spośród sześciu wykładów trzeba było powtórzyć: W. Jarvisa (Edynburg) „Pokazy z fizyki” i L. Lisa (IF PAN) „Doświadczenia z promieniowaniem laserowym”. Wykład Jarvisa odbywał się po angielsku z polskim komentarzem.

Jarvis jest uczniem Colina Siddonsa, seniora angielskich nauczycieli, znakomitego dydaktyka (obecnie na emeryturze), który ogromną część swego życia poświęcił eksperymentom fizycznym możliwym do przeprowadzenia przy użyciu prostego i ogólnie dostępnego sprzętu, np. przyrządów kuchennych, zabawek itp. Jarvis uzupełnił jeszcze zestaw pokazów Siddonsa. Doświadczenia są naprawdę proste i pociągające. Wielu naszych nauczycieli na pewno potrafiłoby opracować podobny zestaw korzystając z zabawek i sprzętu dostępnego na naszym rynku.

Wykłady Jarvisa zostały zapisane na taśmie wideo przez Polską Fundację Upowszechniania Nauki. Planuje się wydanie kaset do użytku szkolnego. Analogiczne plany istnieją również w odniesieniu do wy-

kładów Ludwika Lisa.

Wykładom towarzyszyło zwiedzanie Instytutu połączone z lekcjami pokazowymi, co również cieszyło się wielkim zainteresowaniem.

Waldemar Gorzkowski

### Bezrobotny synchrotron?

W ośrodku naukowym Hinchu na Tajwanie rozpoczął w sierpniu 1993 r. próby działania synchrotron przyspieszający elektrony do energii 1.3 GeV. Osiągnięto natężenie wiązki ponad 200 mA. Jest to niewątpliwie wielkie osiągnięcie kraju nie mającego dotychczas żadnego doświadczenia w budowie takich akceleratorów. Synchrotron ten jest największym tego typu urządzeniem w Azji. Koszt budowy wyniósł ok. 110 mln. USD. Brak jest jednak dotychczas chętnych do korzystania z możliwości jakie daje ten synchrotron. W szczególności tajwański przemysł elektroniczny jakoś nie kwapi się do wykorzystania promieniowania synchrotronowego do produkcji układów scalonych. Niemniej Yuen-Chung Liu, dyrektor ośrodka Hinchu, jest zdania, że wkrótce naukowcy zagraniczni zaczną z niego korzystać, w szczególności liczy na udział Japończyków do czasu, kiedy zostanie uruchomiony analogiczny synchrotron w Japonii. Tymczasem podnoszą się na Tajwanie głosy, czy budowa tego urządzenia była istotnie celowa.

*Nature* 366, nr 6454 (1993)

B. W.

### Rutherford za 100 dolarów

Bank Rezerw Nowej Zelandii wyemitował banknot o nominale 100 dolarów (najwyższy nominal w Nowej Zelandii) z podobizną Ernesta Rutherforda.

*Phys. Today* 46, nr 10 (1993)

## Stanisław Kielich (1925 – 1993)

Dnia 15 października 1993 r. zmarł w Poznaniu profesor dr hab. Stanisław Kielich, wybitny uczony, światowej sławy autorytet w dziedzinie optyki nieliniowej. W 1993 r., na miesiąc przed jego śmiercią, Polskie Towarzystwo Fizyczne nadało profesorowi Kielichowi Medal Mariana Smoluchowskiego.



Stanisław Kielich

Stanisław Kielich urodził się 10 listopada 1925 r. w Czempiniu (woj. poznańskie), w rodzinie rzemieślniczej. W okresie okupacji i tuż po wojnie pracował jako robotnik. W 1955 r. ukończył studia fizyczne na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza i od tego czasu związany był z zawodem fizyka, będąc pracownikiem nauki oraz nauczycielem akademickim. W 1962 r. uzyskał stopień doktora nauk fizycznych, a dwa lata później stopień doktora habilitowanego. W 1971 r. został mianowany pro-

fesorem nadzwyczajnym, a w 1976 profesorem zwyczajnym. Stanisław Kielich był członkiem korespondentem Polskiej Akademii Nauk od 1983 r.

Od 1966 do 1969 roku był on kierownikiem zorganizowanej przez siebie Katedry Fizyki Molekularnej UAM, a w latach 1969-75 dyrektorem Instytutu Fizyki UAM. Od 1973 do 1993 roku był kierownikiem Zakładu Optyki Nieliniowej IF UAM. W latach 1970-71 Kielich był „professeur associé” Uniwersytetu w Bordeaux we Francji, gdzie prowadził wykłady dla słuchaczy studium doktoranckiego.

Początek kariery naukowej Kielicha to rok 1955, kiedy to rozpoczął pracę u prof. Arkadiusza Piekary i zajął się teorią procesów nieliniowych w cieczech, wywoływanych działaniem silnych pól: elektrycznego, magnetycznego i optycznego. Jego pierwsze prace napisane wspólnie z Piekarą miały się potem okazać zwiastunem nowej ery w optyce – ery optyki nieliniowej, która nastąpiła w latach sześćdziesiątych wraz z uruchomieniem pierwszych laserów. W latach tych, w początkowym okresie rozwoju optyki nieliniowej, opracował on teorię nasycenia dielektrycznego, teorię rozpraszania światła w cieczech i układach wieloskładnikowych oraz teorię optycznego indukowania anizotropii elektrycznej, magnetycznej lub optycznej w ciałach izotropowych. Jego pionierskie prace dotyczące wielofotonowego rozpraszania światła laserowego przez atomy i cząsteczki oraz środowiska statystycznie niejednorodne zaowocowały odkryciem przez Terhune’a, Makera i Savage’a, w 1965 r., trójfotonowego rozpraszania Rayleigha oraz Ramana. W 1971 r. Kielich, wspólnie z fizykami francuskimi z Bordeaux, odkrył kooperatywne rozpraszanie trójfotonowe, które teoretycznie przewidział 4 lata wcześniej. W tym też roku, w laboratorium prof. Fabelińskiego w Moskwie została odkryta nieliniowa ak-

tywność optyczna, przewidziana wcześniej teoretycznie przez Kielicha.

W latach sześćdziesiątych powstaje także teoria wytwarzania drugiej harmonicznej światła i mieszania częstości optycznych w ciałach elektrycznie spolaryzowanych oraz prace teoretyczne przewidujące możliwość odkrycia nowych zjawisk nieliniowych w ciałach namagnesowanych. Profesor Kielich zapoczątkowuje optykę nieliniową substancji makromolekularnych oraz koloidalnych. Do opisu reorientacji makromolekuł wprowadza uogólnione funkcje Langevina, które obecnie w literaturze noszą nazwę funkcji Langevina-Kielicha. W tym czasie opracowuje również teorię multipolowych polaryzowalności elektrycznych i magnetycznych.

W pierwszej połowie lat siedemdziesiątych, Kielich wspólnie ze swoimi uczniami kontynuuje badania nad teorią wielofotonowego rozpraszania światła, które rozszerza na badania spektralne widm oscylacyjnych i rotacyjnych.

W latach siedemdziesiątych pojawia się w optyce nowy nurt, który zmierza do wytwarzania pól optycznych o nieklasycznych własnościach. Prace tego typu mają fundamentalne znaczenie dla poznania kwantowej natury światła. Profesor Kielich wraz z grupą swoich uczniów włącza się w ten nurt badań. Powstają wtedy prace dotyczące możliwości otrzymywania światła o zredukowanych fluktuacjach kwantowych.

Profesor Kielich był autorem bądź współautorem ponad 300 prac naukowych. Był on także autorem książki *Molekularna optyka nieliniowa*, wydanej przez PWN w 1977 r., której tłumaczenie rosyjskie, w wersji istotnie rozszerzonej, ukazało się nakładem wydawnictwa Nauka w 1981 r. W 1993 r., w sierpniu, ukazał się pierwszy tom z trzynomowego opracowania zatytułowanego *Modern Nonlinear Optics*, któ-

rego Kielich był współredaktorem, a które to opracowanie zostało przygotowane dla renomowanego wydawnictwa Wiley and Sons. W tomie tym przedstawiony został dorobek poznańskiej szkoły optyki nieliniowej, której prof. Kielich był twórcą.

Profesor Kielich był wielokrotnie zapraszany do wygłaszania referatów na konferencjach międzynarodowych oraz powoływany do komitetów naukowych takich konferencji. W Poznaniu, pod przewodnictwem prof. Kielicha, odbywały się międzynarodowe konferencje EKON. Kielich należał do najczęściej cytowanych w literaturze światowej fizyków polskich. Jego prace weszły na trwałe do klasyki w dziedzinie optyki nieliniowej.

Kielich był członkiem komitetów redakcyjnych: *Journal of Raman Spectroscopy*, *Le Journal de Physique*, *Optica Acta* oraz *Quantum Optics*.

Profesor Stanisław Kielich wykształcił ponad 20 doktorów oraz 6 doktorów habilitowanych, z których dwóch ma obecnie tytuł profesorski.

Za swe osiągnięcia prof. Kielich był wielokrotnie wyróżniany nagrodami ministerialnymi, w tym stopnia pierwszego. W 1969 roku otrzymał Nagrodę Miasta Poznania. Został odznaczony Medalem Edukacji Narodowej, Złotym Krzyżem Zasługi, Krzyżem Kawalerskim oraz Krzyżem Oficerskim Orderu Odrodzenia Polski.

Był on wspaniałym człowiekiem, wychowawcą wielu roczników fizyków polskich.

Ryszard Tanaś

## Jerzy Rayski (1917 – 1993)

Jerzy Rayski urodził się w Warszawie w 1917 r. Po uzyskaniu świadectwa dojrzałości rozpoczął w 1935 r. studia medyczne na Wydziale Lekarskim Uniwersytetu Jagiellońskiego. Jednak wkrótce prze-

konał się, że z wykładów, których słuchał na pierwszym roku medycyny, najbardziej interesowała go fizyka i przeniósł się na studia fizyki. Studiując fizykę przejawiał specjalne zainteresowanie fizyką teoretyczną. Wybuch drugiej wojny światowej i zamknięcie szkół średnich i wyższych przez Niemców w okupowanej przez nich Polsce przerwały możliwość jawnego studiowania. Rayski kontynuował w czasie wojny studia w ramach tajnej działalności Uniwersytetu Jagiellońskiego. Stopień magistra fizyki uzyskał w trybie tajnego nauczania w 1944 r. Po wojnie został asystentem prof. Jana Weyssenhoffa w Katedrze Fizyki Teoretycznej UJ, po czym przeniósł się w 1946 r. na Uniwersytet Warszawski. Tam w 1947 r. uzyskał stopień doktora. Promotorem był prof. Wojciech Rubinowicz.

W 1947 r. Rayski został zastępcą profesora i kierownikiem Katedry Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. W latach 1948 i 1949 przebywał na rocznym stażu naukowym u Wolfganga Pauliego na Politechnice Federalnej (ETH) w Zurychu. Po powrocie do Polski habilitował się w 1950 r. Jego prace naukowe z tamtego okresu dotyczyły zagadnień usuwania nieskończoności pojawiających się w kwantowej teorii pola. W Zurychu, współpracując z Paulim, Rayski sformułował przepis metody regularyzacji (usuwającej nieskończoności), regularyzując całe iloczyny funkcji Greena stosowane w tej metodzie, zamiast regularyzować każdą z nich z osobna. Pomyśl ten kontynuowali Pauli i Villars, uznając decydujący wkład Rayskiego do teorii regularyzacji. W Zurychu, a później w Toruniu, Rayski zajął się również badaniem oddziaływań pól z różnymi spinami. W szczególności prace o oddziaływaniu pól bozonowych z polami fermionowymi okazały się prekursorskie wobec dużo później rozwijanych teorii supersymetrii.

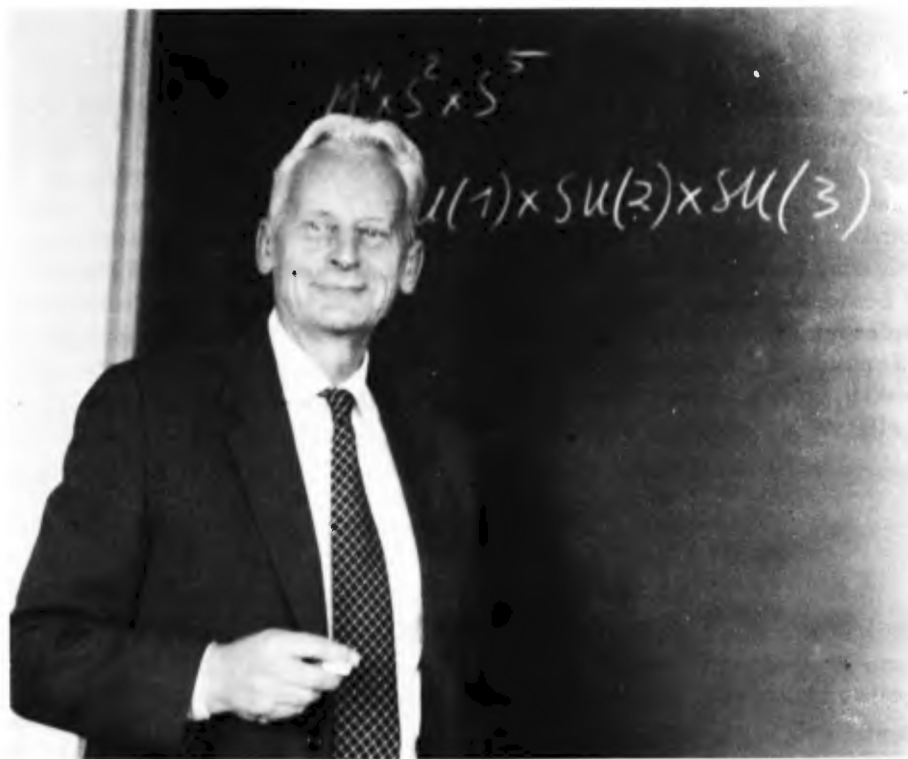
W Toruniu Rayski wraz z pracującym tam wówczas prof. Janem Rzewuskim stworzył prężny ośrodek badań nad kwantową teorią pola. Wykształcił grupę fizyków, którzy obecnie zajmują stanowiska profesorów uniwersytetów w Toruniu i w Gdańsku.

W 1957 r. Rayski przeniósł się do Krakowa do Uniwersytetu Jagiellońskiego, gdzie po przejściu prof. Weyssenhoffa na emeryturę objął Katedrę Fizyki Teoretycznej, przemianowaną później na Zakład Teorii Pola. Zajął się wtedy badaniem związków między symetriami zamkniętych przestrzeni wielowymiarowego kontinuum Kaluzy a siłami jądrowymi, poświęcając dużo uwagi idei unifikacji w fizyce i klasyfikacji cząstek elementarnych. Zagadnieniami tymi zajmował się przez wiele lat.

Oprócz tych głównych nurtów swej działalności, Rayski zajmował się ogólną teorią względności i interesował się też interpretacją mechaniki kwantowej. Problemem interpretacyjnym mechaniki kwantowej, teorii pola i teorii względności oraz problemom unifikacji w fizyce poświęcił dwie monografie: *Foundations of theoretical physics* (1983) i *Essays on physical ideas* (1990), ogłoszone w *Zeszytach Naukowych UJ*. Opracował też przybliżone metody rachunkowe w teorii zaburzeń, dające w pewnych zagadnieniach fizyki atomowej i molekularnej lepsze wyniki niż metoda tradycyjna.

Pewne prace Rayskiego miały charakter pionierski. Były przez wiele lat cytowane w publikacjach Pauliego, Borna, Yukawy i innych oraz omawiane w znanych podręcznikach. Wyniki zurychskich prac Rayskiego były cytowane jeszcze czterdzieści lat po ich ogłoszeniu, co wymownie świadczy o ich wartości.

Rayski był także wybitnym popularyzatorem fizyki. Wydał dwie książki popularnonaukowe i napisał wiele artykułów w



Jerzy Rayski

*Problemach* i we *Wszystkim* oraz kilka artykułów o charakterze filozoficznym w *Tygodniku Powszechnym*. Za tę działalność popularyzatorską otrzymał w latach siedemdziesiątych nagrodę *Problemów*.

Rayski był świetnym wykładowcą. W swoich wykładach dla studentów w Toruniu i w Krakowie, w referatach na szkołach fizyki teoretycznej i na kongresach, na które bywał często zapraszany, podkreślał przede wszystkim treść fizyczną zagadnienia, a jego wykłady nie były nigdy przeładowane szczegółami rachunkowymi. Chętnie dyskutował, zwłaszcza z młodymi fizykami, o których rozwój naukowy się troszczył.

Był kolegą i przełożonym spokojnym i zrównoważonym i cieszył się ogólną sympatią. Lubił sport, w młodości grał dobrze w tenisa, był zapalonym narciarzem, a sport ten uprawiał aż do ostatniej zimy w życiu.

Zmarł 14 października 1993 r. po krótkiej a ciężkiej chorobie w pełni sił twórczych, czego dowodem jest fakt, że w ostatnich miesiącach przygotował do publikacji monografię „*Evolution of physical ideas towards unification*”, która będzie wkrótce wydana. Z jego odejściem fizyka polska, a zwłaszcza fizyka krakowska, poniosły wielką stratę.

Bronisław Średniawa

### W.P. Czebotajew (1938 – 1992)

Dnia 2 września 1992 zmarł w wieku 54 lat Weniamin P. Czebotajew, założyciel i pierwszy dyrektor Instytutu Fizyki Laserów w Akademgorodku k. Nowosybirsk. Był jednym z twórców nowej dziedziny: wysokorozdzielczej spektroskopii bezdopplerowskiej. Wraz ze swoimi współpracownikami opracował również metodę dwufotonowej spektroskopii bezdopplerowskiej, która stała się obecnie najbardziej efektywną metodą ultrawysokoroz-

dzielczej spektroskopii laserowej. W ostatnich latach zajmował się interferencją atomową w wiązkach laserowych. W 1977 r. wspólnie z W. Letochowem wydał monografię *Nieliniowa spektroskopia laserowa* (tłumaczenie polskie PWN 1982). W 1990 ukazało się w Rosji nowe, rozszerzone wydanie tej książki pt. *Nieliniowa wysokorozdzielcza spektroskopia laserowa*.

*Phys. Today* 46, nr 8, cz. 1, (1993)

### B. Pontecorvo (1913 – 1993)

Dnia 24 września 1993 r. zmarł w Rosji Bruno Pontecorvo, wybitny teoretyk w dziedzinie oddziaływań elementarnych.

Pontecorvo, urodzony 22 sierpnia 1913 r. w Pizie, od 1933 r. pracował w grupie Fermiego biorąc udział w pionierskich pracach nad oddziaływaniem powolnych neutronów. W końcu lat trzydziestych pracował u Jolioty w Paryżu, a w latach 1940-42 w USA, potem w Chalk River w Kanadzie i w Wielkiej Brytanii. W 1950 r. wyjechał do ZSRR, gdzie został włączony do badań przy największym wówczas w świecie synchrociklotronie w Dubnej. Był rów-

nież profesorem Uniwersytetu Moskiewskiego prowadząc Zakład Fizyki Wysokich Energii.

Prace jego koncentrowały się przede wszystkim na oddziaływaniach słabych. Wprowadził pojęcie uniwersalnego oddziaływania słabego dla elektronów i mionów. Zapoczątkował poszukiwania neutrin mionowych, uwieńczone potem sukcesem Ledermana, Steinbergera i Schwartza w USA. Zasugerował również możliwość oscylacji neutrin.

*CERN Courier* 33, nr 9 (1993)

B. W.



## 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).

### 1994

10 – 13 kwietnia 1994, Poznań

#### **Ampere Workshop on Magnetic Resonances and Microwave Absorption in the High- $T_c$ Superconducting Materials**

Inst. Fizyki Molekularnej PAN i Instytut Fizyki UAM, IFM PAN, Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań, tel: (61)674071, fax: (61)674751, adr.el.: htsconf@marta.ifmpan.poz.edu.pl.

10 – 14 maja 1994, Warszawa

#### **4th Int. Symposium on Systems with Fast Ionic Transport**

Inst. Fizyki Politechniki Warszawskiej, prof. W. Jakubowski, IF PW, Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel.: 499831.

16 – 20 maja 1994, Warszawa

#### **Interferometry '94**

SPIE – Polish Chapter i Politechnika Warszawska, dr hab. Małgorzata Kujawińska, Inst. Konstrukcji Przyrządów Precyzyjnych i Optycznych PW, Chodkiewicza 8, 02-525 Warszawa, fax: 292962 lub 490392.

ang.

18 – 26 maja 1994, Ustroń-Jaszowiec

#### **Int. School and Symposium on Synchrotron Radiation in Natural Science – ISSRNS '94**

Polskie Towarzystwo Promieniowania Synchrotronowego, dr K. Ławniczak-Jabłońska, Inst. Fizyki PAN, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: 437001, fax: 430926, adr.el.: jablo@ifpan.edu.pl.

P, U: 120, ang.

27 – 27 maja 1994, Kazimierz

#### **XVII Kazimierz Meeting on Elementary Particle Physics: Facing the Desert or New Physics?**

Inst. Fizyki Teoretycznej UW, Inst. Fizyki Doświadczalnej UW, Inst. Problemów Jądrowych, Inst. Fizyki Cząstek w Walencji, dr Z. Ajduk, IFT UW, Hoża 69, 00-681 Warszawa, tel.: 6283031, fax: 6219475, adr.el.: kazcon@fuw.edu.pl.

28 – 29 maja 1994, Ustroń-Jaszowiec

**Pre-school on Physics of Semiconducting Compounds**

Inst. Fizyki PAN i Wydział Fizyki UW, dr Perła Kacman, IF PAN, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: 437001, fax: 430926, adr.el.: perla@plearn.bitnet.

30 maja – 3 czerwca 1994, Ustroń-Jaszowiec

**23rd International School on Physics of Semiconducting Compounds**

Instytut Fizyki PAN, Wydział Fizyki UW i Centrum Badań Wysokociśnieniowych PAN (UNIPRESS), dr T. Story, IF PAN, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: 435626, fax: 430926, tlx: 812468 if pan, adr.el.: story@planif61.bitnet lub story@ifpan.edu.pl.

U: 250, ang.

27 – 28 czerwca 1994, Kraków

**X Dni Wymiany Doświadczeń w Nauczaniu Fizyki w Wyższych Szkołach Technicznych**

Zarząd Główny PTF i AGH, prof. J. Niewodniczański, Wydział Fizyki i Techniki Jądrowej AGH, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel.: (12)333740, fax: (12)340010, adr.el.: dni\_wymiany@novell.ftj.agh.edu.pl.

Z: 15.3.94, U: 100, O: 400 000 zł (dla członków PTF 300 000 zł), bez wyżywienia 150 000 zł.

5 – 8 lipca 1994, Wrocław

**11th Int. Conf. on Solid Compounds of Transition Elements**

INTiBS, skr. poczt. 937, 50-950 Wrocław.

22 – 26 sierpnia 1994, Warszawa

**Int. Conf. on Magnetism – ICM '94**

Inst. Fizyki Molekularnej PAN, S. Krompiewski, IFM PAN, Smoluchowskiego 17/19, 60-179 Poznań, tel.: (61)674071, fax: (61)674751.

22 – 26 sierpnia 1994, Cieszyn

**16th Int. Conf. Applied Crystallography**

Uniwersytet Śląski, D. Stroz, Inst. Fizyki i Chemii Metali UŚI, Bankowa 12, 40-007 Katowice.

28 sierpnia – 4 września 1994, Ustroń

**18th International School on Theoretical Physics „Interacting electrons in low-dimensional systems”**

Inst. Fizyki UŚI i Inst. Fizyki UAM, dr hab. Elżbieta Zipper, IF UŚI, Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice.

U: 70.

1 – 7 września 1994, Zajączkowo k. Poznania

**Symmetry and Structural Props. of Condensed Matter, Int. Summer School on Theor. Phys. (SSPCM '94)**

S. Walcerz, Matejki 48/49, 60-769 Poznań, adr.el.: sspcm@plpuam11.bitnet.  
Z: 1.6.94, A: 15.4.94, P, ang.

5 – 14 września 1994, Zakopane

**29th Zakopane School on Physics: Trends in Nuclear Physics**

Inst. Fizyki Jądrowej, Kraków, dr W. Męczyński, IFJ, Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków, tel.: 370222 w. 568, fax: 371881, tlx: 322461 ifj pl, adr.el.: meczynski@vsb01.ifj.edu.pl oraz dr Reinhard Kulesa, IF UJ, Reymonta 4, 30-054 Kraków, tel.: 337708, fax: 337086, tlx: 3227223 ifuj pl, adr.el.: kulesa@jetta.if.uj.edu.pl.  
U: 110.

6 – 9 września 1994, Zakopane

**3rd International Symposium on Domain Structure of Ferroelectrics and Related Materials**

Inst. Fizyki Molekularnej PAN, prof. Bożena Hilczer, IFM PAN, Smoluchowskiego 17/19, 60-179 Poznań, tel.: (61)684655, fax: (61)684524, tlx: 041317 ifmpl, adr.el.: isfd3@marta.ifmpan.poz.edu.pl.

19 – 23 września 1994, Kraków

**2nd European Fluid Mechanics Conf.**

IPPT PAN, prof. H. Zorski, Świętokrzyska 21, 00-049 Warszawa.

20 – 25 września 1994, Zajączkowo k. Poznania

**4th Internat. Seminar on Highly Conducting Organic Materials for Molecular Electronics**

Inst. Fizyki Molekularnej PAN, prof. A. Graja, IFM PAN, Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań, tel.: (61) 612 475, fax: (61) 684 524, adr.el.: graja@marta.ifmpan.poz.edu.pl.  
Z: 15.5.94, A: 1.9.94, P, U: ok. 80, ang.

1 – 2 grudnia 1994, Kraków

**27th Seminar on Nuclear Magnetic Resonance and its Applications**

Inst. Fizyki Jądrowej, Kraków, prof. J. Hennel, IFJ, Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków, tel.: 370222, fax: 375441, tlx: 322461 ifj pl, adr.el.: jhennel@vsb01.ifj.edu.pl.

## 1995

13 – 24 lutego 1995

**31 Zimowa Szkoła Fizyki Teoretycznej – Chaos: the interplay between stochastics, classics and quanta**

Inst. Fizyki Teoretycznej Uniw. Wrocławskiego, prof. P. Gałbaczewski, IFT UWr, pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław, tel.: 222363, 201483, fax: 214454, 402800, adr.el.: pgar@plwruw11.bitnet.  
P, U: 100, ang.

## NOWE KSIĄŻKI

- Anna Hurwic, *Abecadło fizyki*, z jęz. francuskiego tłum. Jerzy Kuryłowicz, PWN, Warszawa 1994, s. 118.
- Waldemar Scharf, *Akceleratory biomedyczne*, PWN, Warszawa 1994, s. 474.
- *Perspektywy rozwoju nowych awangardowych dziedzin nauki i opartych na nich przemysłów wysokiej techniki* (praca zbiorowa), Komitet Prognoz PAN, Warszawa 1993, s. 377.
- H.Z. Wrembel, *Atmosphere and rivers as the major sources of mercury to the Baltic Sea*, Wydawnictwa WSP Słupsk 1993, s. 143+14.
- Marcin Kubiak, *Gwiazdy i materia międzygwiazdowa*, PWN, Warszawa 1994, s. 450.
- Ian Stewart, *Czy Bóg gra w kości? Nowa matematyka chaosu*, z jęz. ang. tłum. Michał Tempczyk i Włodzimierz Komar, PWN, Warszawa 1994, s. 365.

---

**KSZTAŁCIMY LUDZI  
KTÓRZY POTRAFIĄ WSZYSTKIEGO SIĘ NAUCZYĆ**

---

## **SZKOŁA NAUK ŚCISŁYCH**

**ogłasza zapisy na pierwszy rok studiów dziennych  
w roku akademickim 1994/95**

Szkoła Nauk Ścisłych, działająca od 1993 r., jest niepaństwową wyższą uczelnią, wspieraną przez Instytut Fizyki, Centrum Fizyki Teoretycznej, Instytut Chemii Fizycznej i Instytut Matematyczny Polskiej Akademii Nauk oraz Instytut Technologii Elektronowej.

Szczególnie liczymy na maturzystów o zdolnościach do nauk ścisłych, którzy chcą swobodnie poruszać się w świecie współczesnych idei, techniki i technologii oraz pragną wiązać karierę zawodową z przedsiębiorstwami i instytucjami o nowoczesnych metodach działania.

Szkoła Nauk Ścisłych ma wszystkie prawa wyższej uczelni – dyplomy uczelni są honorowane na równi z dyplomami uczelni państwowych, studenci i absolwenci mają te same prawa, przywileje i obowiązki co studenci państwowych szkół wyższych. Kandydaci na studia powinni złożyć podanie o przyjęcie na studia oraz świadectwo dojrzałości (matura) do dnia 30 czerwca 1994 r. Nie będzie formalnych egzaminów wstępnych, kandydaci będą przyjmowani na podstawie konkursu świadectw i rozmowy kwalifikacyjnej, która odbędzie się w pierwszej połowie lipca 1994 r. Liczba miejsc na pierwszym roku studiów jest ograniczona do około 40. Studia są płatne – w roku akademickim 1994/95 czesne będzie wynosić ok. 13 mln zł za cały rok nauki. Istnieje możliwość odpracowania czesnego.

Obecnie Szkoła Nauk Ścisłych prowadzi trzyletnie studia licencjackie. Są to studia interdyscyplinarne łączące fizykę, chemię, matematykę i informatykę. Absolwenci uzyskują stopień licencjata i będą mogli podjąć studia magisterskie. Najzdolniejsi i najbardziej zaangażowani do nauki absolwenci Szkoły będą mogli studiować na istniejących w instytutach badawczych PAN studiach doktoranckich.

Wykłady są prowadzone przez profesorów Polskiej Akademii Nauk. W programie przewidziano znaczną ilość zajęć laboratoryjnych w nowoczesnie wyposażonych pracowniach badawczych Instytutów. Każdy student ma swobodny dostęp do komputera.

**Wszelkie informacje o studiach w Szkole Nauk Ścisłych można uzyskać w jej siedzibie, Aleja Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, budynek XV, telefon: (022) 43 70 01 wew. 175.**

---

## 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) *Postępy Fizyki* są obecnie składane komputerowo. Aby skrócić cykl wydawniczy proponujemy Autorom przygotowującym swe artykuły na komputerach nadsyłać, **wraz z maszynopisami**, tekstów artykułów pocztą elektroniczną (nasz adres: [postepy@fuw.edu.pl](mailto:postepy@fuw.edu.pl)) lub na dyskietkach. Możemy przyjmować dyskietki 5.25" i 3.5", o dowolnej gęstości zapisu, w standardzie IBM lub Mac. Redakcja gwarantuje zwrot dyskietek natychmiast po skopiowaniu zapisów.
  - Osoby korzystające z  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ -a mogą nadsyłać gotowe składy (zapisane krojem podstawowym, bez wyróżnień strony tytułowej itp.), najlepiej w formacie Plain z polskimi literami kodowanymi zgodnie z systemem MeX.
  - Teksty z ChiWritera (z podaniem klucza stosowanego dla polskich liter) możemy przyjmować w wersji oryginalnej.
  - Przy innych edytorach prosimy o przygotowanie niesformatowanego pliku ASCII i listy kodów, pod którymi ukryte są znaki polskiego alfabetu.
- 3) Maszynopisy pracy (**oryginał i jedną pełną – z rysunkami, tablicami 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.
- 4) 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.
- 5) 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, tablice (z ich tytułami) i spis literatury winny być napisane na oddzielnych stronach.
- 6) Układ strony tytułowej, tekstu, odnośników literaturowych itd. powinien odpowiadać formie przyjętej w *Postęпах Fizyki* (patrz artykuły np. w tym numerze).
- 7) Autora obowiązuje wykonanie korekty autorskiej, którą należy zwrócić w ciągu 3 dni pod adresem Redakcji. Przetrzymanie korekty może spowodować przesunięcie artykułu do następnego zeszytu.
- 8) Autor otrzymuje bezpłatnie 25 egz. odbitek pracy.
- 9) Maszynopisów prac nie zamówionych i nie zakwalifikowanych do druku Redakcja nie zwraca.

# POSTĘPY FIZYKI

(dwumiesięcznik)

## WARUNKI PRENUMERATY

Cena prenumeraty krajowej w 1994 r. wynosi 60 000 zł za pół roku, 120 000 zł za rok. Wpłaty na prenumeratę przyjmują:

- 1) Jednostki kolportażowe „Ruch” właściwe dla miejsca zamieszkania lub siedziby prenumeratora. „Ruch” przyjmuje prenumeratę na okresy półroczne, w terminach: do 20 stycznia – na I półrocze, do 20 maja – na II półrocze. Dostawa zamówionej prasy następuje przez jednostki kolportażowe „Ruch” w sposób uzgodniony z zamawiającym.
- 2) Zarząd Główny PTF (wydawca *Postępów Fizyki*). Prenumeratę można opłacić drogą wpłaty na konto ZG PTF, 300009–6695–132, Bank Gdański IV O/Warszawa, lub bezpośrednio w Biurze Zarządu Głównego PTF. Dostawa *Postępów Fizyki* następuje drogą pocztową na wskazany adres.

## PRENUMERATA DLA CZŁONKÓW PTF

Członkowie PTF, którzy opłacają prenumeratę w Oddziałach PTF na cały rok, otrzymują 20% zniżki.

## PRENUMERATA ZAGRANICZNA

Cena prenumeraty ze zleceniem dostawy za granicę jest o 100% wyższa od krajowej. Wpłaty przyjmuje Zakład Kolportażu Prasy i Wydawnictw, 00-958 Warszawa, konto: PBK, XIII Oddział Warszawa, nr 370044–1195–139–11. Prenumerata jest przyjmowana na okresy półroczne, w terminach: do 20 stycznia – na I półrocze, do 20 maja – na II półrocze. Dostawa zamówionej prasy następuje pocztą zwykłą na wskazany adres. W przypadku zlecenia dostawy za granicę pocztą lotniczą, koszt przesyłki lotniczej w pełni pokrywa prenumerator.

## INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

A subscription order can be sent through the local press distributor or directly to the Zakład Kolportażu Prasy i Wydawnictw, 00-958 Warszawa, Poland. Our banker: Państwowy Bank Kredytowy, XIII Oddział Warszawa, Poland, account no. 370044–1195–139–11.

## SPIS TREŚCI

A. Hrynkiewicz, A. Sobiczewski – Odkrycia najcięższych pierwiastków .....	111
J. Gaj – Półprzewodniki półmagnetyczne – przygoda mojego życia (naukowego) .....	125
G. Charpak – Elektroniczne obrazowanie promieniowania jonizującego za pomocą ograniczonych lawin w gazach .....	141
<b>WSPOMNIENIA – ROCZNICE</b>	
M. Łukaszewski – Wspomnienie o Kazimierzu Rosińskim (1920–1992) .....	157
<b>ZAGADNIENIA DYDAKTYKI FIZYKI W SZKOŁACH WYŻSZYCH</b>	
W. Gorzkowski – XXIV Międzynarodowa Olimpiada Fizyczna .....	163
A. Babiński – Pokaz efektu Halla na sali wykładowej .....	169
<b>ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI</b> .....	175
<b>RECENZJE</b> .....	187
<b>KRONIKA</b> .....	193

## CONTENTS

A. Hrynkiewicz, A. Sobiczewski – Discoveries of heaviest elements .....	111
J. Gaj – Semimagnetic semiconductors – the adventure of my (scientific) life .....	125
G. Charpak – Electronic imaging of ionizing radiation with limited avalanches in gases .....	141
<b>RECOLLECTIONS – ANNIVERSARIES</b>	
M. Łukaszewski – In memory of Kazimierz Rosiński (1920–1992) .....	157
<b>PROBLEMS OF TEACHING PHYSICS IN ACADEMIC SCHOOLS</b>	
W. Gorzkowski – XXIV International Physics Olympiad .....	163
A. Babiński – The lecture demonstration of the Hall effect .....	169
<b>MEETINGS AND CONFERENCES</b> .....	175
<b>REVIEWS</b> .....	187
<b>CHRONICLE</b> .....	193