

---

PTF

DWUMIESIĘCZNIK  
POŚWIĘCONY  
UPOWSZECHNIANIU  
WIEDZY  
FIZYCZNEJ

# POSTĘPY FIZYKI

TOM 47  
ZESZYT 4  
1996

---

# POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

## ZARZĄD GŁÓWNY

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

## Redaktorzy naczelni czasopism PTF

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

## Przewodniczący Oddziałów Towarzystwa

Prof. dr ANDRZEJ MAZIEWSKI (Białystok)	Prof. dr MARIA GILLER (Łódź)
Prof. dr BRONISŁAW GRZEGORZEWSKI (Bydgoszcz)	Dr STANISŁAW CHABIK (Opole)
Dr JERZY J. WYSŁOCKI (Częstochowa)	Prof. dr ANDRZEJ WIĘCKOWSKI (Poznań)
Dr hab. LEON MURAWSKI (Gdańsk)	<i>vacat</i> (Rzeszów)
Prof. dr ZYGMUNT KLESZCZEWSKI (Gliwice)	Prof. dr HENRYK WREMBEL (Słupsk)
Prof. dr JERZY WARCZEWSKI (Katowice)	Prof. dr TADEUSZ REWAJ (Szczecin)
Dr MAREK PAJEK (Kielce)	Prof. dr ANDRZEJ BIELSKI (Toruń)
Prof. dr WOJCIECH GAWLIK (Kraków)	Prof. dr BRONISŁAW ORŁOWSKI (Warszawa)
Prof. dr STANISŁAW HAŁAS (Lublin)	Prof. dr WŁADYSŁAWA NAWROCKA (Wrocław)

## ADRES ZARZĄDU

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



POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

# POSTĘPY FIZYKI

DWUMIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY UPOWSZECHNIANIU  
WIEDZY FIZYCZNEJ

TOM 47, ZESZYT 4  
1996

Zeszyt dofinansowany  
przez Komitet Badań Naukowych

Wydano pod patronatem  
Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

Warszawa 1996

## 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

### Korespondenci Oddziałów PTF:

Dr Maciej Horowski (Białystok)  
Dr Wanda Ciużyńska (Częstochowa)  
Dr Stanisław Zachara (Gdańsk)  
Dr Roman Bukowski (Gliwice)  
Dr Janusz Frąckowiak (Katowice)  
Dr Małgorzata Suchańska (Kielce)  
Dr Jacek Bieroń (Kraków)  
Mgr Tomasz Durakiewicz (Lublin)  
Prof. dr Leszek Wojtczak (Łódź)  
Prof. dr Andrzej Graja (Poznań)  
Mgr Danuta Ficek (Stupsk)  
Dr Ewa Weinert-Rączka (Szczecin)  
Dr Józefina Turło (Toruń)  
Dr Ewa Jędryka (Warszawa)  
Dr hab. Bernard Jancewicz (Wrocław)

**Rafał Broda**

*Instytut Fizyki Jądrowej  
im. H. Niewodniczańskiego  
Kraków*

## Droga do nowych jąder\*

### Way towards new nuclei

*Abstract:* A new way to extend the in-beam gamma ray spectroscopy studies to previously inaccessible neutron-rich nuclei is presented. The method exploits the analysis of gamma-gamma coincidences measured with large multidetector gamma arrays in deep-inelastic heavy-ion collisions. As an example, the recent study of heavy nickel isotopes is described, including the discovery of the  $N = 40$  closed subshell  $^{68}\text{Ni}$  isotope.

#### 1. Wstęp

Czterdzieści lat temu, w czasie gdy powstawał Instytut Fizyki Jądrowej w Krakowie, wszystkie podstawowe odkrycia fizyki jądrowej w zasadzie zostały już dokonane. Jednakże dopiero wtedy zaczynała się ugruntowywać nazwa „fizyka jądrowa” określająca nową dziedzinę nauki, w której skupiono się na szczegółowym badaniu struktury jądra atomowego i zjawisk jądrowych. Taka jest zwykła kolej rzeczy – podstawowe odkrycia rodzą nową dziedzinę nauki i dają początek systematycznym, nieraz żmudnym badaniom, które wnikażą w szczegóły, dokonują syntezy, sprawdzają wczesne hipotezy, a w miarę postępu techniki i metod pomiarowych stale poszerzają swój zakres.

Główną siłą napędową fizyki jądrowej było zawsze zaspokajanie skłonności poznawczych człowieka; wyniki badań podstawowych poszerzają naszą wiedzę

---

\*Wykład wygłoszony podczas sesji naukowej pt. „Wybrane zagadnienia fizyki współczesnej” zorganizowanej z okazji 40-lecia Instytutu Fizyki Jądrowej w Krakowie w październiku 1995 r. (przyp. Red.).

o świecie materialnym i stanowią wkład w wartości kulturowe. W tym poznawczym aspekcie w naturalny sposób fizyka jądrowa dała początek fizyce cząstek elementarnych, ale ze swoją metodologią, ze swymi technikami pomiarowymi wkroczyła szeroko w wiele innych dziedzin. Profesor Andrzej Hrynkiewicz szczegółowo przedstawił wkład fizyki jądrowej w badania fazy skondensowanej [1]. W podobnie obszernych i ciekawych wykładach można by zaprezentować jej udział w badaniach medycznych, biologicznych, geologicznych, astrofizycznych, a nawet w ekologii. Popularne wykłady mogłyby dotyczyć bardziej bezpośrednich zastosowań fizyki jądrowej – i tych w przemyśle, i tych militarnych, dzisiaj przerażających, ale kiedyś budzących nadzieję wobec trwających okrucieństw wojny, i tych, tak niefortunnie zaniechanych w Polsce, związanych z energetyką jądrową.

Ale czym zajmuje się dzisiaj fizyka jądrowa w swoim głównym nurcie poznawczym? Odpowiedź na tak postawione pytanie musiałaby być bardzo pobieżna i ogólnikowa, a w krótkim czasie jaki mam do dyspozycji skazana wręcz na niepowodzenie. Postanowiłem zatem, w charakterze przykładu, przedstawić pewien fragment działalności badawczej, którą zajmują się dzisiaj fizycy jądrowi naszego Instytutu. Chodzi mianowicie o prace doświadczalne, które wskazały i otwały nowe możliwości poznania struktury niedostępnych dotąd jąder z nadmiarem neutronów. Wybrałem ten fragment z trzech powodów.

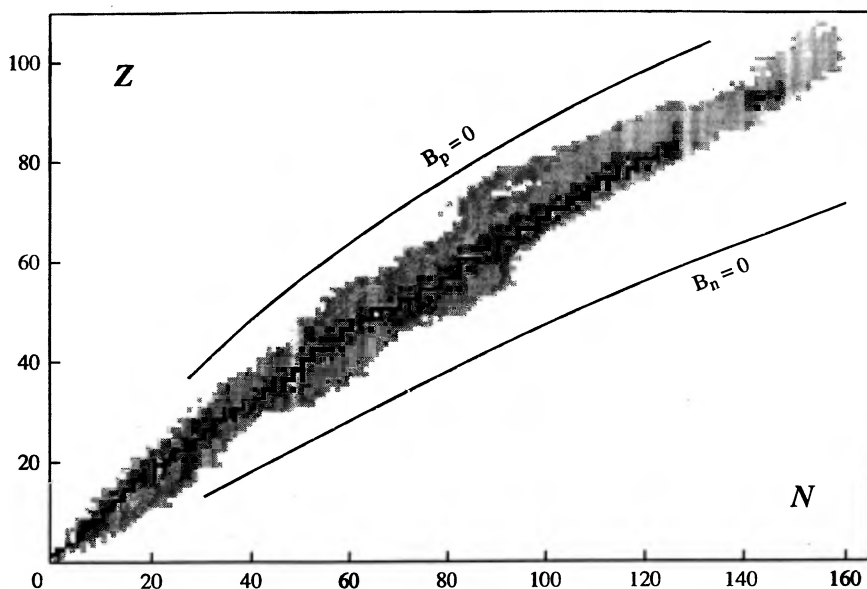
Po pierwsze, badania dotyczą struktury jąder atomowych, a więc wciąż centralnego zagadnienia fizyki jądrowej. Po drugie, badania te dostarczają jednocześnie uzupełniających informacji o reakcjach ciężkojonowych i wykazują, że nowoczesne badania spektroskopowe muszą obejmować szczegółową znajomość mechanizmu reakcji jądrowych, a wpływ na siebie obu tych często separowanych działów fizyki jądrowej jest obustronny.

Wreszcie trzeci powód mojego wyboru to fakt, że przedstawiona tu metoda została zainicjowana przez naszą krakowską grupę. Z oczywistych względów doświadczenia prowadzone są w laboratoriach zagranicznych we współpracy z fizykami tych ośrodków, ale krakowskiej grupie w tej właśnie współpracy przypada rola wiódąca.

Zanim przejdę do głównego wątku mojego wykładu, dzisiejsza rocznica zobowiązuje mnie do podkreślenia, że nie byłoby tego czym dzisiaj jest nasz Instytut, gdyby nie 40 lat wysiłków i uporczywej pracy wielu fizyków. Chciałbym wobec tego złożyć hołd nie tylko twórcy naszego Instytutu prof. Henrykowi Niewodniczańskiemu, ale także trzem wybitnym, niestety przedwcześnie zmarłym fizykom, którzy wnieśli ogromny wkład w badania struktury jądra atomowego i budowali pozycję międzynarodową naszego Instytutu – profesorom Zbigniewowi Bochnackiemu, Eugeniuszowi Bożkowi i Stanisławowi Ogazie. Pamięci tych znaczących postaci poświęcam moje wystąpienie.

## 2. Dzisiejsza sytuacja na mapie nuklidów

Na płaszczyźnie wyznaczonej przez osie współrzędnych określające liczby neutronów  $N$  i protonów  $Z$  (rys. 1) każdy punkt symbolizuje jeden rodzaj jąder atomowych, które charakteryzują się ściśle określonymi i niepowtarzalnymi własnościami. Wśród znanych jąder mamy 288 nuklidów trwałych, lub rozpadających się z czasami życia porównywalnymi bądź przewyższającymi wiek Ziemi, a więc występujących naturalnie w skorupie ziemskiej. Pozostałe jądra podlegają przemianom promieniotwórczym, często związanym z bardzo krótkimi czasami życia i muszą być sztucznie wytwarzane w reakcjach jądrowych, aby stać się obiektem badań. W sumie znanych jest dzisiaj ponad 2300 jąder, a szacuje się, że w granicach określonych przez zerową energię wiązania mieści się ok. 6000 nuklidów. Pole badań dla fizyków jądrowych jest więc wciąż szeroko otwarte, nawet w zakresie identyfikacji nowych, nieznanych dotąd nuklidów. Wszakże identyfikacja nowego jądra, obejmująca określenie jego czasu życia w stanie podstawowym i ogólną lub bardziej szczegółową charakterystykę rozpadu promieniotwórczego, to dopiero początek. Zasadniczym celem badań konkretnego jądra jest poznanie jego struktury w stanie podstawowym i stanach wzbudzonych w możliwie szerokim zakresie wartości spinu i energii wzbudzenia. Dopiero wtedy można określić



Rys. 1. Mapa poznanych nuklidów.

w jaki sposób sprzęgają się ze sobą ruchy poszczególnych nukleonów, kiedy te ruchy są wzajemnie skoordynowane i prowadzą do kolektywnej rotacji lub drgań wokół kształtu sferycznego, w jakich warunkach jądro przyjmuje różne kształty itp. Takie badania wymagają przeprowadzenia szczegółowych pomiarów spektroskopowych, w których jądra będące obiektem badań muszą być produkowane w ilościach stosownych do czułości układów detekcyjnych.

Proces syntezy zderzających się jąder był do niedawna głównym procesem wykorzystywanym w spektroskopii jądrowej. Duże przekroje czynne, możliwości wzbudzania wysokospinowych stanów jądrowych, dobrze określony wektor prędkości jądra złożonego, pozwalający na jednoznaczną korektę przesunięcia Dopplera promieniowania gamma – to cechy, które umożliwiły szczegółowe zbadanie struktury ogromnej liczby jąder w szerokim zakresie energii wzbudzenia i spinu. Z oczywistych względów w dotychczasowych doświadczeniach używano jąder trwałych jako materiału tarczy i bombardującej wiązki, co w procesie syntezy zawsze prowadzi do tworzenia jąder ulokowanych po neutronodeficytowej stronie w stosunku do linii trwałości. Także identyfikacja najcięższych jąder, aż po  $Z = 111$  [2]<sup>1</sup>, wykorzystuje proces syntezy, w którym dociera się wyłącznie do neutronodeficytowych izotopów. Z tego względu na mapie poznanych nuklidów istnieje dzisiaj ogromna asymetria – jądra neutronodeficytowe są na ogół bardzo dobrze poznane, natomiast informacje dotyczące neutrononadmiarowych izotopów są znacznie ograniczone, a dla większości pierwiastków sprowadzają się do znajomości radioaktywnych rozpadów i kilku nisko leżących stanów, które w selektywny sposób są zasilane w rozpadach  $\beta$ . Ograniczenie to dotyczy nawet jąder trwałych, które są położone w neutrononadmiarowej części obszaru stabilności, ale nie mogą być wytwarzane w procesie syntezy.

Poznanie struktury jąder bogatych w neutrony jest wyzwaniem dla fizyki jądrowej, ponieważ chodzi o badanie zachowania się materii jądrowej w funkcji izospinu, a więc o to, jaki wpływ na własności układów związanych mają znaczne różnice liczb protonów i neutronów. Duże nadzieje na zmianę obecnego stanu rzeczy wiąże się często z rozwojem urządzeń do przyspieszania radioaktywnych jonów, które mogą przesunąć we właściwą stronę obszar dostępny dla procesu syntezy. Jednak i tutaj istnieją poważne ograniczenia, a istotny postęp osiągnięć się dopiero przy dostępności bardzo egzotycznych wiązek np.  $^{132}\text{Sn}$ . Dzisiaj jesteśmy zmuszeni do wykorzystania bardziej realistycznych i dostępnych metod.

Przełomem w tej sprawie było uruchomienie wielolicznikowych układów detektorów germanowych w osłonach antykomptonowskich. Uzyskiwana jakość da-

---

<sup>1</sup> Ostatnio dokonano także syntezy pierwiastka 112 – patrz *Postępy Fizyki* 47, 200 (1996) (przyt. Red.).

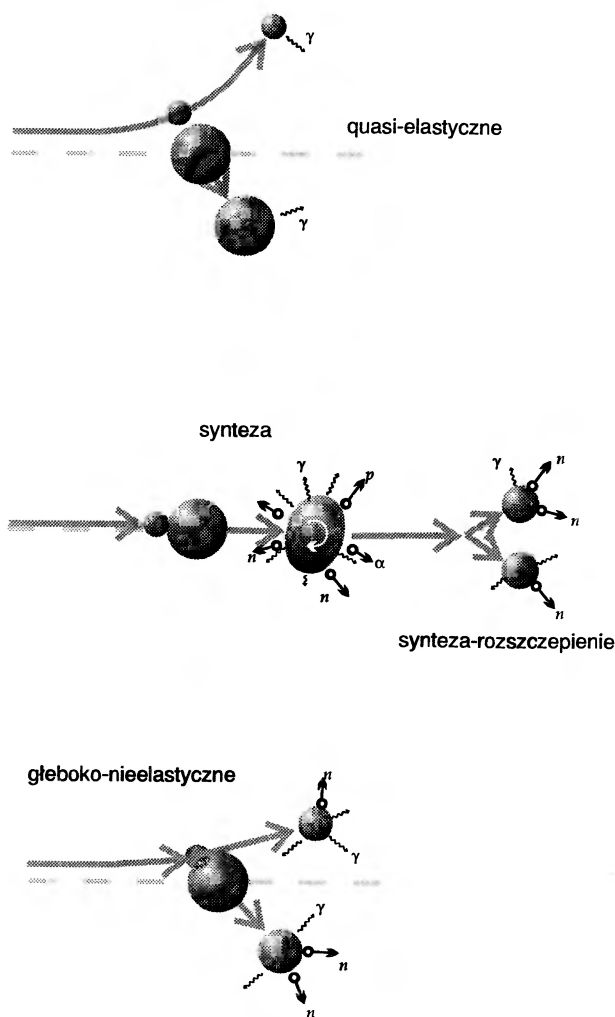
nych koincydencyjnych i osiągalne statystyki pozwalają na pełne rozszyfrowanie bardzo skomplikowanych widm gamma, czasem związanych z jednoczesną produkcją nawet kilkuset jąder emitujących promieniowanie. Jakkolwiek głównym celem budowy takich układów wielodetektorowych było badanie wysoko-spinowych wzbudzeń jądrowych i zjawiska superdeformacji, już w początkowym okresie równolegle wykorzystano tę nową technikę do badania struktury jąder neutronadmiarowych, m.in. zbadano szereg nuklidów tworzonych w procesie samorzutnego i pobudzonego rozszczepienia ciężkich jąder [3,4]. W tym samym czasie, już kilka lat temu, nasza grupa zainicjowała podobne badania, w których do produkcji nuklidów bogatych w neutrony wykorzystuje się procesy głęboko nieelastyczne, zachodzące w zderzeniach ciężkich jonów.

### **3. Spektroskopia jądrowa w głęboko nieelastycznych zderzeniach ciężkich jonów**

W zderzeniach ciężkich jąder przy energiach poniżej bariery kulombowskiej w grę wchodzi wyłącznie oddziaływanie elektromagnetyczne pomiędzy ich ładunkami, które prowadzi do selektywnego wzbudzenia kolektywnych stanów zderzających się jąder. Kiedy energia zderzeń przewyższa odpychanie kulombowskie, dochodzi do kontaktu materii jądrowej i w zależności od rodzaju tego kontaktu mamy do czynienia z trzema różnymi klasami procesów, które schematycznie przedstawione są na rys. 2.

Przy dużych parametrach zderzenia kontakt jest peryferyjny i zachodzą procesy kwazielastyczne, które obejmują nieelastyczne rozproszenie i reakcje przekazu kilku pojedynczych nukleonów lub ich zlepków (klastrów). W kanale wyjściowym reakcji pojawiają się dwa fragmenty, na ogół nieznacznie różniące się od jąder początkowych i poruszające się po kulombowskich trajektoriach zmodyfikowanych nieco jądrowym przyciąganiem, które najsilniej działa w momencie największego zbliżenia. W wyniku stosunkowo niskiej energii wzbudzenia i małych wartości spinu przekazywanych w takich zderzeniach, powstałe produkty uwalniają energię wewnętrzną poprzez emisję pojedynczych kwantów gamma, lub ich krótkich kaskad.

Dla małych parametrów zderzenia mamy do czynienia ze zderzeniami centralnymi, w wyniku których zwykle następuje synteza jądrowa. Powstaje jądro złożone, w którym energia kinetyczna zderzenia ulega pełnej dysypacji, a całkowity kręt (moment pędu) ruchu względnego zostaje przejęty jako spin jądra złożonego. Większość energii wzbudzenia uwalniana jest przez wyparowanie kilku nukleonów, lub cząstek alfa, a końcowe jądro przechodzi do stanu podstawowego.



Rys. 2. Klasyfikacja głównych procesów jądrowych zachodzących w zderzeniach ciężkich jonów.

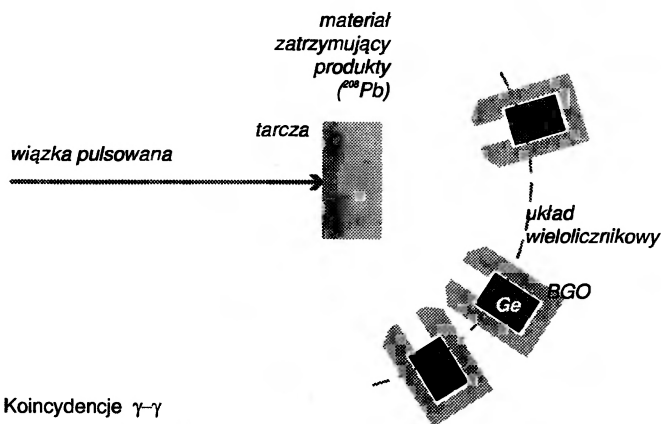
wego emitując kaskady kwantów gamma, których długość związana jest z różnicą spinu początkowego i końcowego. Czasem są to kaskady o bardzo dużej krotności (np. 40) kwantów gamma. Dla ciężkich układów często dynamika rotacji układu złożonego związana z większymi spinami przeważa nad siłami przyciągania jądrowego i następuje rozszczepienie na dwa na ogół prawie symetryczne fragmenty. Ten proces rozszczepienia po syntezie daje w kanale wyjściowym dwa silnie wzbudzone jądra, które emitują kilka cząstek i kaskady kilku kwantów gamma.



Pomiędzy tymi opisanymi powyżej i dobrze zbadanymi granicznymi przypadkami, tzn. procesami peryferyjnymi i procesem syntezy, dla pośrednich parametrów zderzenia mamy do czynienia z trzecią i najbardziej złożoną klasą reakcji, które najczęściej określane są nazwą procesów głęboko nieelastycznych i przedstawione są w dolnej części rys. 2. W reakcjach tych dochodzi do intensywnego kontaktu materii jądrowej obu zderzających się jonów, w czasie którego następuje przekaz lub wymiana znacznej liczby nukleonów, a także zamiana części energii kinetycznej i części momentu pędu ruchu względnego na energię wewnętrzną i spin jąder końcowych. Dwa fragmenty uzyskane w kanale wyjściowym reakcji mogą się znacznie różnić od jąder początkowych i w zależności od uzyskanej energii i spinu, po wzajemnej separacji wyparowują odpowiednią liczbę cząstek i emitują odpowiedniej długości kaskady kwantów gamma. Jakkolwiek zasadnicze cechy procesów głęboko nieelastycznych są dobrze zbadane metodami związanymi z bezpośrednią detekcją ciężkich jonów [5] (nie sposób pominąć tutaj pionierskich prac Janusza Wilczyńskiego, np. [6,7], wówczas fizyka naszego Instytutu), wiele istotnych aspektów pozostaje nadal nie wyjaśnionych. Analiza promieniowania gamma towarzyszącego tym reakcjom niesie wiele nowych i dotychczas niedostępnych informacji; dlatego doświadczenia prowadzone przez naszą grupę analizowane są również pod kątem mechanizmu reakcji [8,9].

Tutaj skupię się wyłącznie na tej części badań, w której procesy głęboko nieelastyczne wykorzystujemy do spektroskopowych badań nieznanymi lub słabo dotychczas poznanych jąder. Najważniejsza jest w tych badaniach zasadnicza cecha procesów głęboko nieelastycznych, mianowicie fakt, że przekaz masy i ładunku pomiędzy zderzającymi się ciężkimi jądrami determinowany jest tendencją do wyrównywania mas i wielkości stosunku liczb neutronów i protonów  $N/Z$ . W związku z tym lżejsze jądra, o mniejszej wartości stosunku  $N/Z$ , a używane zwykle jako jony bombardujące, chętnie przyjmują od ciężkiego jądra tarczy neutrony; wzmocniony przekaz protonów odbywa się w odwrotną stronę. Przykładowo, w prowadzonych wcześniej eksperymentach, w których jonami  $^{58}\text{Ni}$  bombardowano tarczę  $^{208}\text{Pb}$ , zaobserwowaliśmy rekordowe przekazy wielonukleonowe [10]. Ze strony lekkich produktów zidentyfikowano izotopy niklu z liczbami masowymi od  $A = 58$  do  $A = 67$ , świadczące o wychwycie do 9 neutronów, a ze strony ciężkich fragmentów zaobserwowano izotony z  $N = 126$  od ołowiu (Pb), aż po aktyn (Ac), który powstał w wyniku przekazu 7 protonów. Taki charakter procesów głęboko nieelastycznych prowadzi do produkcji wielu neutrononadmiarowych jąder, które mogą być przedmiotem badań spektroskopowych, zwłaszcza gdy oba zderzające się jądra pochodzą z neutrononadmiarowego krańca obszaru trwałości.

Schemat w zasadzie bardzo prostego doświadczenia przedstawiony jest na rys. 3. Tarcza z wybranego materiału, przylegająca ściśle do grubej podkładki (najczęściej z materiału  $^{208}\text{Pb}$  dającego szczególnie niski poziom tła), zatrzymuje produkty reakcji. Umieszczona jest ona w centrum wielodetektorowego układu, który rejestruje koincydencje kwantów gamma emitowanych w czasie reakcji i w zadanym przedziale czasu bezpośrednio po niej. Duża wydajność i dobra zdolność rozdzielcza detektorów germanowych umieszczonych w osłonach antykomptonowskich zapewnia uzyskanie wysokiej jakości koincydencyjnych widm gamma, a osiągalne statystyki pozwalają na analizę przypadków związanych nawet z bardzo małymi przekrojami czynnymi ( $10^{-5}$  barna). Na rysunku 4 przedstawiony jest schemat układu GA.SP, który zawiera 40 detektorów i używany był przez nas wielokrotnie podczas eksperymentów w Instytucie Fizyki Jądrowej w Legnaro (Włochy). Wybrana wiązka ciężkich jonów bombarduje tarczę z energiami przewyższającymi barierę kulombowską, a jej struktura czasowa (wiązka impulsowa) pozwala na oddzielenie przypadków natychmiastowych, gdy emisja gamma następuje w czasie trwania impulsu wiązki, od przypadków opóźnionych, związanych z rozpadami stanów izomerycznych i z krótkożyciowymi rozpadami  $\beta$  jąder nietrwałych. Produkty jądrowe zatrzymują się w materiale tarczy w czasie nie przekraczającym kilku pikosekund. Jest to ważne, gdyż obserwacja przejść gamma w postaci wąskich, dyskretnych linii w rejestrowanym widmie dotyczy tylko przypadków, w których emisja nastąpiła po zatrzymaniu. Gdy produkt jądrowy będący źródłem promieniowania porusza się, przesunięcie dopplerowskie



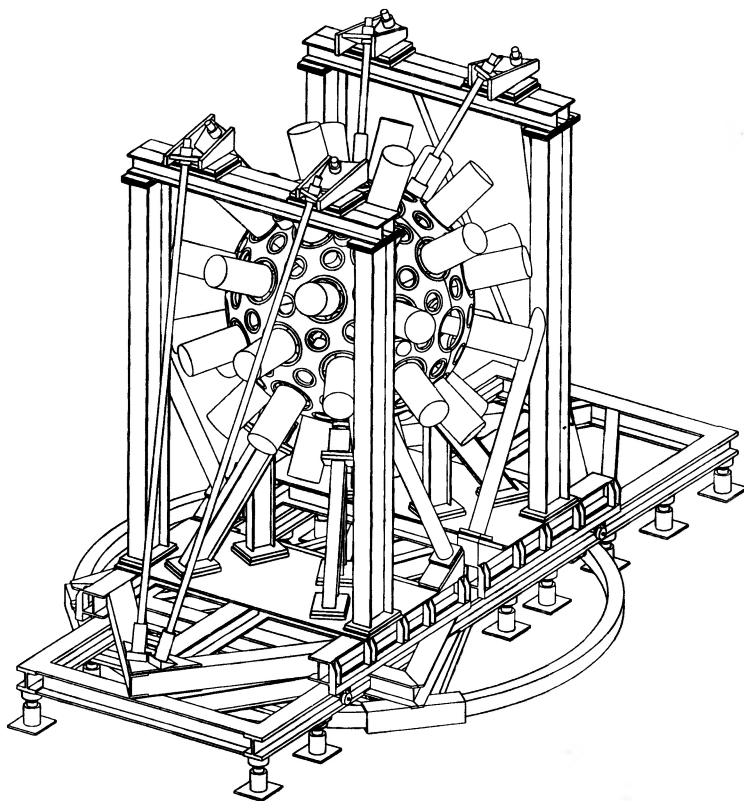
Koincydencje  $\gamma\text{-}\gamma$

- w pulsach wiązki

- pomiędzy pulsami wiązki (izomery, krótkożyciowe radioaktywności)

Pomiary długożyciowych radioaktywności

Rys. 3. Schemat eksperymentu i wyszczególnienie pomiarów.



Rys. 4. Schemat układu wielolicznikowego GA.SP (Gamma SPHERE).

rozmywa energię i uniemożliwia obserwację. Okazuje się, że większość stanów jądrowych tworzonych w omawianych zderzeniach ciężkich jonów jest związana z czasami życia, lub czasami zasilania, które zapewniają emisję gamma po zatrzymaniu produktu, a widma gamma zawierają głównie łatwe do identyfikacji i interpretacji wąskie linie o ściśle określonych energiach.

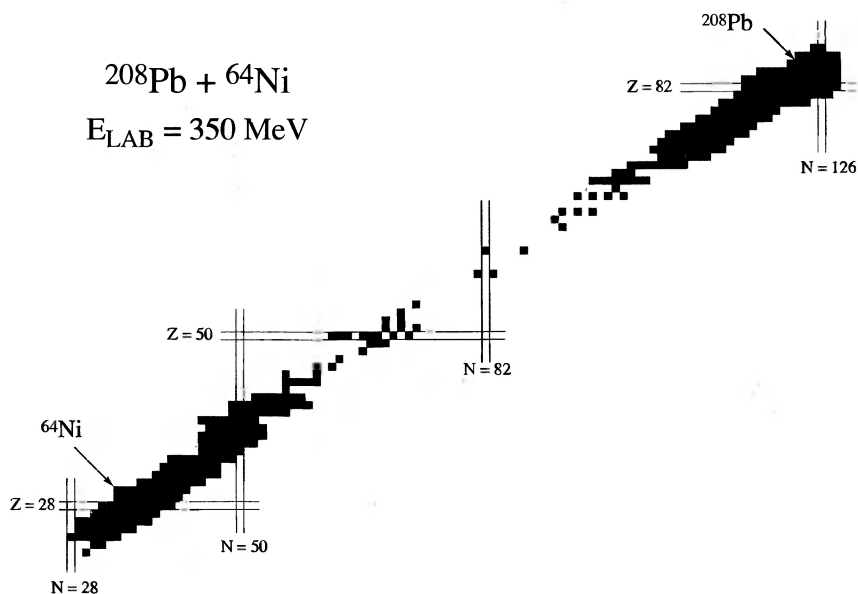
W grubej tarczy gubi się kompletnie informacje związane z kinematyką reakcji. Wobec tego koincydencyjne widma gamma zawierają pełny zestaw rejestrowanych kwantów gamma, które są emitowane z wielu różnych produktów powstałych w omawianych powyżej trzech klasach procesów. Pomimo tej olbrzymiej złożoności, analiza uzyskiwanych danych pozwala na identyfikację pojedynczych produktów, z których większość to jądra dobrze poznane we wcześniejszych badaniach spektroskopowych. Obserwacja znanych przejść gamma, a zwłaszcza kaskad przejść charakterystycznych dla danego jądra, pozwala na pełną i jednoznaczną identyfikację poszczególnych jąder, a także na ilościowe ustalenie prawdo-

podobieństwa ich tworzenia. Kompletna analiza jest w stanie dostarczyć pełnego rozkładu produktów reakcji, który zawiera informacje związane z mechanizmem reakcji. Wyłowienie z tego morza rejestrowanych kwantów gamma przypadków nieznanymi, a dotyczących niezbadanych dotąd jąder, to główne zadanie przedstawianej analizy spektroskopowej. Omawianą metodę zastosowaliśmy z powodzeniem już w kilku różnych obszarach jąder neutronadmiarowych [11], ale dla jej zilustrowania warto posłużyć się konkretnym przykładem. W tym celu przedstawię wykonane przez nas badania ciężkich izotopów niklu [12,13].

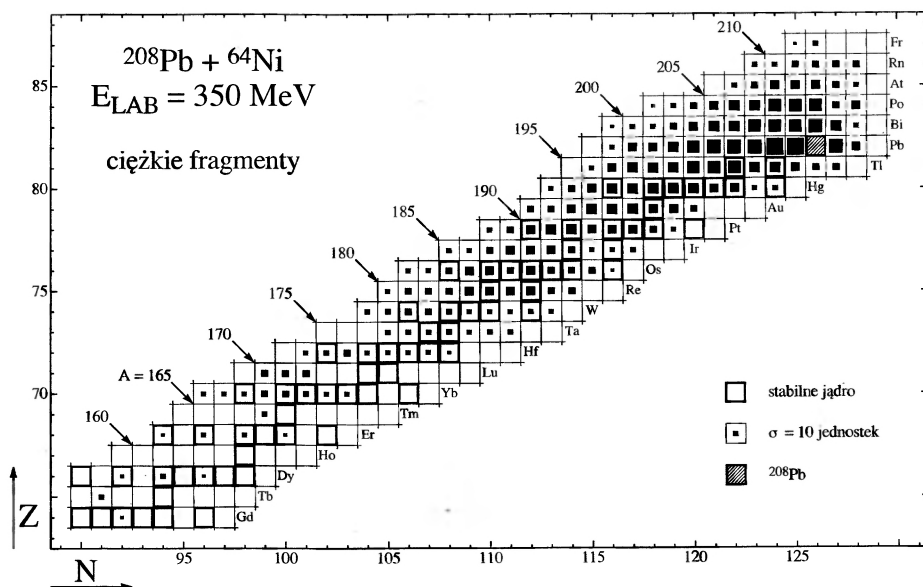
#### 4. Wzbudzenia stanów wysokospinowych izotopów niklu z $A = 64$ do $A = 67$

Nawet trwałe, ale położony na krańcu obszaru trwałości izotop  $^{64}\text{Ni}$  nie jest osiągalny w procesie syntezy i z tego powodu znajomość struktury jego wzbudzeń ograniczona była do niskospinowych stanów wytwarzanych w rozproszeniach nieelastycznych. Wiedza o cięższych izotopach niklu była jeszcze bardziej fragmentaryczna, a dla  $^{66}\text{Ni}$  i  $^{67}\text{Ni}$  ograniczała się do pojedynczych stanów zasilanych w rozpadach  $\beta$  odpowiednich izotopów kobaltu. Dlatego w naszych badaniach [12] konieczne było przeprowadzenie procedury identyfikacji przyporządkowującej obserwowane przejścia gamma poszczególnym izotopom.

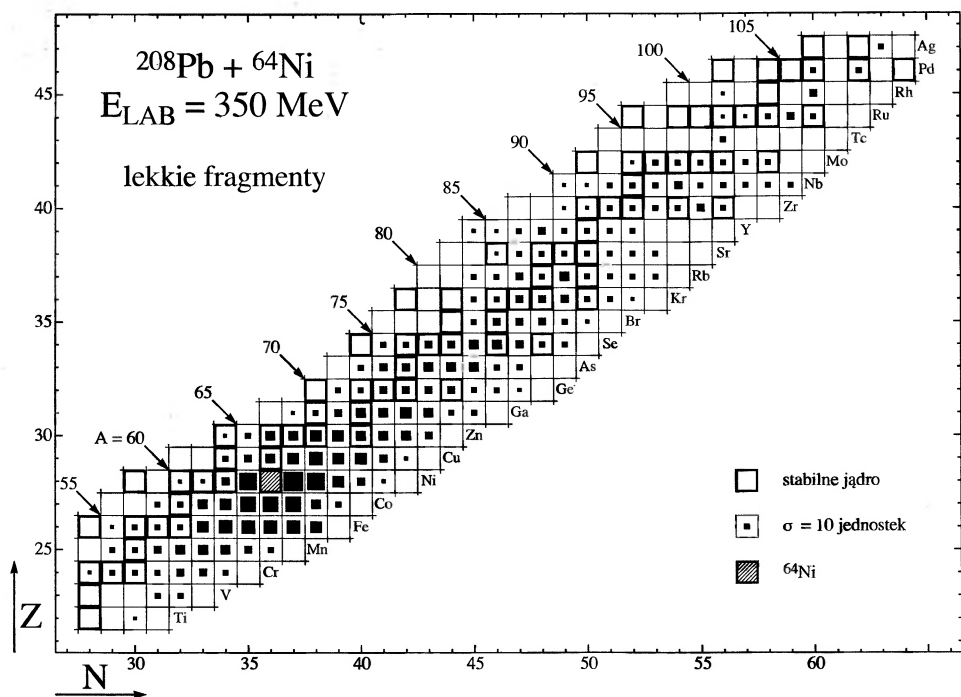
Do badań wybrano wiązkę  $^{64}\text{Ni}$  o energii 350 MeV bombardującą grubą tarczę  $^{208}\text{Pb}$ . Uzyskane dane koincydencji gamma-gamma zanalizowano w prawie kompletny sposób i zidentyfikowano ponad 200 nuklidów powstałych w zderzeniach. Schematyczny rozkład produktów przedstawiony jest na rys. 5. Dla układu  $^{208}\text{Pb} + ^{64}\text{Ni}$  przy odpowiednio niskiej energii nie zachodzi proces syntezy jądrowej. Mamy zatem do czynienia wyłącznie z produktami reakcji peryferyjnych, które skupione są (na mapie nuklidów) w bezpośredniej bliskości zderzanych jąder i z produktami procesów głęboko nieelastycznych, których rozkład rozciąga się do obszarów oddalonych nawet o 50 jednostek masy od jąder początkowych. Bardziej szczegółowe rozkłady ciężkich i lekkich fragmentów przedstawione są odpowiednio na rys. 6 i 7. Łatwo zauważyć, że omawiana wcześniej tendencja do równoważenia wielkości  $N/Z$  jest realizowana w zderzeniach. W szczególności na rys. 7 widoczna jest produkcja ciężkich izotopów Ni, aż po izotop  $^{69}\text{Ni}$ , odpowiadający przechwyceniu przez jądro aż pięciu neutronów. Izotop ten zidentyfikowano na podstawie znajomości jego rozpadu promieniotwórczego, ale przekrój czynny na jego tworzenie był zbyt mały, by można było przeprowadzić analizę spektroskopową jego stanów wzbudzonych. Udało się to zrobić dla czterech izotopów, których identyfikacji dokonano na podstawie „koincydencji krzyżowych”.



Rys. 5. Ogólny rozkład produktów zderzeń  $^{208}\text{Pb} + ^{64}\text{Ni}$ .

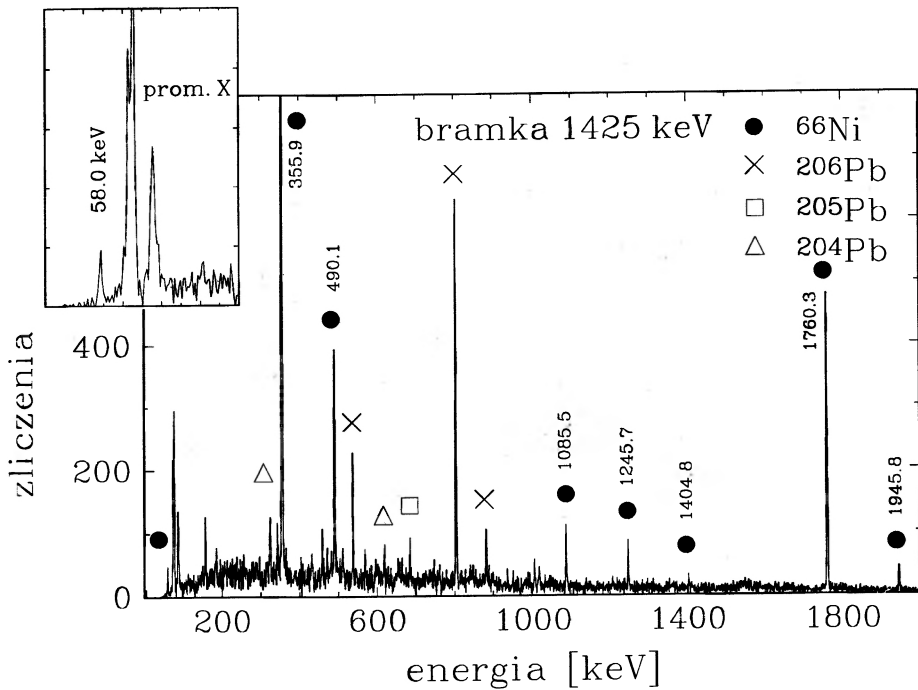


Rys. 6. Szczegółowy rozkład ciężkich produktów reakcji.



Rys. 7. Szczegółowy rozkład lekkich produktów reakcji.

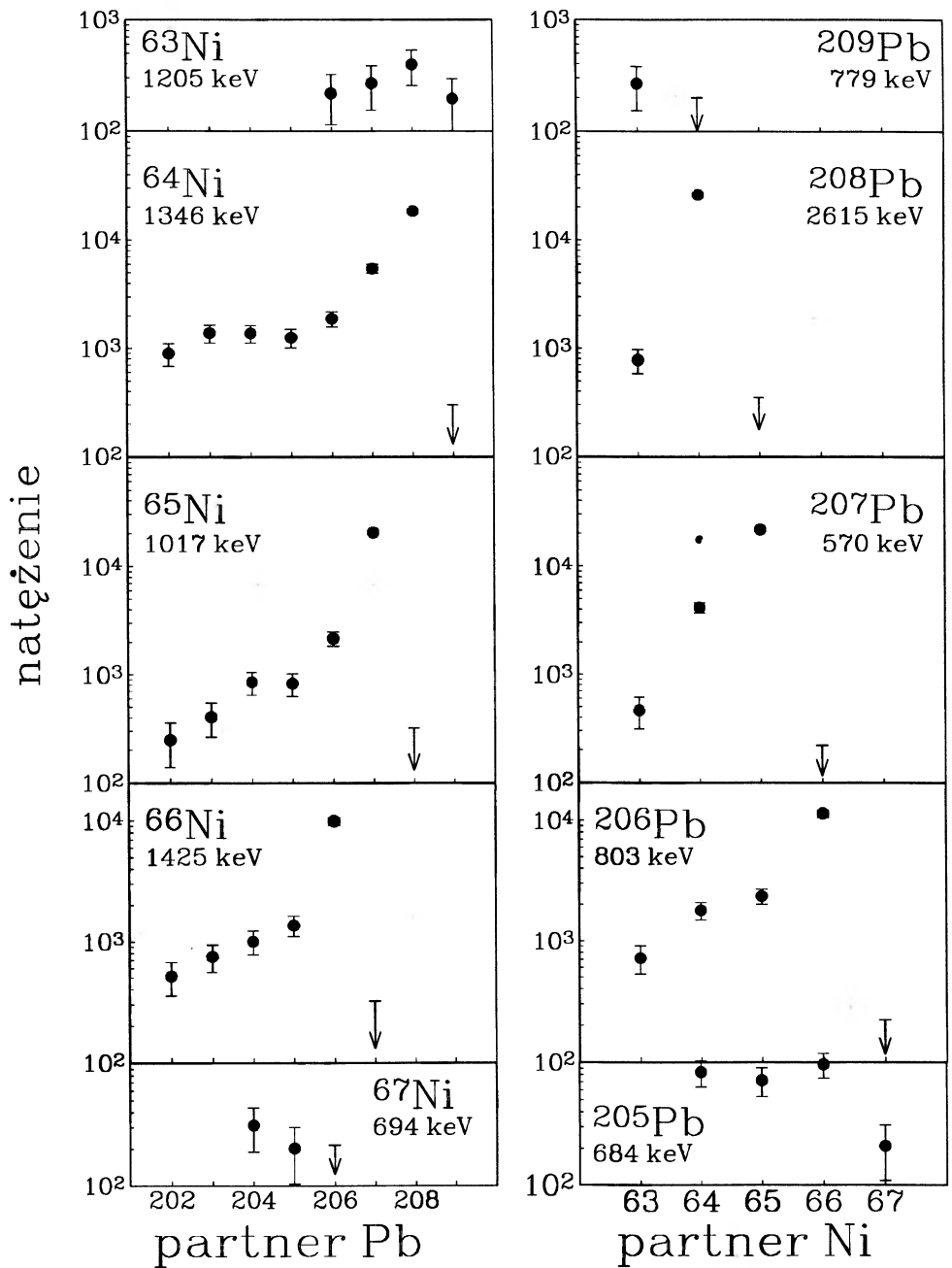
W kanale wyjściowym reakcji mamy dwa wzbudzone fragmenty i szybka emisja gamma następuje z obu jąder równocześnie. W granicach czasu rozdzielczego układu koincydencyjnego rejestrujemy koincydencje kwantów gamma pochodzących od kaskad wewnątrz jednego jądra, ale także „koincydencje krzyżowe” z promieniowaniem gamma jądra, które w kanale wyjściowym jest jego partnerem. Na rysunku 8 pokazany jest przykład widma koincydencji gamma, w którym warunek energetyczny ustawiono na najbardziej intensywnym przejściu gamma prawdopodobnie należącym do jądra  $^{66}\text{Ni}$ . W widmie tym pojawia się kilka nowych, nie znanych wcześniej linii, które z całą pewnością odpowiadają innym przejściom  $^{66}\text{Ni}$ , pochodzącym z rozpadu wyżej leżących stanów. Jednocześnie w widmie rozpoznajemy intensywne linie, których energie odpowiadają charakterystycznym przejściom gamma w  $^{206}\text{Pb}$ , a także nieco słabsze pochodzące od kilku lżejszych izotopów Pb. W najprostszym przypadku, gdy dwa neutrony zostały przekazane z jądra tarczy  $^{208}\text{Pb}$  do jądra wiązki  $^{64}\text{Ni}$ , w kanale wyjściowym pojawiają się dwa nowe jądra –  $^{206}\text{Pb}$  i  $^{66}\text{Ni}$ , których jednoczesna obecność stwierdzona jest dzięki obserwowanym przypadkom koincydencji. Odczytane dodatkowo z widma występowanie lżejszych izotopów Pb jako partnerów  $^{66}\text{Ni}$  wskazuje



Rys. 8. Widmo gamma koincydencji z przejściem  $2^+ \rightarrow 0^+$  w jądrze  $^{66}\text{Ni}$ .

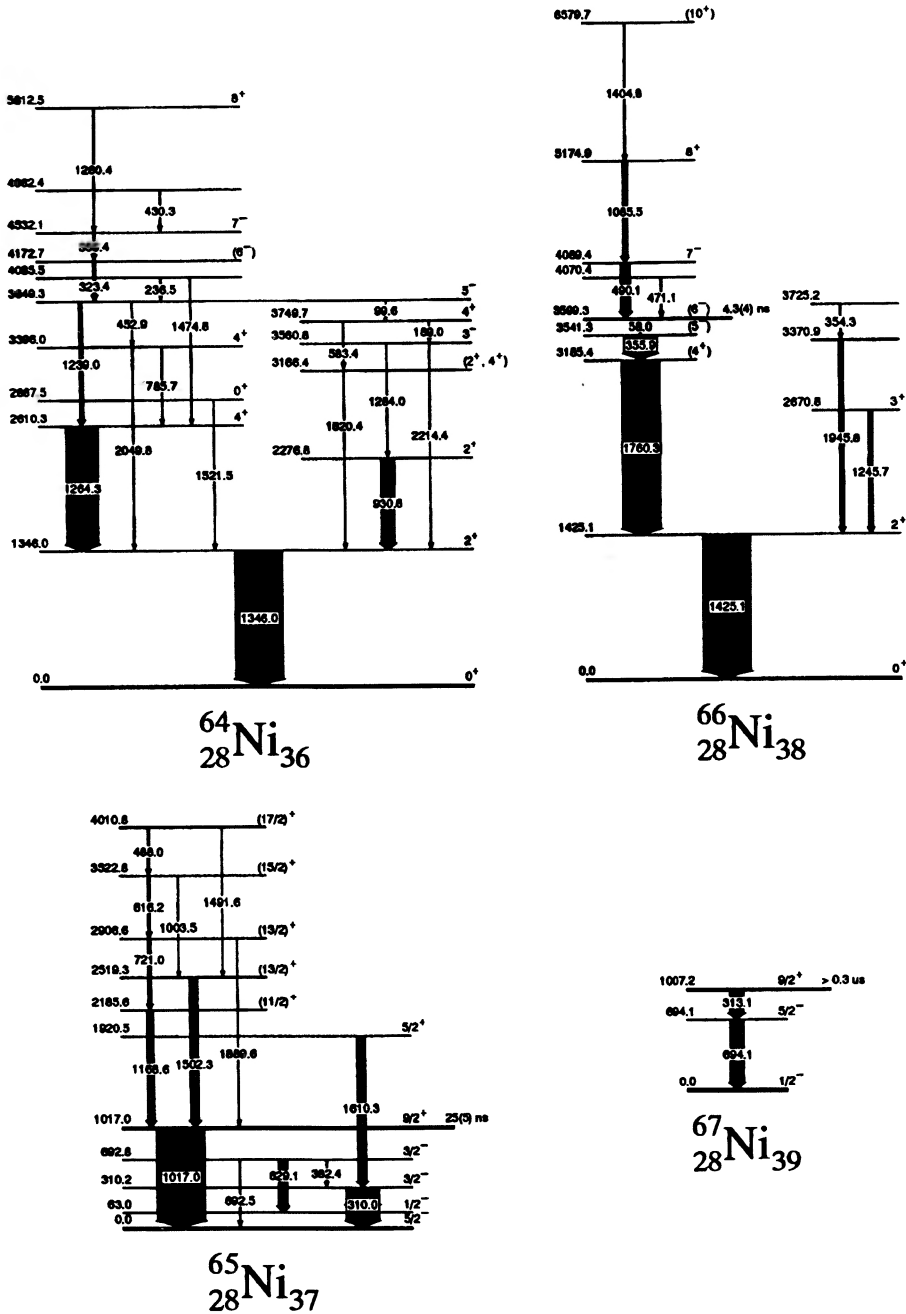
na procesy, w których po przekazie neutronów nastąpiło wyparowanie ze wzbudzonych fragmentów jednego, dwu, lub więcej neutronów. Ilościowe opracowanie widm koincydencyjnych pozwala ustalić jak często różne izotopy Pb pojawiają się w kanale wyjściowym wraz z jądrem  $^{66}\text{Ni}$ . Na rysunku 9 przedstawiony jest wynik takiej analizy dla koincydencji, w których wybierano intensywne przejścia gamma poszczególnych izotopów Ni narzucając odpowiedni warunek energetyczny. Uzyskane rozkłady izotopów Pb towarzyszących kolejnym izotopom Ni pozwalają jednoznacznie powiązać określone przejścia gamma z konkretnym izotopem Ni. Dla  $^{63}\text{Ni}$  i  $^{64}\text{Ni}$  była to informacja trywialna, bo przejścia były znane, ale dla cięższych izotopów ustalenie takiego związku było niezbędne. Z prawej strony rys. 9 przedstawione są koincydencje odwrotne, gdy warunek energetyczny ustawiony jest na kolejnych przejściach izotopów Pb, a obserwuje się towarzyszące im izotopy Ni – w tym wypadku analiza służy sprawdzeniu poprzednio uzyskanych identyfikacji.

Dalsza procedura polega na analizie koincydencji przejść gamma wewnątrz poszczególnych, już zidentyfikowanych jąder i ustaleniu ich schematów wzbudzeń. Na rysunku 10 przedstawiono wyniki uzyskane [12] dla czterech izotopów Ni. Większość obserwowanych stanów nie była znana wcześniej, a ich rozpad gamma,



Rys. 9. Wyniki analizy koincydencji krzyżowych.





Rys. 10. Schematy wzbudzeń ciężkich izotopów niklu.

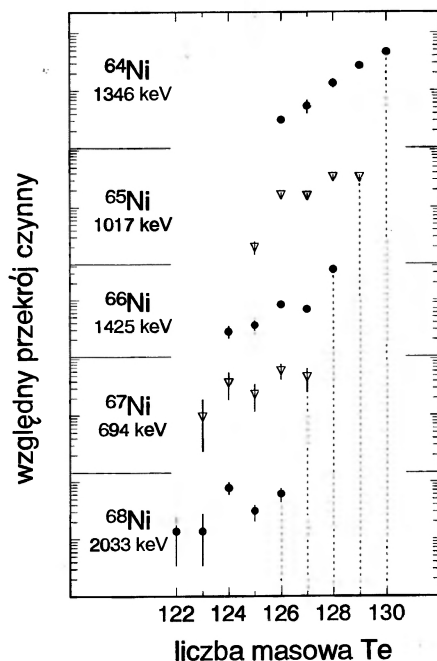
przewidywania teoretyczne i tendencje wynikające z systematyki pozwoliły określić najbardziej prawdopodobne wartości spinów i parzystości. W powiązaniu z obliczeniami opartymi na prostym modelu powłokowym można było zinterpretować strukturę obserwowanych wzbudzeń i uściślić kilka parametrów istotnych dla modelu powłokowego w tym obszarze jąder. Unikając wchodzenia w szczegóły zwrócę jedynie uwagę na szczególną rolę powłoki neutronowej  $g_{9/2}$  w strukturze stanów wysokospinowych. Jądra niklu mają zamkniętą powłokę protonową związaną z liczbą magiczną  $Z = 28$ , a neutrony wraz ze wzrostem liczby masowej izotopu zajmują kolejne poziomy  $p_{3/2}$ ,  $f_{5/2}$  i  $p_{1/2}$ , które powinny być wypełnione przy liczbie neutronów  $N = 40$ , a więc w jądrze  $^{68}\text{Ni}$ . Następny poziom  $g_{9/2}$  daje miejsce dla kolejnych 10 neutronów; wzbudzenia wysokospinowe lżejszych od  $A = 68$  izotopów Ni są związane z przeniesieniem neutronów z jednego z wypełnionych poziomów do tej właśnie powłoki. Wraz ze zwiększaniem liczby neutronów to wzbudzenie staje się coraz łatwiejsze i obserwujemy wyraźne obniżanie energii stanu  $8^+$  o strukturze  $g_{9/2}^2$  przy przejściu od  $^{64}\text{Ni}$  do  $^{66}\text{Ni}$ . Jeszcze wyraźniej zaznacza się ten efekt w izotopach nieparzystych, w których proste przeniesienie neutronu do powłoki  $g_{9/2}$  daje nisko leżące wzbudzenie  $9/2^+$ . Stan ten jest izomerem ponieważ związane z małym prawdopodobieństwem przejście M2 do stanu  $5/2^-$  jest jedyną drogą, na której może on ulec deekscytacji. Przy przejściu od izotopu  $^{65}\text{Ni}$ , w którym określiliśmy 25 ns jako wartość czasu życia izomeru  $9/2^+$ , do izotopu  $^{67}\text{Ni}$ , odległość energetyczna stanów  $9/2^+$  i  $5/2^-$  zmniejsza się ponad trzykrotnie i czas życia ulega odpowiedniemu wydłużeniu o prawie trzy rzędy wielkości. Naturalną konsekwencją omawianych wyników była udana próba ich rozszerzenia do szczególnie interesującego przypadku jądra  $^{68}\text{Ni}$  [13].

### 5. Zamknięcie podpowłoki neutronowej $N = 40$ w jądrze $^{68}\text{Ni}$

W jądrach sferycznych powłoka  $g_{9/2}$  jest odseparowana energetycznie od pozostałych poziomów jednocząstkowych. Przy wypełnieniu powłoki, które następuje wraz z liczbą neutronów lub protonów  $N, Z = 50$ , mamy do czynienia ze szczególną stabilnością układu i liczba 50 jest uznawana w fizyce jądra atomowego za liczbę magiczną. Liczba 40 nukleonów wypełnia poziomy jednocząstkowe poniżej powłoki  $g_{9/2}$ , a wielkość następującej przerwy energetycznej decyduje o tym, czy również liczba 40 może mieć podobny charakter. Tak jest w przypadku protonów i jądro  $^{90}\text{Zr}$  z  $Z = 40$  i  $N = 50$  wykazuje własności jądra podwójnie magicznego. Najniższym stanem wzbudzonym jest stan  $0^+$ , a wzbudzenie  $2^+$  pojawia się dopiero przy energii 2.19 MeV. Najprostsze wzbudzenie cząstka-dziura daje w wyniku nisko leżący stan  $5^-$ , który staje się długożyciowym stanem izomerycznym. Dla neutronów w zasadzie mamy tylko dwa przypadki jąder, w których

można badać podobne zjawisko, bo chodzi o jądra z  $N = 40$  i zamkniętą powłoką protonową. Niedawno odkryto jeden z tych przypadków – skrajnie neutronodeficytowy izotop  $^{80}\text{Zr}$  z  $N = Z = 40$  [14]. Okazało się, że jest to jądro zdeformowane, podatne na wzbudzenia kolektywne, w którym także liczba protonów  $Z = 40$  traci swój magiczny charakter. Jedynym innym dostępnym kandydatem jest  $^{68}\text{Ni}$ , w którym zamknięta powłoka protonowa  $Z = 28$  pozwala w niezakłócony sposób badać rolę liczby neutronów  $N = 40$ . Istotną wskazówką sugerującą podwójną magiczność tego jądra było odkrycie stanu wzbudzonego  $0^+$  [15] przy energii 1.77 MeV, a więc energii prawie identycznej do wzbudzenia  $0^+$  w jądrze  $^{90}\text{Zr}$ . W tej sytuacji niezbędne było eksperymentalne ustalenie położenia wzbudzenia  $2^+$  i w analogii do  $^{90}\text{Zr}$  stwierdzenie istnienia stanu izomerycznego  $5^-$ .

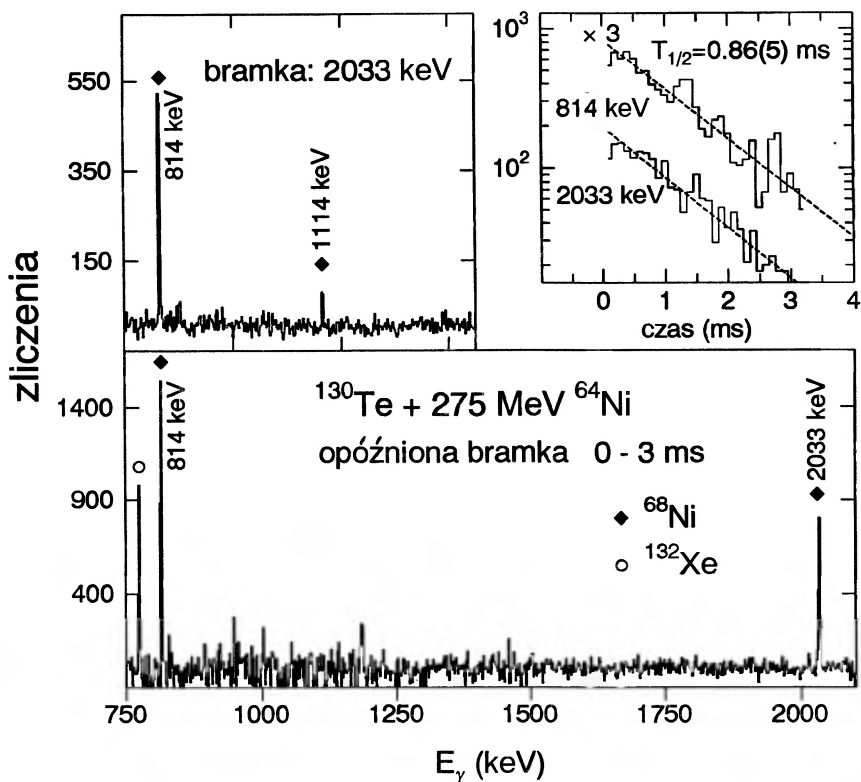
Zadanie to udało się wykonać [13] w doświadczeniach przeprowadzonych we wspomnianym wyżej Instytucie Fizyki Jądrowej w Legnaro z użyciem wydajnego układu wielodetektorowego GA.SP rejestrującego koincydencje gamma w zderzeniach tarczy  $^{130}\text{Te}$  z wiązką  $^{64}\text{Ni}$ . Uzyskane statystyki pozwoliły na jednoznaczne przypisanie przejścia gamma o energii 2033 keV jądrze  $^{68}\text{Ni}$ . Wyniki analizy „koincydencji krzyżowych” przedstawione są na rys. 11. Metodyka została wcześniej



Rys. 11. Wyniki analizy koincydencji krzyżowych w reakcji  $^{130}\text{Te} + ^{64}\text{Ni}$  – identyfikacja  $^{68}\text{Ni}$ .

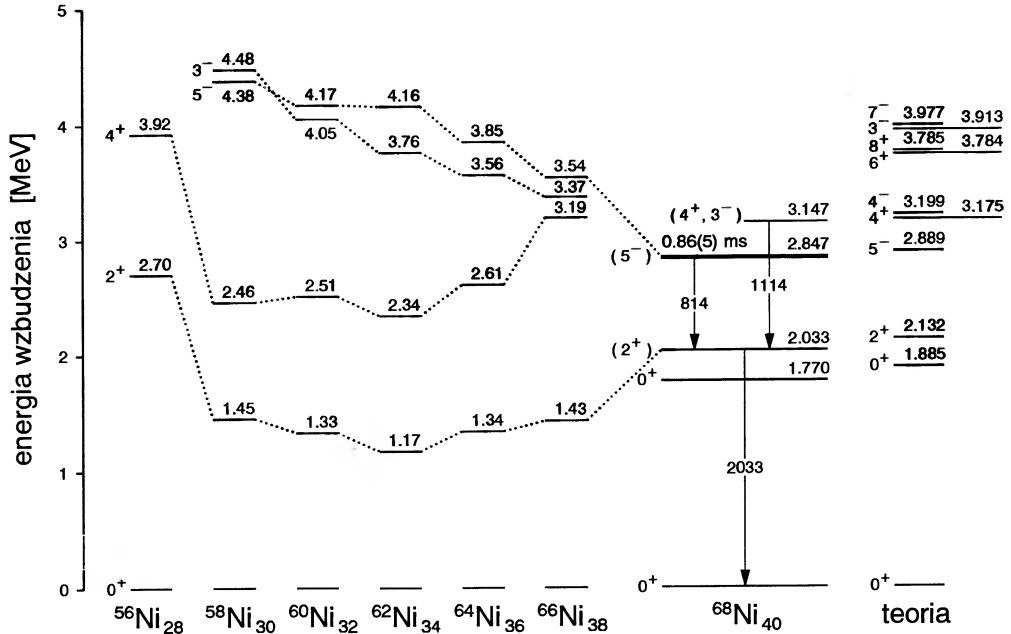
opisana, a partnerami izotopów Ni w kanale wyjściowym są tym razem izotopy Te. Koincydencje z przejściem 2033 keV pozwoliły stwierdzić istnienie w jądrze  $^{68}\text{Ni}$  dwóch wyżej leżących stanów, z których jeden jest poszukiwanym stanem izomerycznym  $5^-$ . Intensywna kaskada przejść gamma 814 keV i 2033 keV pojawiała się w obszarze czasowym pomiędzy impulsami wiązki wskazując na długi czas życia. Obecność takiej pary opóźnionych przejść stwierdzono również w eksperymencie  $^{208}\text{Pb} + ^{64}\text{Ni}$  omawianym poprzednio, jednak statystyki widm koincydencyjnych nie pozwalały wtedy na ich identyfikację.

W dodatkowym doświadczeniu, w którym impulsy wiązki były znacznie rzadsze w czasie, określono czas życia izomeru  $T_{1/2} = 0.86(4)$  ms, który jednoznacznie charakteryzuje przejście 814 keV jako przejście E3 i ustala spiny i parzystości poszukiwanych stanów  $2^+$  i  $5^-$ . Przykłady najbardziej znaczących wyników doświadczalnych dotyczących jądra  $^{68}\text{Ni}$  podane są na rys. 12. Rysunek 13 pokazuje



Rys. 12. Najważniejsze wyniki doświadczalne dotyczące  $^{68}\text{Ni}$ . Opóźnione widmo gamma (dół), koincydencje z przejściem  $2^+ \rightarrow 0^+$  2033 keV (góra), pomiar czasu życia izomeru  $5^-$  (góra, prawa strona).

systematykę najbardziej charakterystycznych wzbudzeń w parzysto-parzystych izotopach Ni, od podwójnie magicznego  $^{56}\text{Ni}$  po izotop  $^{68}\text{Ni}$ , dla którego uzyskane wyniki są szczególnie podkreślone i uzupełnione wynikami obliczeń teoretycznych modelu powłokowego. Gwałtowny skok energii stanu  $2^+$  i obecność izomeru  $5^-$  przy liczbie neutronów  $N = 40$  ustala szczególną stabilność jądra  $^{68}\text{Ni}$ , które może być traktowane jako jądro podwójnie magiczne.



Rys. 13. Systematyka najbardziej charakterystycznych wzbudzeń w parzystych izotopach niklu.

Przedstawione przykłady pokazują nową drogę badań niedostępnych dotąd jąder, a postępujący rozwój techniki detekcji gamma stwarza nadzieję na stałe poszerzanie ich zakresu. Wykonaliśmy już eksperymenty sięgające izotopu  $^{70}\text{Ni}$ . Poznanie jego struktury może mieć implikacje dla wyjaśnienia niektórych zagadek związanych z procesem  $r$  w badaniach astrofizycznych. Nowe eksperymenty wskazują również na możliwość poszerzenia naszych badań do znacznie wyższych spinów, a badanie przekazu momentu pędu może wnieść nowe informacje dotyczące mechanizmu reakcji ciężkojonowych.

Autor wyraża podziękowanie wszystkim współpracownikom z Pracowni Struktury Jądra IFJ i kolegom z ośrodków zagranicznych, współautorom cyto-

wanych prac, którzy brali udział w omawianych eksperymentach i żmudnej, ale pełnej emocji analizie danych eksperymentalnych.

### Literatura

- [1] A.Z. Hryniewicz, *Postępy Fizyki* **47**, 157 (1996).
- [2] P. Armbruster, S. Hofmann, A. Sobiczewski, *Postępy Fizyki* **46**, 431 (1995).
- [3] J.L. Durell, *Acta Phys. Pol. B* **24**, 105 (1993).
- [4] W.R. Phillips, *Proceedings of the Conf. on Phys. from Large Gamma-Ray Detector Arrays*, LBL Berkeley, August 1994, t. 2, s. 298.
- [5] D.A. Bromley, *Treatise of Heavy Ion Science* (Plenum Press, New York 1984).
- [6] J. Wilczyński, *Nucl. Phys. A* **216**, 386 (1973).
- [7] J. Wilczyński, *Phys. Lett. B* **55**, 484 (1973).
- [8] R. Broda, C.T. Zhang, P. Kleinheinz, R. Menegazzo, K.-H. Maier, H. Grawe, M. Schramm, R. Schubart, M. Lach, S. Hofmann, *Phys. Rev. C* **49**, R575 (1994).
- [9] W. Królas, R. Broda, J. Grębosz, A. Maj, T. Pawłat, M. Schramm, H. Grawe, J. Heese, H. Kluge, K.-H. Maier, R. Schubart, *Acta Phys. Pol. B* **24**, 449 (1993).
- [10] R. Broda, W. Królas, B. Fornal, T. Pawłat, D. Bazzacco, S. Lunardi, C. Rossi-Alvarez, G. de Angelis, *IFJ Kraków Annual Report 1994*, sec. 2, s. 9.
- [11] B. Fornal, R. Broda, W. Królas, T. Pawłat, P.J. Daly, I.G. Bearden, Z.W. Grabowski, R.H. Meyer, D. Nisius, L. Richter, M. Sferazza, M. Carpenter, R.V.F. Janssens, T.L. Khoo, T. Lauritsen, D. Bazzacco, S. Lunardi, C. Rossi-Alvarez, G. de Angelis, P. Bednarczyk, H. Grawe, K.-H. Maier, R. Schubart, *Acta Phys. Pol. B* **26**, 357 (1995).
- [12] T. Pawłat, R. Broda, W. Królas, A. Maj, M. Ziębliński, H. Grawe, R. Schubart, K.H. Maier, J. Heese, H. Kluge, M. Schramm, *Nucl. Phys. A* **574**, 623 (1994).
- [13] R. Broda, B. Fornal, W. Królas, T. Pawłat, D. Bazzacco, S. Lunardi, C. Rossi-Alvarez, R. Menegazzo, G. de Angelis, P. Bednarczyk, J. Rico, D. De Acuna, P.J. Daly, R.H. Meyer, M. Sferazza, H. Grawe, K.H. Maier, R. Schubart, *Phys. Rev. Lett.* **74**, 868 (1995).
- [14] C.J. Lister, M. Campbell, A.A. Chishti, W. Gelletly, L. Goettig, R. Moscrop, B.J. Varley, A.N. James, T. Morrison, H.G. Price, J. Simpson, K. Connell, O. Skeppstedt, *Phys. Rev. Lett.* **59**, 1270 (1987).
- [15] M. Bernas, Ph. Dassagne, M. Langevin, F. Pougheon, E. Quiniou, P. Roussel, *J. Physique Lett.* **45**, 851 (1984).

**Daniel Greenberger**

*Department of Physics, City College  
City University of New York  
New York, USA*

**Anton Zeilinger**

*Institut für Experimentalphysik  
Universität Innsbruck  
Innsbruck, Austria*

## **Teoria kwantowa: wciąż zwariowana po tylu latach<sup>\* \*\*</sup>**

**Quantum theory: still crazy after all these years**

*Abstract:* The interpretation of quantum mechanics was once limited to the analysis of famous thought experiments. Now many of these are possible in the lab, but the subject remains as mysterious as ever.

Teoria kwantowa, nowoczesna teoria układów atomowych, jest chyba najdokładniejszą i najbardziej udaną teorią, jaką kiedykolwiek stworzyła nauka. Opisuje ona strukturę pojedynczych atomów, sposób w jaki łączą się one tworząc cząsteczki oraz zachowanie wszelkiego rodzaju cieczy i ciał stałych (w tym przewodników, izolatorów, półprzewodników i nadprzewodników). Teoria kwantowa jest też szeroko stosowana w skali mniejszej niż atomowa. Przewiduje ona np.

---

\* Artykuł ten jest oparty na wynikach spotkania nt. Podstawowych Problemów Teorii Kwantowej, które odbyło się na Uniwersytecie stanu Maryland w Baltimore w dniach 18–22 czerwca 1994 r. dla uczczenia prof. Johna Archibalda Wheelera. Spotkanie to było wspierane przez Nowojorską Akademię Nauk, która wydała materiały konferencyjne [1].

\*\* Artykuł, opublikowany w *Physics World* 8, nr 9, 33 (1995), został przetłumaczony za zgodą Autorów i Wydawcy [Translated with permission. Copyright ©1995 by IOP Publishing Ltd.] (przyp. Red.).

dokładnie strukturę i rozpad jąder atomowych, a kwantowa teoria pola może być stosowana do opisu egzotycznych cząstek elementarnych, takich jak kwarki. Efekty kwantowe grają też ważną rolę w strukturze dużych obiektów, takich jak gwiazdy. A jednak, pomimo tych sukcesów, interpretacja teorii kwantowej jest przedmiotem nie kończącej się debaty od chwili jej powstania.

We wczesnych latach debata ta miała głównie symboliczny charakter. Wielcy, tacy jak Einstein i Bohr spierali się o to, jak wytłumaczyć pewne doświadczenia myślowe (gedanken experiments), przy czym każdy z nich używał zupełnie innych wersji i pojęć, takich jak przyczynowość. Większość młodszych fizyków trzymała się z dala od tych dyskusji, częściowo by uniknąć „zakrakania” przez gigantów, lecz głównie dlatego, że dyskusje te były w dużej mierze filozoficzne bez doświadczalnych konsekwencji. Nie było niezgodności w przewidywaniach prawdopodobnych wyników tych myślowych doświadczeń, a tylko przy ich interpretacji.

Na przykład, specyficzna rola prawdopodobieństwa w teorii kwantowej polega na tym, że pojedyncze zdarzenia atomowe nie mogą, nawet w zasadzie, być opisane przyczynowo, a mogą być tylko przewidywane statystycznie. Poprzednio prawdopodobieństwo stosowane było jedynie do opisu naszej niewiedzy o tym, co dzieje się na głębszym poziomie. Teraz wygląda na to, że nie ma głębszego poziomu – natura sama określa, które zdarzenia mogą zaistnieć i jakie jest tego prawdopodobieństwo. Einstein wyraził zaniepokojenie z tego powodu swym słynnym powiedzeniem „Bóg nie gra w kości”. Ale najbardziej martwił go brak przyczynowości, a nie statystyczny charakter teorii kwantowej.

### **Spin do góry, spin w dół**

Prosty sposób unaocznienia sobie dylematu Einsteina polega na badaniu „spinu”, czyli wewnętrznego momentu pędu cząstki elementarnej, takiej jak elektron. Spin cząstki elementarnej jest z grubsza analogiczny do momentu pędu wirującej Ziemi. Można jednak łatwo wyobrazić sobie Ziemię wirującą z dowolną prędkością wokół dowolnej osi, natomiast spin elektronu jest bardziej ograniczony. Jeśli chcemy zmierzyć spin elektronu, musimy wybrać jakąś oś, którą ustala się wprowadzając pole magnetyczne skierowane w jakąś stronę i stawia się pytanie: jaka jest składowa spinu w tym kierunku? Okazuje się, że elektron wiruje zawsze wokół tak wybranej osi albo w kierunku ruchu wskazówek zegara, albo w kierunku przeciwnym, lecz zawsze z takim samym momentem pędu. Mówimy, że elektron ma spin  $1/2$  (w fundamentalnych jednostkach momentu pędu), i że wynik naszego pomiaru to albo  $+1/2$  (spin do góry), albo  $-1/2$  (spin w dół).

A jeśli elektron wiruje swobodnie w przestrzeni, to czy możemy powiedzieć, że wiruje on wokół jakiejś określonej osi obrotu? Możemy zmierzyć jego spin



wokół każdej wybranej osi, co zawsze powie nam, że wiruje on teraz wokół tej osi, lecz co możemy powiedzieć o zachowaniu elektronu przed dokonaniem pomiaru? Einstein utrzymywał, że musiał on wirować wokół jakiejś osi, natomiast Bohr dowodził, że określone są jedynie prawdopodobieństwa tego, że elektron ma spin skierowany do góry lub w dół wzdłuż jakiejkolwiek osi. Zgodnie z „interpretacją kopenhaską” Bohra elektron nie posiada określonej składowej spinu, dopóki nie dokona się pomiaru. Wtedy, na tamtym etapie, wydawało się, że nie ma sposobu, by wybrać którąś z tych konkurujących ze sobą idei, zresztą nie wydawało się to konieczne.

Jednakże w swym słynnym artykule z 1935 r. Einstein, Boris Podolski i Nathan Rosen (EPR) wskazali bezpośrednio na piętę achillesową teorii kwantowej. Podamy wersję Davida Bohma „paradoksu EPR”: cząstka bezspinowa, w spoczynku, rozpada się na dwie identyczne cząstki (oznaczone 1 i 2), każdą ze spinem  $1/2$ . Ponieważ pęd zachowuje się, cząstki rozbiegają się w przeciwnych kierunkach. A ponieważ spin też się zachowuje, ich spiny muszą w sumie dawać zero. Dlatego też, jeśli pomiar wskazuje, że spin cząstki 1 jest „do góry” wzdłuż jakiegoś określonego kierunku, to spin cząstki 2 musi być „w dół” wzdłuż tego samego kierunku. Fakt ten został użyty przez Einsteina, Podolskiego i Rosena do określenia tego, co nazwali oni „elementem rzeczywistości” w układzie, tj. własności, która odnosi się tylko do układu, a nie jest skutkiem procesu pomiaru. W teorii kwantowej bardzo trudno jest znaleźć takie elementy rzeczywistości, gdyż pomiary kwantowe mają tendencję do silnego zaburzania układu, który mierzą. Nie mamy tu, znanej z klasycznej teorii, możliwości „delikatnego” obserwowania układu bez zaburzania go w znaczący sposób.

Einstein, Podolski i Rosen doszli do wniosku, że jest sposób obejścia tego kwantowego ograniczenia: mierząc własność cząstki 1, powiedzmy jej spin, można określić spin cząstki 2 nawet jej nie dotykając. Jeśli cząstka 1 ma spin do góry względem jakiejś osi, cząstka 2 musi mieć spin w dół względem tej samej osi. Co więcej, musiał to być spin w dół od momentu rozpadu, gdyż od tego czasu nic na cząstkę nie oddziaływało. Ale, argumentują Einstein, Podolski i Rosen, teoria kwantowa nie pozwala na to i nie jest w stanie opisać spinu przed pomiarem. Wobec tego, wnioskujeją oni, musi to być niekompletna teoria.

Siłą tego wniosku jest jego niepodważalny zdrowy rozsądek. A jednak odpowiedź Bohra wydaje się równie nieodparta. Zwrócił on uwagę, że pomiary kwantowe są inne niż pomiary klasyczne – ich wyniki zależą od całego układu doświadczalnego, który w tym przypadku jest nielokalny. Skoro możemy zmierzyć spin cząstki 1 w dowolnym kierunku i skoro cząstka 2 zawsze będzie miała przeciwny spin w tym samym kierunku, to spin cząstki 2 jest wyznaczony przez doświadczenie przeprowadzone na cząstce 1. W jaki sposób cząstka 2 „wie” za-

wczasu, w którym kierunku eksperymentator zamierza mierzyć spin cząstki 1? Bohr twierdzi, że cząstka 2 nie mogła być uzyskać kierunku spinu zanim spin cząstki 1 nie został zmierzony. To, co istniało przed pomiarem, mówi on, to nie-lokalna korelacja między spinami, a wartość spinu nie została określona, dopóki nie został dokonany pomiar.

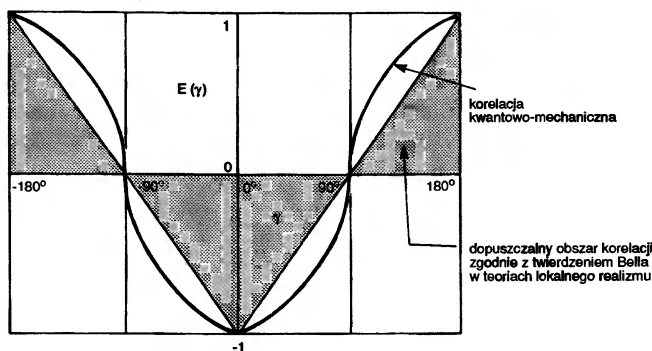
Mamy tu więc dwa równie przekonujące rozumowania przeprowadzone w 1935 r. bez, jak by się zdawało, sposobu rozstrzygnięcia między nimi. Niektórzy sławni fizycy przyłączyli się do Einsteina odrzucając uznanie teorii kwantowej za coś więcej niż metodę obliczeń, natomiast młoda generacja zaczęła wykazywać, jak dokładna i szeroko stosowalna jest w istocie ta teoria. Co więcej, uznano za rzecz w złym guście kwestionowanie podstaw tego przedmiotu przez zadawanie pytań, na które nie można znaleźć odpowiedzi na drodze doświadczalnej.

### Nowy zwrot

Sytuacja zmieniła się dramatycznie w połowie lat 1960-tych, kiedy John Bell wykazał, że można rozstrzygnąć na drodze doświadczalnej między interpretacjami Einsteina i Bohra. Bell założył, podobnie jak Einstein, Podolski i Rosen, że dwie cząstki są emitowane z określonym kierunkiem spinu ustalonym lokalnie przy rozpadzie. Kierunki te jednak mogą być nieznane, lub nawet niepoznawalne, dla eksperymentatora. Pokazał on dalej, że jeśli mierzymy spin cząstki 1 wzdłuż jednego kierunku, a spin cząstki 2 wzdłuż innego kierunku, to wyniki są skorelowane. Na przykład, jeśli mierzymy spiny obu cząstek względem tego samego kierunku, cząstka 2 będzie miała zawsze spin w dół, gdy spin cząstki 1 jest do góry. Są one wtedy doskonale skorelowane (lub raczej antyskorelowane). Gdy jednak spiny są mierzone wzdłuż różnych kierunków, korelacja maleje. Innymi słowy, jeśli spin cząstki 1 jest do góry, to spin cząstki 2 będzie czasami do góry, a czasami w dół.

Teoria kwantowa przewiduje, że korelacja wynosi  $E(\gamma) = -\cos \gamma$ , gdzie  $\gamma$  jest kątem między dwoma spinami. (Gdy pomiar powtarzany jest wiele razy przy tym samym kącie, korelacja jest to względna liczba pomiarów, w których spiny obu cząstek zgadzają się ze sobą minus względna liczba razy, kiedy się nie zgadzają. Zgadzą się, gdy oba dają wynik „spin do góry” (lub oba „spin w dół”) wzdłuż kierunku pomiaru.) Bell zastosował prawa prawdopodobieństwa w teorii, w której kierunki spinów są wyznaczone w momencie rozpadu przez pewne nieznane parametry. Teorie takie znane są jako teorie „ukrytych parametrów” lub „lokalnego realizmu”. Obliczył on górną granicę dla korelacji, co stało się znane pod nazwą nierówności Bella.

Przy  $\gamma = 0^\circ$  ( $E = -1$ ) i  $\gamma = \pm 180^\circ$  ( $E = 1$ ) wyniki klasyczny i kwantowy muszą się pokrywać. Ale przy wszystkich innych kątach różnią się one, przy czym



Rys. 1. John Bell wykazał, że mechanika kwantowa i teorie lokalnego realizmu przewidują inne wartości dla korelacji  $E(\gamma)$  między kierunkami spinów w doświadczeniu EPR. Na przykład gdy kierunki mierzonych spinów różnią się o  $\gamma = 135^\circ$ , mechanika kwantowa przewiduje korelację 0.71, podczas gdy teorie lokalnego realizmu przewidują, że maksimum korelacji wynosi 0.5. Doświadczenia wykazały, że mechanika kwantowa jest poprawna.

teoria kwantowa daje wyższy stopień korelacji (patrz rys. 1 oraz [2]). Bell dał tym samym impuls do serii doświadczeń mających na celu rozstrzygnięcie między teorią kwantową a teoriami ukrytych parametrów lub lokalnego realizmu.

Żeby przeprowadzić takie doświadczenia, trzeba rozszerzyć pracę Bella, gdyż założył on doskonale detektory i różne inne idealizacje. Takie rozszerzenia wymagają własnych „rozsądnych” założeń, że na przykład rejestrowane cząstki stanowią reprezentacyjną próbkę wszystkich cząstek emitowanych. W przeciwnym razie możliwa jest zawsze konstrukcja jakiejś demonicznej teorii, która by przechytrzyła eksperymentatora. obrońcy takich teorii na zapytanie, czy nie naciągają zbyt grubo granic rozsądku, skłonni są odpowiadać: „Co może być bardziej nierozsądne niż złamanie przyczynowości mające miejsce w teorii kwantowej?”

Pierwszy sprawdzian doświadczalny nierówności Bella został wykonany przez Johna Clausera i Stuarta Freedmana z Uniwersytetu Kalifornijskiego w Berkeley w 1972 r., a najsławniejsze doświadczenie przeprowadzili Alain Aspect, Jean Dalibard i Gérard Roger w Instytucie Optycznym w Paryżu w 1982 r. Te, i większość innych eksperymentów typu EPR, przeprowadzono nad polaryzacją fotonów, a nie cząstek o spinie  $1/2$ . Doświadczenie z 1982 r. było pierwszym, w którym pomiary dla dwóch cząstek były wykonywane tak daleko od siebie, że można wykluczyć możliwość informowania się cząstek nawzajem o wynikach pomiarów przez wysyłanie sygnałów biegnących z prędkością światła. Do chwili obecnej wykonano wiele doświadczeń i wszystkie, z wyjątkiem paru najwcześniejszych, w pełni potwierdzają wyniki mechaniki kwantowej.

Idealny eksperyment powinien obejść wszystkie luki spowodowane „rozsądnymi” założeniami przez rejestrację (prawie) wszystkich cząstek. Dla fotonów wymagana wydajność detekcji wynosi ponad 80% – cel osiągalny, lecz jeszcze nie osiągnięty w obecnej chwili. Edward Fry z teksaskiego Uniwersytetu A&M<sup>1</sup> pracuje nad doświadczeniem, w którym używa się atomów rtęci. Mimo iż tylko nieliczne wytworzone cząstki będą spełniać warunki doświadczenia, prawie 100% tych cząstek może, teoretycznie, zostać zarejestrowanych. Ten eksperyment będzie ostatecznie rozstrzygający.

W obecnej jednak sytuacji, przy braku takiej dokładności, można tylko stwierdzić, że teoria kwantowa jest dobrze potwierdzona doświadczalnie. Poglądy Einsteina nie były nielogiczne ani nawet nieracjonalne – wprost przeciwnie. Właśnie ich racjonalność jest powodem, dlaczego doświadczenia wykonuje się wciąż na nowo. Tylko tak się dzieje, że założenia Einsteina, Podolskiego i Rosena nie wydają się potwierdzać w przyrodzie. Pięta achillesowa teorii kwantowej nie okazała się jej słabym miejscem. Na pewnym bardzo fundamentalnym poziomie przyroda jest albo nieprzyczynowa albo nielokalna. Innymi słowy, zdarzenia mogą być skorelowane w taki sposób, którego nie można prześledzić wstecz w czasie i odnieść do jakiejś przyczyny powstałej w określonym punkcie (jak np. w punkcie, w którym rozpadła się pierwotna cząstka). Druga możliwość, to że korelacje mogą być przenoszone między cząstkami z prędkościami przekraczającymi prędkość światła.

Jednak nawet jeśli sceptycyzm Einsteina wobec teorii kwantowej był nieuzasadniony, to szczególna teoria względności nie została podważona. Intrygującą cechą kwantowych korelacji jest to, że nie mogą one ani w teorii ani w praktyce (jak dotąd) być użyte do przekazywania informacji szybciej niż z prędkością światła.

### Stany splecione

W teorii kwantowej własności cząstki w danym stanie określone są zespoloną funkcją falową  $\psi(x)$ . Prawdopodobieństwo znalezienia się cząstki w punkcie  $x$  dane jest przez  $|\psi(x)|^2$ . Funkcja falowa dwucząstkowego układu, w którym cząstki zachowują się niezależnie od siebie, jest po prostu iloczynem dwóch jednocząstkowych funkcji falowych. Jednakże jeśli cząstki są skorelowane w nieklasyczny, nielokalny sposób, funkcja falowa nie jest prostym iloczynem dwóch jednocząstkowych funkcji falowych. Schrödinger nazwał takie stany „stanami splecionymi”.

---

<sup>1</sup> University of Agriculture and Mining (Uniwersytet Rolniczo-Górnicy) jest nazwą historyczną (przyp. tłum.).

Jeśli na przykład  $\psi$  reprezentuje stan ze spinem do góry, a  $\varphi$  ze spinem w dół, wtedy funkcja falowa stanu EPR,  $\Psi(x_1, x_2)$ , jest proporcjonalna do  $(\psi(x_1)\varphi(x_2) - \varphi(x_1)\psi(x_2))$ . W tym stanie, jeśli cząstka 1 ma spin do góry, to cząstka 2 ma spin w dół i *vice versa*. (Znak minus jest ważny, lecz nie dla naszych celów.) To właśnie takie stany, których nie można sfaktoryzować, czyli przedstawić w postaci iloczynu, i które wykazują czysto kwantowe korelacje, są przyczyną wszystkich kłopotów teorii klasycznych. Rozwinięto wiele nowych metod tworzenia takich splecionych stanów.

Radykalne ulepszenie twierdzenia Bella dla stanów splecionych trzech i więcej cząstek zostało zaproponowane w 1989 r. przez nas oraz przez Michaela Horne'a z College'u Stonehill w stanie Massachusetts. Nosi ono nazwę twierdzenia Greenbergera-Horne'a-Zeilinger (GHZ) lub „twierdzenia Bella bez nierówności”. W tym przypadku rozważamy cząstkę o spinie  $1/2$  rozpadającą się na trzy cząstki o spinie  $1/2$ . Możemy zmierzyć spin cząstki 1 wzdłuż kierunku leżącego w płaszczyźnie prostopadłej do ruchu tej cząstki, określonego kątem  $\alpha$ , i podobnie dla cząstki 2 (kąt  $\beta$ ) i cząstki 3 (kąt  $\gamma$ ). Możemy stworzyć taką sytuację, by korelacja między nimi była dana funkcją  $E = -\cos(\alpha + \beta + \gamma)$ . I teraz, gdy  $\alpha + \beta + \gamma = 0^\circ$  lub  $180^\circ$ , cząstki są całkowicie skorelowane. Jeśli zmierzmy spiny dwóch z nich, to możemy z całą pewnością przewidzieć spin trzeciej, nawet jeśli znajduje się ona daleko. W tym przypadku mamy jednak pewną swobodę, której nie było w przypadku dwóch cząstek. Jeśli ustalimy jeden z kątów, na przykład  $\alpha$ , wtedy  $\beta$  może przyjmować jakąkolwiek wartość, byle tylko  $\alpha + \beta + \gamma = 0$ ; w przypadku dwu cząstek jeśli  $\alpha$  jest ustalony, to ustalony jest też  $\beta$ . Ta właśnie dodatkowa swoboda powoduje, że niemożliwa jest konstrukcja lokalnej teorii przyczynowej, która tłumaczyłaby równocześnie wszystkie możliwe przypadki.

Jak dotąd nikt nie skonstruował splecionego stanu trzech cząstek dla sprawdzenia, że stosuje się do niego teoria kwantowa, mimo iż wysunięto liczne propozycje. Skoro jednak teoria kwantowa dobrze stosuje się do trzech cząstek w wielu innych przypadkach, byłoby zadziwiające, gdyby w tym przypadku zawiodła.

### Już nie tylko myślowe

Mnożą się obecnie metody doświadczalne, które umożliwiają sprawdzenie interpretacji teorii kwantowej w laboratorium. Wiele z tych nowych metod korzysta z laserów. Lasery mogą np. być użyte do chłodzenia do ok. 0.1 K ciężkich jonów pułapkowanych w polach magnetycznych. Można już uwięzić w pułapce i ochłodzić pojedyncze atomy i jony. Pozwala to na bardzo dokładny pomiar częstości emitowanego przez nie promieniowania. (W gazie zderzenia z innymi cząstkami i własna energia kinetyczna „poszerzają” emitowaną linię.) Umożliwia to dokład-

niejsze sprawdzenie kwantowych obliczeń atomowych poziomów energetycznych i może też prowadzić do ulepszonych wzorców częstości. Gdy uwięzionych jest kilka jonów, mają one tendencję do układania się w stabilne konfiguracje geometryczne (jony utrzymywane są w pewnych odległościach od siebie dzięki odpychaniu kulombowskiemu), co przypomina przejście fazowe.

Innym nowym urządzeniem do sprawdzania teorii kwantowej jest mikromaser – mikrofalowa wnęka rezonansowa, przez którą przesyłany jest strumień atomów rydbergowskich (względnie trwałych atomów z elektronem wzbudzonym do wysoko położonego, prawie kołowego stanu), po jednym atomie na raz. Można użyć laserów do przygotowania atomów w szczególnym stanie zanim wejdą one do rezonatora i do ponownej zmiany ich stanu po opuszczeniu rezonatora, lecz jeszcze przed ich rejestracją. Jeśli częstość wnęki rezonansowej jest dostrojona do częstości przejścia między dwoma takimi stanami rydbergowskimi, to w rezonatorze w czasie przelotu atomu mogą zostać złapane pojedyncze fotony. Można spowodować, że następny atom zaabsorbuje ten foton, lub w inny sposób będzie oddziaływał z rezonatorem, tak że powstanie korelacja między tymi dwoma atomami. Może być możliwe wytworzenie stanu wielocząstkowego i sprawdzenie twierdzenia GHZ przez przesyłanie kolejnych atomów przez mikromaser.

Gdy pojedynczy atom przelatuje przez mikromaser, mamy do czynienia z układem stanów splecionych (atom jest nielokalnie sprzężony z fotonami w rezonatorze). Możemy więc badać atom aby stwierdzić, ile fotonów znajduje się w rezonatorze, i *vice versa*. Liczba fotonów w rezonatorze i ich faza związane są relacją nieoznaczoności. Jeśli w rezonatorze jest bardzo wiele fotonów, ich liczba staje się nieoznaczona i promieniowanie staje się klasyczne z dobrze określoną fazą. Oznacza to, że atomy (które zostały przedtem przygotowane w stanie rezonansowym z częstością wnęki) zachowują swoją fazę w czasie przelotu przez rezonator, a to można zmierzyć w interferometrze.

Jednakże gdy w rezonatorze jest bardzo niewiele fotonów, a atomy są w rezonansie z wnęką, wtedy można rejestrować emisję lub absorpcję fotonu, ale kosztem utraty informacji o fazie atomu. Takie metody, które ostatnio zostały rozszerzone na optyczne długości fal, pozwalają nam na dokonywanie bardzo wyrafinowanych doświadczeń (por. np. [3]).

Para mikromaserów może być użyta do ilustracji innej fundamentalnej zasady teorii kwantowej – dualizmu falowo-cząstkowego. Głosi ona, że nie można spowodować, żeby cząstka interferowała ze sobą (tzn. objawiała swą falową naturę) i wciąż móc powiedzieć, którą drogę obrała w interferometrze (zachowanie cząstkowe). Jeśli mamy obok siebie dwie podobne wnęki rezonansowe, możemy rozszczepić wiązkę w ten sposób, by atom mógł przejść przez którąkolwiek z wnęk,

a wiązki łączyły się ponownie przed detektorem. Jeśli we wnękach jest dużo fotonów, można mieć dobrą informację o fazie atomów po opuszczeniu wnęki i tworzyły obrazy interferencyjne. Gdybyśmy jednak mogli stwierdzić, że foton został zaabsorbowany lub wyemitowany w jednej z wnęk, moglibyśmy użyć tego faktu do zdobycia informacji o drodze atomu (to jest wiedzieć, przez którą z wnęk przeleciał atom), a to wymazałoby obraz interferencyjny.

Inną użyteczną cechą tych doświadczeń jest to, że można za ich pomocą ujawnić czysto kwantowe efekty statystyczne. Klasyczne promieniowanie spełnia statystykę Poissona (statystykę przypadkowych fluktuacji). Kwantowe korelacje mogą jednak być użyte do wytworzenia w zbiorze fotonów statystyki subpoissonowskiej wykazując w ten sposób ich kwantową naturę. Własność ta jest bardzo ważna przy tworzeniu stanów, które nazywamy „stanami ściśniętymi”. W przypadku zwykłego pola promieniowania nie można znać dokładnie i amplitudy i fazy pola elektrycznego (lub jakichkolwiek dwu komplementarnych charakterystyk pola) z powodu relacji nieoznaczoności. Przypadkowe fluktuacje ograniczają je do pewnej minimalnej nieoznaczoności, a iloczyn takich dwu nieoznaczoności jest ograniczony z dołu przez zasadę nieoznaczoności. W stanie ściśniętym jedna z tych wielkości może być dokładnie znana na koszt dużych fluktuacji tej drugiej. Pomysł polega na użyciu dobrze znanej składowej do pomiaru jakiejś wielkości fizycznej, która w ten sposób byłaby określona dużo dokładniej niż w przypadku pomiaru przy użyciu przypadkowo fluktuującego pola.

Jednym z potencjalnych zastosowań stanów ściśniętych jest detekcja fal grawitacyjnych. W takim urządzeniu światło ściśnięte użyte byłoby do rejestrowania niezwykle drobnych drgań wywołanych przez fale grawitacyjne w dużym pręcie metalowym. Wciąż jednak konstrukcja takiego detektora przekracza możliwości współczesnej techniki, a użycie stanów ściśniętych jest nawet jeszcze bardziej problematyczne.

### Interferometria dużych ciał

Gdy Schrödinger podawał w wątpliwość teorię kwantową, użył on przykładu kota w pudle jako modelu urządzenia makroskopowego (kot Schrödingera). Pudełko zawiera atom promieniotwórczy połączony z ampułką zawierającą truciznę. Gdy atom się rozpada, trucizna wydziela się i kot zdycha. Gdyby atom mógł być wprowadzony w spójną superpozycję swojego stanu początkowego „a” i stanu po rozpadzie „b”, moglibyśmy, w zasadzie, wytworzyć spleciony stan  $\Psi = (\text{atom w stanie „a”, trucizna nie wydzielona, kot żywy}) + (\text{atom w stanie „b”, trucizna wydzielona, kot martwy})$ . Gdybyśmy otworzyli pudło, kot stałby się albo całkowicie żywy, albo całkowicie martwy – funkcja falowa  $\Psi$  uległaby „redukcji” przez

pomiar. Lecz zanim otworzylibyśmy pudło, kot byłby w stanie splecionym, żywy + martwy.

Schrödinger myślał, że ten przykład jest wystarczająco głupi, by przekonać ludzi o tym, iż teoria kwantowa nie powinna być stosowana do obiektów makroskopowych. W rzeczywistości kot ma niewiarygodnie dużą liczbę stanów wewnętrznych i jest prawie niemożliwe utrzymać spójność między nimi tak, by mogły wykazywać interferencję. Przypuszczalnie jednak można stosować mechanikę kwantową do tego układu. Nie możemy tylko zaobserwować żadnych efektów interferencyjnych.

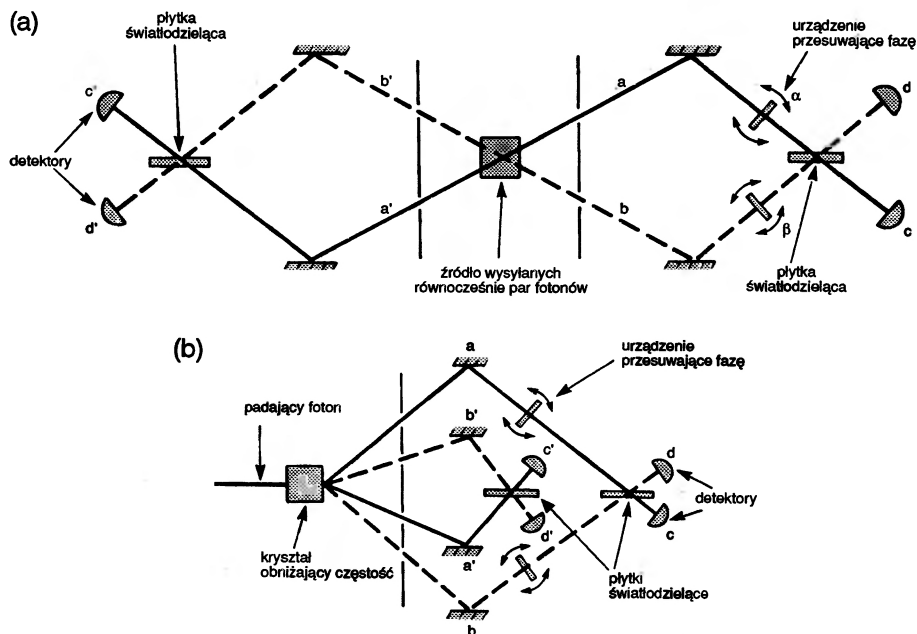
Grupa Dave'a Pritcharda z MIT uzyskała jednak ostatnio obraz interferencyjny w przypadku wiązki cząsteczek sodu używając mikrosiatek dyfrakcyjnych [4]. Jeśli cząsteczki z ich skomplikowanymi wewnętrznymi stanami posiadają własności falowe, które możemy oglądać, to jakie są graniczne wymiary ciała makroskopowego, które by nam to uniemożliwiały?

Cząsteczka nie jest kotem, ale też odbiega znacznie od elektronu. Jest to kluczowy problem w teorii kwantowej. Rzeczywiście, można przygotować cząsteczki w stanie, w którym długość fali de Broglie'a jest dużo mniejsza niż ich rozmiary. Oznacza to w efekcie rozszerzenie zakresu stosowalności teorii kwantowej w kierunku zupełnie dużych cząstek.

Inną metodą pozwalającą powołać do życia w laboratorium doświadczenie myślowe jest parametryczne obniżanie częstości – proces, w którym kryształ nieliniowy przetwarza pojedynczy foton ultrafioletowy w dwa fotony czerwone (patrz [5]). Kryształ zapewnia zachowanie energii i pędu. W układzie współrzędnych, w którym dwa fotony mają równe co do wielkości i przeciwnie skierowane pędy, możemy tak umieścić przesłony, by foton 1 mógł być w jednym ze stanów  $a$  lub  $b$ , a foton 2 –  $a'$  lub  $b'$ . Ponieważ nie wiemy, w jakim stanie fotony zostaną wytworzone, mamy stan spleciony,  $\Psi \propto [\psi_1(a)\psi_2(a') + \psi_1(b)\psi_2(b')]$ . Funkcja falowa wyraża fakt, że jeśli foton 1 jest, powiedzmy, w stanie  $a$ , to foton 2 będzie w stanie  $a'$  i podobnie dla  $b$  i  $b'$  (rys. 2). Fotony w stanach  $a$  i  $b$  przechodzą przez urządzenia przesuwające fazę  $\alpha$  i  $\beta$ , interferują w płytce światłodziеляjącej i zostają zarejestrowane w punktach  $c$  i  $d$ ; fotony w stanach  $a'$  i  $b'$  interferują w innej płytce światłodziеляjącej i są rejestrowane w punktach  $c'$  i  $d'$ .

Można by się spodziewać, że będziemy mogli otrzymać obraz interferencyjny w  $c$  lub  $d$  odkładając po prostu liczbę fotonów zarejestrowanych w ustalonym czasie jako funkcję przesunięcia fazy (zmienianej przez obrót szklanej płytki, który zmieniałby drogę optyczną) w jednej z wiązek. A jednak nie możemy – dla dróg  $a$  i  $b$  nie obserwuje się interferencji. To znaczy, że nie ma w tym układzie interferencji jednocząstkowej. (Ten brak interferencji jednocząstkowej uniemożliwia też komunikowanie się z prędkością większą niż prędkość światła.) Dzieje się tak dla-





Rys. 2. Sprawdzanie teorii kwantowej przy użyciu fotonów. (a) Foton 1 emitowany jest ukośnie w prawo, a foton 2 emitowany jest w lewo dokładnie w kierunku przeciwnym. Foton 1 ma dwie drogi do każdego z detektorów  $c$  i  $d$ . Niemożliwe jest jednak zarejestrowanie jednocząstkowej funkcji interferencyjnej (jako funkcji przesunięcia fazy wprowadzonego przez  $\alpha$  lub  $\beta$ ) ponieważ moglibyśmy umieścić detektory zaraz za przesłonami  $a'$  i  $b'$  i określić, którą drogą podążał foton 1 do detektora  $c$  lub  $d$ . Można natomiast wykryć interferencję dwucząstkową zliczając fotony w koincydencji w jednym detektorze po każdej ze stron (np.  $c$  i  $c'$ ).

(b) Schemat doświadczenia EPR z obniżaniem częstości.

tego, że moglibyśmy umieścić liczniki na drogach  $a'$  i  $b'$  – gdyby foton 2 wzbudził licznik  $a'$ , wiedzielibyśmy, że foton 1 wybrał drogę  $a$ . Oznacza to, że prawa mechaniki kwantowej zabraniają interferencji między dwiema drogami, jeśli możemy ustalić, którą drogę wiązka wybrała. W rzeczywistości sama możliwość tego, że bylibyśmy w stanie ustalić, którą drogą leciał foton, uniemożliwia interferencję wiązek. Interferencję możemy otrzymać jedynie wtedy, gdy liczymy koincydencje między dwoma fotonami po jednym z każdej strony, gdy są obecne obie płytki światłodzielące. Na przykład, jeśli zliczamy jedynie fotony w  $c$ , które są zarejestrowane w koincydencji z fotonami, powiedzmy, w  $c'$ , to otrzymamy dwucząstkowy obraz interferencyjny. W tym układzie można wykonać szereg fundamentalnych doświadczeń [6].

### Przechodząc przez fazę

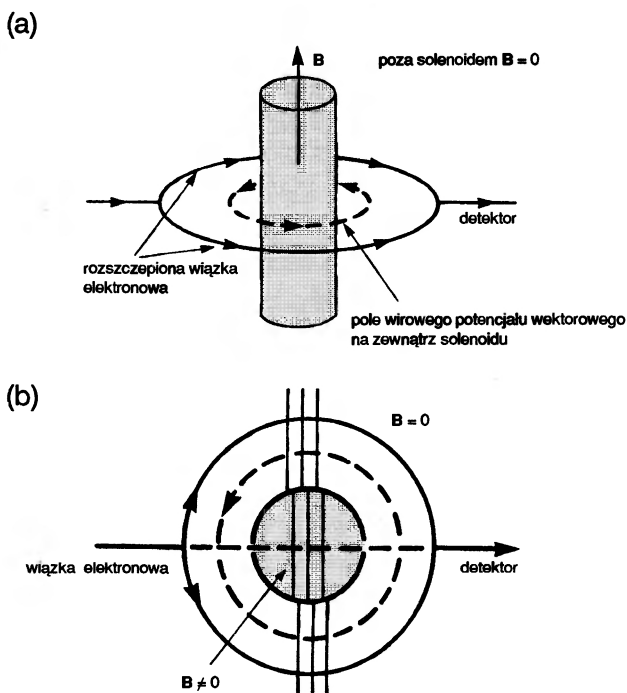
Poza nielokalnością uwidoczną w stanach splecionych, mechanika kwantowa wykazuje również nielokalność w stanach jednocząstkowych. Najważniejszym tego przejawem jest zjawisko Aharonova-Bohma, przewidziane w 1958 r. i wielokrotnie od tego czasu potwierdzone doświadczalnie (patrz [7]). W doświadczeniu takim można wytworzyć obraz interferencyjny między dwiema wiązkami nawet wtedy, gdy żadna z nich nie przechodzi przez pole sił.

Zarówno w teorii kwantowej jak i klasycznej, pola elektromagnetyczne tworzone są przez potencjały. Na przykład, pole magnetyczne  $\mathbf{B}$  pochodzi od potencjału wektorowego  $\mathbf{A}$ , i możliwe jest, że  $\mathbf{A}$  nie znika w obszarze, w którym nie ma pola magnetycznego. W fizyce klasycznej potencjał jest elementem księgowości, bez fizycznego znaczenia. Cząstka, na którą nie działa żadna siła, nie odczuje w ogóle żadnego efektu. W teorii kwantowej jednakże potencjały zmieniają fazę funkcji falowej nawet wtedy, gdy same pola, a więc i siły, znikają.

Klasyczne doświadczenie Aharonova-Bohma polega na rozszczepieniu spójnej wiązki elektronów, przepuszczeniu tych części w dwóch kierunkach naokoło solenoidu a następnie połączeniu ich znów w jedną wiązkę. Pomimo, iż poza solenoidem nie ma pola magnetycznego, istnieje potencjał wirowy, który przyspiesza front falowy jednej wiązki elektronowej, a opóźnia drugiej (patrz rys. 3a). Gdy obie wiązki łączą się, pojawia się między nimi różnica faz, która zależy od strumienia magnetycznego przechodzącego przez zamkniętą krzywą utworzoną przez wiązki elektronowe.

Potencjał śledzi fazę wiązki elektronowej we wszystkich punktach przestrzeni, może więc ugiąć wiązkę, jeśli napotka ona rzeczywiste pole magnetyczne. Na rysunku rzeczywiste pole znajduje się wewnątrz solenoidu. Gdyby w solenoidzie wywiercić mały otwór, pole magnetyczne ugięłoby elektron przechodzący przez solenoid. Dlatego też faza po jednej stronie solenoidu musi wyprzedzać fazę po drugiej stronie – na wypadek, gdybyśmy zdecydowali się skierować naszą wiązkę przez solenoid.

Ale nawet jeśli zdecydujemy się tak ustawić doświadczenie, by omijać solenoid, geometria zdająca sprawę z tego, co dzieje się z wiązkami, musi znaleźć odbicie w potencjale (rys. 3b). Zdaje on sprawę z tego, że jeśli chcemy przeprowadzić w sposób ciągły jedną z wiązek z jednej strony solenoidu w drugą, musimy napotkać w środku to ugięcie. Trzeba uwzględnić towarzyszące temu przesunięcie fazy wzdłuż drogi tak, by potencjał zdawał sprawę z ciągłości wszystkiego, co może zdarzyć się w przestrzeni i wpływał odpowiednio na funkcję falową. Jest to prawdziwie nielokalne zjawisko.



Rys. 3. Widok z boku (a) i z góry (b) doświadczenia Aharonova-Bohma, w którym spójna wiązka elektronowa jest rozszczepiana na dwie składowe przebiegające naokoło solenoidu w przeciwnie strony przed ponownym połączeniem. Po połączeniu wiązek występuje obraz interferencyjny jako funkcja pola magnetycznego w solenoidzie, mimo iż elektrony na żadnym etapie nie przeszły przez pole magnetyczne. Ten wysoce nielokalny i czysto kwantowy efekt spowodowany jest magnetycznym potencjałem wektorowym, który może nie zniknąć w obszarze, gdzie nie ma pola magnetycznego. Widok górny ukazuje wiry potencjału wektorowego (linia przerywana). Powoduje to, że front falowy na prawo od solenoidu wyprzedza ten na lewo.

Istnieje też zjawisko elektryczne równoważne ze zjawiskiem Aharonova-Bohma. Polega ono na przepuszczaniu wiązki elektronów przez potencjał elektryczny, który jest jednorodny przestrzennie, lecz zmienny w czasie (np. kondensator ze zmiennym w czasie napięciem). Wytworzony jest potencjał, ale nie siła. Efekt występuje dla dowolnego potencjału zależnego od czasu. Zjawisko to zostało zaobserwowane w interferometrze neutronowym w wyniku współpracy między grupą Anthony'ego Kleina z Uniwersytetu w Melbourne i Samem Wernerem z Uniwersytetu stanu Missouri w Columbii. W urządzeniu tym wiązka neutronowa może być rozszczepiona na odległość kilku centymetrów i następnie spójnie połączona. Jednorodny potencjał wytworzony był przez oddziaływanie momentu

magnetycznego neutronu z polem magnetycznym w jednej z rozszczepionych wiązek. Powodowało to przesunięcie fazowe między dwiema amplitudami, gdy wiązki łączyły się. Innymi słowy, mamy tu spójny układ mikroskopowy rozdzielony na makroskopowe odległości.

W interferometrze neutronowym zespołu Melbourne-Missouri zaobserwowano też inne zjawisko analogiczne do zjawiska Aharonova-Bohma – zjawisko Aharonova-Cashera. W tym przypadku solenoid w środku układu zastąpiono liniowym ładunkiem elektrycznym. Gdy rozszczepiona wiązka neutronowa mija go, neutron widzi indukowane pole magnetyczne, które z kolei powoduje bezsiłowe oddziaływanie z jego momentem magnetycznym, wytwarzające mierzalne przesunięcie fazowe między wiązkami.

Wszystkie te zjawiska mają sens topologiczny i są przypadkami szczególnymi dużo ogólniejszego zjawiska fazowego odkrytego przez Michaela Berry'ego z Uniwersytetu w Bristolu w Wielkiej Brytanii. Jeśli cząstka poddana jest zewnętrznej sile, która zmienia się powoli, lecz w taki sposób, że powraca do swojej wyjściowej wartości, będzie ona powoli zmieniać swą orientację by nadażyć za zewnętrznym polem. W końcu cząstka powróci do swojego początkowego stanu, ale pomnożonego przez czynnik fazowy. Część tego czynnika fazowego zdaje po prostu sprawę z ewolucji czasowej cząstki. Występuje jednak dodatkowy przyczynek o topologicznym charakterze, który dokumentuje geometrię zmieniającego się powoli zewnętrznego pola. Jest to faza Berry'ego, która była obserwowana w wielu różnych doświadczeniach. Wiele doświadczeń wykazało istnienie tego zjawiska [8], a interferometr jest wyjątkowo przydatny, gdyż wolno zmienne pole można wprowadzić tylko do jednego z ramion interferometru. Różnica faz między wiązkami będzie wtedy sumarycznym efektem tego pola. (To znaczy, że efekt ewolucji czasowej znosi się.)

### **Poza interpretację kopenhaską**

Toczy się też stale dyskusja dotycząca interpretacji funkcji falowej. Interpretacja kopenhaska jest mocno oparta na wynikach pomiarów laboratoryjnych, które powodują „redukcję” funkcji falowej. W ramach tej interpretacji nie można jednak opisać samego procesu pomiaru. Wielu ludzi chciałoby mieć samozgodną interpretację teorii kwantowej, która byłaby niezależna od pomiarów. Główną motywacją jest tu kosmologia, gdyż kosmologowie chcieliby rozważać „funkcję falową Wszechświata”, która nie mogłaby podlegać jakiemuś zewnętrznemu urządzeniu pomiarowemu.

Alternatywnym podejściem jest zastąpienie równania Schrödingera, które jest liniowe, nieliniowym równaniem, które odtwarzałoby wszystkie podstawowe zja-

wiska teorii kwantowej. Ta strategia, propagowana między innymi przez Giancarla Ghirardiego z Uniwersytetu w Trieście we Włoszech, usiłuje dokonać tego wszystkiego, co potrafi „redukcja” funkcji falowej. Inna interpretacja, pochodząca od nieżyjącego już Davida Bohma, zastępuje cały statystyczny aparat kwantowy aparatem deterministycznym. Jest ona jednakże wysoce nielokalna, właśnie tak, jak teoria kwantowa. Wydaje się to wskazywać na możliwość, że pojęcie prawdopodobieństwa odgrywa być może mniejszą rolę w teorii kwantowej, niż większości z nas się wydaje, natomiast nielokalność musi pozostać.

Byliśmy w stanie tylko powierzchownie przedstawić pewne nowe metody i idee dotyczące teorii kwantowej. (Materiały z ostatniego spotkania na temat podstawowych zagadnień teorii kwantowej zawierają przeszło 900 stron [1].) Płyń jednak z tego nauka, że omawiany przedmiot przestał już być ograniczony do dyskusji starszych panów nad poglądami, które nie mają żadnych skutków doświadczalnych. Rozwinięto pewne zadziwiające nowe metody, a eksperymenciatorzy interesują się fundamentalnymi problemami interpretacyjnymi teorii.

Równocześnie rozwijają się nowe idee teoretyczne, które uwolnią teorię z ograniczeń standardowej interpretacji. Nastąpiły podniecające czasy dla pracujących nad podstawami tego przedmiotu. W każdym razie jest jasne, że nigdy już nie powrócimy do klasycznego obrazu świata. Gdy teoria kwantowa ostatecznie się załamie, jak muszą nieuchronnie załamywać się wszystkie teorie, stanie się to dlatego – pomimo wszystkich niezwykłych zjawisk, które z powodzeniem opisuje – że nie będzie ona dostatecznie niezwykła by objąć wszystkie zjawiska natury. Sama natura jest bardziej tajemnicza nawet niż teoria kwantowa, i to z całą pewnością spowoduje ostateczny upadek tej teorii.

Tłumaczyła *Zofia Białynicka-Birula*

Instytut Fizyki PAN i Szkoła Nauk Ścisłych  
Warszawa

## Literatura

- [1] *Fundamental Problems in Quantum Theory*, red. D.M. Greenberger, A. Zeilinger (New York Academy of Sciences, New York 1995).
- [2] C. Jack, „Sherlock Holmes investigates the EPR paradox”, *Phys. World*, April 1995, s. 39.
- [3] G. Rempe, „Single atoms light up in microlaser”, *Phys. World*, April 1995, s. 31.
- [4] M.S. Chapman i in., „Optics and interferometry with Na<sub>2</sub> molecules”, *Phys. Rev. Lett.* **74**, 4783 (1995).
- [5] D.M. Greenberger, M.A. Horne, A. Zeilinger, „Multiparticle interferometry and the superposition principle”, *Phys. Today*, August 1993, s. 22.

- [6] J. Rarity, „Dreams of a quiet light”, *Phys. World*, June 1994, s. 46.
- [7] A. Tonamura, „Electron holograph shows its resolve”, *Phys. World*, March 1994, s. 39.
- [8] A. Shapere, F. Wilczek, *Geometric phases in physics* (World Scientific, Singapore 1989).

## RÓŻNE

**Andrzej Z. Hrynkiewicz\*, Jerzy A. Janik\***

*Instytut Fizyki Jądrowej  
im. H. Niewodniczańskiego  
Kraków*

**Ryszard Sosnowski\***

*Instytut Problemów Jądrowych  
im. A. Sołtana  
Warszawa*

### **Znaczenie Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej dla polskiej nauki**

#### **Significance of the Joint Institute for Nuclear Research in Dubna for Polish science**

*Abstract:* Participation of Polish nuclear and particle physicists, nuclear chemists, and solid state physicists in the research performed in the Joint Institute for Nuclear Research in Dubna during 40 years of existence of this Institute is described. The important role of our participation in the JINR for the development of nuclear science and its applications in Poland is stressed.

---

\* Autorzy artykułu są członkami Rady Naukowej Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej (przyp. Red.).

## 1. Udział fizyków polskich w pracach ZIBJ

Badania w dziedzinie fizyki jądrowej, a tym bardziej fizyki cząstek i oddziaływań elementarnych wymagają dużych, skomplikowanych i bardzo kosztownych urządzeń. Dotyczy to również badań skondensowanej fazy materii przy pomocy silnych źródeł neutronów i promieniowania synchrotronowego. Budowa i eksploatacja takich urządzeń przekracza na ogół możliwości poszczególnych krajów i może być prowadzona tylko dzięki współpracy międzynarodowej, która m.in. wyraża się tworzeniem międzynarodowych centrów badawczych. Należą do nich Zjednoczony Instytut Badań Jądrowych (ZIBJ) w Dubnej i Europejskie Laboratorium Fizyki Cząstek (CERN) w Genewie. Polska jest członkiem ZIBJ od 1956 r. Od 1964 r. była członkiem obserwatorem, a w 1991 r. stała się pełnoprawnym członkiem CERN-u. Instytut w Dubnej dysponuje kilku unikatowymi urządzeniami do badań w dziedzinach, które nie są objęte programem naukowym CERN-u. Należą do nich: reaktor impulsowy IBR-2, akceleratory ciężkich jonów i uruchomiony dwa lata temu akcelerator NUKLOTRON, przyspieszający ciężkie jony do energii ok. 10 GeV/nukleon. Atrakcyjną cechą ZIBJ jest posiadanie dużego Laboratorium Fizyki Teoretycznej, skupiającego wielu znanych w świecie uczonych, których prace obejmują bardzo szeroki zakres, od fizyki matematycznej przez teorię pola i cząstek elementarnych do struktury jądra i problemów teoretycznych skondensowanej fazy materii.

Mimo niezmiernie niskiego rocznego budżetu, który jest ok. 20 razy mniejszy od budżetu CERN-u, Dubna jest liczącym się w świecie ośrodkiem naukowym, a prowadzone w kilku dziedzinach prace są na wysokim poziomie. Instytut ten pozostaje więc nadal wartościowym partnerem współpracy, a można żywić nadzieję, że po zakończeniu restrukturyzacji, nadaniu wyraźnego i pełnego statusu międzynarodowego oraz przezwyciężeniu kryzysu ekonomicznego będzie atrakcyjnym miejscem pracy dla wielu polskich fizyków. Podział budżetu Instytutu na poszczególne kierunki badań przedstawia tab. 1.

Liczba polskich pracowników w ZIBJ spadła co prawda pięciokrotnie w ciągu kilku ostatnich lat, jednak 16 placówek naukowych w Polsce nadal deklaruje konkretne zainteresowanie współpracą z ZIBJ. Wśród nich znajduje się 10 placówek szkolnictwa wyższego, 4 placówki resortu Państwowej Agencji Atomistyki i 2 instytuty PAN. Głównymi kierunkami zainteresowań tych placówek są: 1) badania materii skondensowanej metodą rozpraszania neutronów; 2) badania jądrowe przy użyciu wiązek ciężkich jonów; 3) fizyka teoretyczna. Wyrażane jest zwłaszcza zainteresowanie współpracą w zakresie wykorzystania wiązek jonów wysokich energii z NUKLOTRONU, wiązek neutronów z IBR-2, a w przyszłości również



Tabela 1. Podział budżetu ZIBJ w 1994 r. (%)

1.	Fizyka teoretyczna	5.5
2.	Fizyka cząstek elementarnych	14.7
3.	Relatywistyczna fizyka jądrowa	14.1
4.	Fizyka jądrowa pośrednich energii	10.7
5.	Fizyka ciężkich jonów	16.4
6.	Fizyka jądrowa „na wiązce neutronów”	3.4
7.	Fizyka skondensowanej fazy materii	14.4
8.	Radiobiologia	0.7
9.	Zaplecze techniczne	7.5
10.	Koszty ogólne Instytutu	12.6
	Razem:	100.0

ze źródła IREN do prac z fizyki jądrowej, a także wykorzystaniem wysokoenergetycznych cząstek naładowanych ( $p$ ,  $\pi^-$ ) i neutronów z synchrocyklotronu dla potrzeb radiomedycyny.

Spadek liczby polskich pracowników naukowych ma wiele przyczyn, z których najistotniejszymi są trudne i niepewne warunki materialne pobytu w Dubnej oraz poszerzenie możliwości współpracy z ośrodkami zachodnimi o nowocześniejszych podstawowych urządzeniach badawczych i o lepszej automatyzacji i technice pomiarowej. Przede wszystkim dotyczy to fizyki wysokich energii, w mniejszym zaś stopniu innych kierunków badań prowadzonych w ZIBJ. Spadła także kilkakrotnie roczna liczba krótkoterminowych wyjazdów polskich pracowników naukowych do ZIBJ z ok. 1800 osobodni w końcu lat 70-tych do 400–600 osobodni rocznie w kilku ostatnich latach. Wyraźnie natomiast wzrosła liczba przyjazdów pracowników ZIBJ do Polski. Trudne warunki materialne pracy w Dubnej zostały znacznie złagodzone przez wynegocjowanie dopłat do uposażeń i do delegacji polskich pracowników. Są one pokrywane w ramach polskiej składki członkowskiej. Motywacją do nawiązywania współpracy jest dofinansowanie, także w ramach składki, polskich grup badawczych, umożliwiające im rozbudowę i modernizację aparatury pomiarowej.

Niepewność sytuacji materialnej i obawy związane z wyjazdami do Rosji powodują, że pracownicy nie decydują się na wyjazdy z rodzinami, co było powszechnie praktykowane poprzednio. Konsekwencją tego jest m.in. likwidacja w Dubnej polskiej szkoły, a to z kolei zniechęca do wyjazdów na dłuższe pobyty rodziny posiadające dzieci w wieku szkolnym. Można mieć nadzieję, że podpisana ostatnio umowa między ZIBJ i rządem Federacji Rosyjskiej, prowadząca do pełnego

umiędzynarodowienia Instytutu i nadania jego pracownikom przywilejów z tym związanych, zwiększy zainteresowanie długoterminowymi pobytami w ZIBJ.

## 2. Ile kosztuje członkostwo Polski w ZIBJ

Składki krajów członkowskich są w zasadzie obliczane proporcjonalnie do skali ONZ opartej na ich dochodzie narodowym. W tej skali udział Polski został ustalony w 1956 r. na 6.75%. W 1966 r. po opuszczeniu Instytutu przez Chiny, nastąpiła zmiana udziału procentowego pozostałych krajów członkowskich i składka Polski wzrosła do 8.45% budżetu Instytutu. W 1969 r. nasza składka zmalała do 6.20%, a w 1991 r. rewizja skali spowodowała zmniejszenie udziału Polski do 3.77%. Do 1990 r. przeważająca część składki była wpłacana w rublach transferowych, a pewna część (ok. 100 tys. USD) w walucie wymiennej. Od 1991 r. budżet ZIBJ jest podawany w dolarach i w dolarach są obliczane składki członkowskie. W tabeli 2 podana jest obecnie obowiązująca skala składek krajów należących do ZIBJ, a w tabeli 3 budżet ZIBJ i wysokość polskiej składki w czasie od 1956 do 1995 r.

Została przyjęta zasada, że nowe kraje członkowskie, a więc kraje które powstały po rozpadzie Związku Radzieckiego, płaciły w 1992 r. 10%, w 1993 r. 20%, w 1994 r. 40% i w 1995 r. 70% składki obliczonej wg skali ONZ. Dopiero od 1996 r. będą one pokrywać pełny udział członkowski. Niestety, część krajów członkowskich nie wypełnia swych zobowiązań i ich zadłużenie rośnie. Zgodnie ze statutem Instytutu kraj, który zalega ze składkami w wysokości przekraczającej dwuletnią należność zostaje zawieszony w prawach członka do czasu uregulowania długu lub jego części ustalonej przez Komitet Pełnomocnych Przedstawicieli rządów krajów członkowskich. W 1995 r. w takiej sytuacji znalazły się Azerbejdżan, Mołdawia, Kazachstan, Korea, Kuba i Ukraina. Komitet na posiedzeniu

Tabela 2. Obecnie obowiązująca skala procentowa składek krajów członkowskich ZIBJ

Armenia	0.8	Mołdawia	1.1
Azerbejdżan	1.7	Mongolia	0.1
Białoruś	3.8	Polska	3.9
Bułgaria	1.0	Rosyjska Federacja	58.8
Czechy	3.3	Rumunia	1.6
Gruzja	1.7	Słowacja	1.0
Kazachstan	2.7	Ukraina	15.3
Korea Płn.	0.4	Uzbekistan	2.0
Kuba	0.7	Wietnam	0.1

Tabela 3. Budżet ZIBJ i wysokość polskiej składki

Lata	Budżet Instytutu	Składka polska
	(mln Rb)	(mln Rb)
1956–60	66.8	4.440
1961–65	83.7	5.490
1966–70	112.3	9.050
1971–75	178.6	14.340
1976–80	210.2	13.025
1981–85	231.7	14.363
1986–90	245.0	19.400
	(mln USD)	(mln USD <sup>a</sup> )
1991	29.17	1.100
1992	29.20	0.932
1993	22.00	0.912
1994	26.00	1.051
1995	30.00	1.311

<sup>a</sup> Od 1991 r. podana wysokość polskiej składki zawiera dodatki do uposażeń polskich pracowników.

w marcu 1995 r. zgodził się na dwuletnie moratorium umożliwiające stopniowe regulowanie długu z częściowym tylko pozbawieniem praw członkowskich, m.in. pozbawieniem prawa głosu w sprawach finansowych. Polska należy do krajów, które wywiązują się ze swych zobowiązań.

Kraje członkowskie zobowiązują się przelewać 20% należnej składki na dolarowe konto Instytutu. Ta część jest wykorzystywana przez Instytut na finansowanie współpracy międzynarodowej oraz na zakup pewnych urządzeń, aparatury i materiałów w strefie walut wymiennalnych. Sposób wpłaty pozostałych 80% podlega negocjacom z Dyrekcją Instytutu. Negocjacje przeprowadzane przez stronę polską doprowadziły do korzystnych dla nas ustaleń. Po pierwsze, część składki jest przeznaczona na dopłaty dolarowe do uposażeń polskich pracowników przebywających w ZIBJ dłużej niż 6 miesięcy. Obecnie obowiązująca skala tych dopłat jest przedstawiona w tab. 4. Po drugie, część składki wykorzystywana jest na zwiększenie do 10 USD dziennej diety pracowników z Polski przyjeżdżających na pobyty krótkoterminowe. Należy przy tym podać, że miesięczne uposażenie wypłacane w ZIBJ w rublach odpowiada obecnie 100 – 200 USD, a dzienne diety pobytowe wynoszą 3 USD. Dopłaty dolarowe dla polskich pracowników stanowią ok. 20% polskiej składki. Po trzecie, 15% wpłacanej składki pozostaje w dys-

Tabela 4. Dopłaty do uposażenia miesięcznego polskich pracowników w ZIBJ

Stanowisko	USD
Z-ca kierownika laboratorium	990
Kierownik oddziału (sektora)	837
St. pracownik naukowy	786
Pracownik naukowy	684
Starszy inżynier	582
Mł. pracownik naukowy	580

pozycji Pełnomocnego Przedstawiciela RP i jest przeznaczony na przedmiotowe dofinansowanie zespołów polskich w ZIBJ, na zakup potrzebnych im urządzeń i materiałów. Polskie zespoły występują z wnioskami o dofinansowanie, wnioski te są opiniowane przez specjalistów i rozpatrywane na posiedzeniach Podkomisji Współpracy z ZIBJ Rady ds. Atomistyki. W 1993 r. przyznano 5 grantów na pełną kwotę 133 tys. USD, w 1994 r. 12 grantów na pełną kwotę 165 tys. USD, a w 1995 r. 21 grantów na pełną kwotę 190 tys. USD. Uzyskane granty zwiększają wydajność działalności naukowej polskich zespołów na terenie ZIBJ. Po czwarte wreszcie, duża część składki, ponad 50%, jest pokrywana w postaci dostaw towarów i usług z Polski co przyczynia się do promocji polskich firm i zakładów przemysłowych.

### 3. Krótka historia współpracy z ZIBJ

Od chwili powstania ZIBJ w Dubnej w 1956 r. Polska odegrała dużą rolę w pracach naukowych i technicznych oraz w organizacji Instytutu. Pierwszym wicedyrektorem ZIBJ był znany polski uczonec Marian Danysz, a następnie to stanowisko zajmowało dwóch innych Polaków: Andrzej Hrynkiewicz w latach 1966–68 i Mieczysław Sowiński w latach 1977–81. Pięciu polskich fizyków pełniło funkcje wicedyrektorów Laboratoriów ZIBJ. Byli to: Zbigniew Strugański i Jerzy Bartke (Laboratorium Wysokich Energii), Sławomir Chojnacki (Laboratorium Reakcji Jądrowych), Henryk Lizurej (Laboratorium Problemów Jądrowych) i Ireneusz Natkaniec (Laboratorium Fizyki Neutronowej). Andrzej Hrynkiewicz, Jerzy Janik, Krzysztof Rybicki, Przemysław Zieliński i Jan Żylicz byli przewodniczącymi Komitetów Naukowych ZIBJ. W skład Rady Naukowej Instytutu wchodził: Marian Danysz, Leopold Infeld, Henryk Niewodniczański i Andrzej Sołtan. Od dwudziestu kilku lat przedstawicielami Polski w Radzie Naukowej są auto-

rzy niniejszego artykułu. W 1991 r. nastąpiła radykalna zmiana charakteru Rady Naukowej ZIBJ, polegająca na jej wyłonieniu na drodze wyborów i umiędzynarodowieniu (9 członków Rady nie pochodzi z krajów członkowskich Instytutu). Jednakże polscy członkowie Rady weszli ponownie w jej skład. Poza tym Andrzej Budzanowski został pierwszym przewodniczącym nowo wybranego Komitetu Programowego Fizyki Jądrowej.

W ciągu pierwszych lat istnienia ZIBJ udział Polaków w pracach badawczych miał w znacznym stopniu charakter szkoleniowy. Polscy fizycy mogli zapoznać się z nowoczesną aparaturą naukową i brać udział w pracach przy wykorzystaniu dużych urządzeń badawczych, którymi rozporządzał Instytut. Istotne znaczenie dla rozwoju prac naukowych w Polsce w dziedzinie spektroskopii jądrowej odgrywały przekazywane przez ZIBJ izotopy promieniotwórcze produkowane w reakcjach kruszenia (spalacji) w tarczach tantalowych bombardowanych protonami z synchrocyklotronu Laboratorium Problemów Jądrowych. W dziedzinie fizyki cząstek elementarnych podobne znaczenie miało przekazywanie do analizy w polskich laboratoriach filmów z komór pęcherzykowych z zarejestrowanymi zderzeniami cząstek wysokich energii.

Z biegiem czasu rola polskich pracowników naukowych z charakteru szkoleniowego przerodziła się w partnerstwo naukowe. Polscy uczeni zainicjowali szereg nowych kierunków badań, a polskie placówki naukowe wniosły i nadal wnoszą poważny wkład w budowę i uruchamianie na terenie ZIBJ nowoczesnej aparatury naukowej. Przykładem tego jest m.in. dostarczenie do Dubnej bezrdzeniowego toroidalnego spektrometru magnetycznego na promieniowanie  $\beta$ , spektrometru neutronowego działającego na zasadzie tzw. odwrotnej geometrii oraz komór wielodrutowych z aparaturą elektroniczną do badań oddziaływań wysokich energii. Instytut Badań Jądrowych w Świerku zbudował i uruchomił w Dubnej system automatycznego sterowania reaktorem impulsowym IBR-2, a wyposażenie pracowni radiochemicznych zostało w głównej mierze wyprodukowane w Polsce. Stosowany przez wiele lat elektroniczny standard CAMAC został wprowadzony przy udziale polskich fizyków i inżynierów, a liczne układy elektroniczne opracowane przez Zjednoczone Zakłady Urządzeń Jądrowych POLON należały do wyposażenia laboratoriów ZIBJ.

W ciągu 40 lat istnienia ZIBJ pracowało w nim, w czasie dłuższym niż 6 miesięcy, ponad 450 polskich pracowników naukowych. Na podstawie wyników badań przeprowadzonych w ZIBJ 101 polskich pracowników naukowych uzyskało stopień doktora, a 44 stopień doktora habilitowanego.

W następnej części artykułu staramy się odpowiedzieć na pytanie: czym był Zjednoczony Instytut Badań Jądrowych dla rozwoju tych kierunków badań w Polsce, które były głównym przedmiotem współpracy.

#### 4. Czym był ZIBJ dla fizyki w Polsce

##### 4.1. Fizyka jądrowa

Sprowadzane z ZIBJ już w końcu lat 50-tych nuklidy promieniotwórcze powstające w reakcjach kruszenia w tarczy tantalowej bombardowanej protonami o energii 660 MeV z synchrocyclotronu Laboratorium Problemów Jądrowych stały się przedmiotem badań spektroskopowych w Krakowie i Warszawie. Wykorzystywane były specjalnie w tym celu zbudowane w polskich laboratoriach spektrometry promieniowania  $\beta$  i  $\gamma$ . Przygotowaniem odpowiednich źródeł promieniotwórczych zajęli się polscy radiochemicy zarówno w Dubnej jak i w kraju. Henryk Niewodniczański był głównym inicjatorem powstania w Laboratorium Problemów Jądrowych ZIBJ Oddziału Spektroskopii i Radiochemii, w którym wielu polskich fizyków jądrowych i radiochemików zdobyło „szlify oficerskie” uzyskując wyniki stanowiące podstawę ich stopni naukowych. Zastosowanie w Oddziale Spektroskopii i Radiochemii metod szybkiego wydzielania pierwiastków z bombardowanych tarcz tantalowych i instalacja separatora masowego przy udziale fizyków z Lublina pod kierunkiem Włodzimierza Żuka oraz Anatola Piotrowskiego z Warszawy pozwoliły badać własności i schematy rozpadów nowych nuklidów o czasach połowicznego zaniku rzędu minut. Przewrotem w technice pomiarowej było wprowadzenie detektorów półprzewodnikowych, które były produkowane w Dubnej przy udziale polskich pracowników oraz instalacja spektrometru mas bezpośrednio na wiązce synchrocyclotronu, co pozwoliło badać nuklidy o czasach życia rzędu sekund. W ten sposób w obszarze ziem rzadkich zostały odkryte i zbadane dziesiątki nowych krótkożyciowych nuklidów o deficycie neutronów (Jan Kormicki i Antoni Potempa).

Pod koniec lat 70-tych błędna decyzja o podjęciu rekonstrukcji synchrocyclotronu oraz niedoinwestowanie aparaturowe spowodowały duży spadek intensywności i jakości prac wykonywanych w Oddziale Spektroskopii i Radiochemii Laboratorium Problemów Jądrowych, który przez wiele lat był jednym z najsilniejszych ośrodków spektroskopii jądrowej w Europie. Możliwości zrekonstruowanego synchrocyclotronu i jego oprzyrządowanie daleko odbiegają od obecnych warunków w wiodących ośrodkach zajmujących się spektroskopią jądrową. Nic więc dziwnego, że przejawiane poprzednio zainteresowanie polskich fizyków programem JASNAPP-2 (spektroskopia jądrowa produktów reakcji) zanikło nieomal całkowicie.

Wcześniej, bo już na początku lat 60-tych polscy fizycy jądrowi rozpoczęli współpracę z Laboratorium Reakcji Jądrowych, gdzie na wiązkach ciężkich jonów pracujących tam cyclotronów można było badać wzbudzenia kulombowskie

wysokospinowych stanów jądrowych oraz mierzyć czasy życia i inne parametry nowych krótkożyciowych nuklidów powstających w zderzeniach ciężkich jąder. Cyklotrony Laboratorium Reakcji Jądrowych stwarzały w tym zakresie możliwości, których nie było wówczas w innych ośrodkach naukowych na świecie. Przy znaczącym udziale fizyków z Krakowa i Warszawy, w zespole W.W. Wołkova został odkryty nowy typ reakcji ciężkojonowych, tzw. procesy rozpraszania głęboko nieelastycznego. Są to procesy, w których ciężki jon traci ogromną część swojej energii kinetycznej przy nieznacznej zmianie masy. Odkrycia tego dokonano przy badaniach reakcji wywoływanych jonami  $^{40}\text{Ar}$ , przyspieszonymi w cyklotronie U-300. Na podstawie wyników doświadczalnych uzyskanych w ZIBJ, Janusz Wilczyński podał teorię procesów głęboko nieelastycznych i wprowadził pojęcie krętu krytycznego przy syntezie (fuzji) dwóch jąder. Praca, w której został przez niego przedstawiony wykres różniczkowego przekroju czynnego w funkcji całkowitej energii kinetycznej i kąta rozpraszania w układzie środka masy (Wilczyński plot), doczekała się ogromnej liczby cytowań (rzędu 1000) i weszła na trwałe do monografii światowych z fizyki zderzeń ciężkojonowych. Krakowscy chemicy Jan Mikulski i Zdzisław Szegłowski zajmowali się wydzielaniem i badaniem pierwiastków transfermowych (np. mendelewu) otrzymywanych w Laboratorium Reakcji Jądrowych ZIBJ. Szczególnie duży był udział Z. Szegłowskiego w badaniach własności chemicznych pierwiastka 104.

Po 1960 r. ciężkie jony z akceleratora w Dubnej wykorzystywano również do badań fazy skondensowanej materii metodą zaburzonych rozkładów promieniowania  $\gamma$ , wprowadzonej w ZIBJ przez fizyków krakowskich (A. Hryniewicz i jego zespół). Także w Laboratorium Problemów Jądrowych dzięki fizykom z Lublina (Mieczysław Budzyński i Jan Wawryszczuk) rozpoczęły się prace nad oddziaływaniem nadsubtelnym jąder w różnych materiałach przy wykorzystaniu metody zaburzonych korelacji promieniowania  $\gamma$ .

Na wiązce niedawno uruchomionego nowego cyklotronu Laboratorium Reakcji Jądrowych U-400M został zainstalowany oryginalny wielolicznikowy detektor naładowanych fragmentów, rozróżniający masy i ładunki cząstek powstających w reakcjach średniociężkich jonów. Detektor ten nazwany FOBOS został zbudowany przez fizyków niemieckich przy udziale pracowników z Krakowa. Instytut Fizyki Jądrowej w Krakowie wyposażył to urządzenie w część mechaniczną stożka przedniego ARGUS, który składa się ze scyntylacyjnych detektorów typu Phoswich. Fizycy krakowscy biorą również udział w projekcie KOMBAS, którego separator masowy pozwoli wydzielić promieniotwórcze jądra atomowe dla ich dalszego przyspieszenia i badania wywołanych przez nie reakcji jądrowych.

Badania reakcji wywoływanych przez lekkie jądra przyspieszane do wysokich energii w synchrofazotronie Laboratorium Wysokich Energii, zapoczątkowane

przez fizyków warszawskich (Przemysław Zieliński) są kontynuowane przy udziale pracowników z Polski. W projekcie FAZA, kierowanym przez W.A. Karłowicza, prace nad zjawiskiem multifragmentacji jąder wywołanej przez bombardowanie ich lekkimi jądrami o energiach relatywistycznych bierze udział Waldemar Karcz z Krakowa. Celem tych prac jest badanie ciekawego zjawiska przejścia fazowego typu ciec-zgaz bez efektu wstępnej kompresji materii jądrowej. Dotychczas w zderzeniach cząstek  $\alpha$  o energii 14 GeV stwierdzono multifragmentację wysoko wzbudzonego stanu jądra  $^{197}\text{Au}$  oraz wyznaczono czas życia i rozmiary jądra w tym egzotycznym stanie jądrowym.

Wiązki neutronów powolnych z reaktorów impulsowych IBR-30, a następnie IBR-2, w szczególności zaś wiązki neutronów spolaryzowanych, stworzyły nowe możliwości prac w dziedzinie fizyki jądrowej. Korzystają z nich od 1960 roku fizycy z Uniwersytetu Łódzkiego prowadzący badania wysoko wzbudzonych stanów jąder przejściowych, powstających w rezonansowych reakcjach wywoływanych przez neutrony powolne. Wyznaczone zostały przekroje czynne oraz charakterystyki i rozpady stanów rezonansowych. Na podkreślenie zasługują spektroskopowe badania rozpadów  $\alpha$  jąder wzbudzonych, które stały się możliwe dzięki opracowaniu przez Mariana Stępińskiego dużych komór jonizacyjnych, oraz pomiary momentów magnetycznych stanów rezonansowych, prowadzone z udziałem Lecha Łasonia. Fizycy z Łodzi zajmowali się także w Laboratorium Fizyki Neutronowej badaniem widm i rozkładów kątowych cząstek z reakcji jądrowych wywołanych m.in. przez trytony przyspieszane w akceleratorze elektrostatycznym Van de Graffa. Prowadzili też pod kierunkiem Stanisława Michalaka prace doświadczalne nad zjawiskiem promieniowania przejścia, którego teorię podał były dyrektor Laboratorium Fizyki Neutronowej, I.M. Frank.

Polska współpracuje również z ZIBJ w zakresie techniki akceleratorowej. Przykładami są m.in. zbudowane w warsztatach dubieńskich nowe duanty krakowskiego cyklotronu U-120 i przekazany nieodpłatnie magnes o średnicy 200 cm, który stał się załącznikiem uruchomionego na jesieni 1994 r. cyklotronu Środowiskowego Laboratorium Ciężkich Jonów w Warszawie. Doświadczenie w dziedzinie techniki akceleratorowej, jakie zdobył w ZIBJ w Oddziale Projektowania Akceleratorów kierowanym przez W.P. Dmitriewskiego Jerzy Schwabe, pozwoliło mu, po przyjeździe z Dubnej do Krakowa, zbudować i uruchomić w Instytucie Fizyki Jądrowej cyklotron izochroniczny AIC-144, który będzie używany m.in. w radioterapii hadronowej polegającej na niszczeniu nowotworów złośliwych przez ich napromienienie wiązkami przyspieszonych protonów lub wtórnych neutronów. Na przypomnienie zasługuje również udział polskich fizyków z Krakowa pod kierunkiem Adama Guły w prowadzonych w Laboratorium Problemów Jądrowych pracach nad mionową katalizą reakcji syntezy izotopów wodoru.



#### 4.2. Badania materii skondensowanej przy użyciu reaktora impulsowego

Jesienią 1957 r. została zorganizowana w Dubnej narada na temat wykorzystania do badań w zakresie fizyki neutronowej budowanego w Laboratorium Fizyki Neutronowej (LFN) reaktora impulsowego, którego idea pochodziła od D.I. Błochincewa. Wirujący element paliwowy przelatowywałby pomiędzy elementami paliwowymi statora i wtedy cały układ na moment stawałby się krytyczny, dając impuls szybkich neutronów o dużym natężeniu. We wspomnianej wyżej naradzie brali udział: dyrektor LFN, późniejszy laureat Nagrody Nobla, I.M. Frank, wicedyrektor LFN F.L. Szapiro, wysokokwalifikowani eksperci z Instytutu im. Kurczatowa z Moskwy oraz wydelegowani z poszczególnych krajów członkowskich fizycy neutronowi. Na naradzie dominowała idea wykorzystania reaktora w pierwszym rzędzie do badań w fizyce jądrowej. Inicjatywa krakowska (Jerzy Janik), aby reaktor ten wykorzystać do badań w fizyce materii skondensowanej, znalazła się pod ostrzałem silnej opozycji. Poparł ją jedynie F.L. Szapiro.

Niebawem fizycy z IFJ (Antoni Szkatuła, Andrzej Bajorek, Ireneusz Natkaniec) pracujący pod kierunkiem J. Janika i F.L. Szapiro, opracowali metodę nieelastycznego rozpraszania neutronów w tzw. „odwrotnej geometrii”, do badania dynamiki molekularnej ciał stałych i cieczy. Metoda ta polega na wyznaczaniu energii padających na badaną próbkę neutronów za pomocą pomiaru ich czasu przelotu oraz monochromatyzacji rozproszonych neutronów za pomocą polikrystalicznych filtrów lub monokryształów. Próbne prace doprowadziły do skonstruowania prototypowego spektrometru (A. Szkatuła), potem zaś spektrometru, który przez szereg lat był głównym źródłem informacji o widmie neutronów – tzw. spektrometru KDSOG (krakowsko-dubieński spektrometr odwrotnej geometrii) (A. Bajorek), a wreszcie, już przy nowym reaktorze IBR-2, spektrometru NERA o powiększonej energetycznej zdolności rozdzielczej (I. Natkaniec).

Fizycy z IBJ w Świerku i UW w Warszawie (Izabela i Jerzy Sosnowscy) pracujący pod kierunkiem Bronisława Burasa zastosowali metodę czasu przelotu do badania struktury kryształów za pomocą dyfrakcji neutronów. Opracowane wówczas w LFN w latach 60-tych metody czasu przelotu do badania dyfrakcji, a także nieelastycznego rozpraszania neutronów, znalazły szerokie zastosowanie w badaniach materiałów przy użyciu współczesnych impulsowych źródeł neutronów. Warto tu może zauważyć, że obecnie przy reaktorze IBR-2 dominują prace z dziedziny badania materii skondensowanej za pomocą wiązek neutronowych, a więc z dziedziny, która na wspomnianej wyżej naradzie spotkała się z opozycją fizyków jądrowych.

Krakowsko-Dubieński Spektrometr Neutronowy Odwrotnej Geometrii (KDSOG) zbudowany we współpracy IFJ-LFN został w 1970 r. zainstalowany

przy zmodernizowanym reaktorze impulsowym IBR-30, który był eksploatowany przy średniej mocy 20 kW do 1984 r. Obecnie spektrometr ten, po odpowiedniej modernizacji systemów automatyzacji i kontroli, jest eksploatowany jako KDSOG-M przy wysokostrumieniowym, impulsowym reaktorze badawczym IBR-2 o średniej mocy 2 MW. Tematyka badań prowadzonych za pomocą spektrometru KDSOG dotyczyła głównie badania dynamiki sieci i drgań wewnętrznych cząsteczek w kryształach, oraz stochastycznych ruchów molekularnych w ciekłych i plastycznych kryształach. Badania te prowadzone metodą nieelastycznego, niekoherentnego rozpraszania neutronów (IINS) wykorzystują duży przekrój czynny na to rozpraszanie na protonach. Jednakże dzięki dużej świetlności spektrometru KDSOG-M uzyskano możliwość badania przy reaktorze IBR-2 także próbek nie zawierających wodoru lub też tylko jego śladowe ilości. Aktualna tematyka badawcza dotyczy głównie badania dynamiki absorbowanych cząsteczek, dynamiki kompozytów i nanomateriałów oraz dynamiki sieci nadprzewodników wysokotemperaturowych. Za pomocą spektrometru KDSOG-M prowadzone są również badania energii wzbudzeń elektronów w polu krystalicznym, co pozwala na wyznaczenie parametrów tego pola, i badania „uwspólnienia” elektronów 4f w stopach i związkach metali ziem rzadkich, wykazujących własności ciężkich fermionów lub związków o zmiennej wartościowości.

Badania materiałowe prowadzone przy użyciu współczesnych źródeł neutronów wymagają również wysokiej zdolności rozdzielczej zarówno w badaniach strukturalnych prowadzonych metodą dyfrakcji neutronów jak i w badaniach dynamiki prowadzonych metodą spektroskopii neutronowej. Przy użyciu reaktora IBR-2 możliwe było połączenie tych dwóch metod w nowym spektrometrze NERA-PR zbudowanym we współpracy IFJ-LFN, pod kierunkiem I. Natkańca. Spektrometr ten uruchomiony w 1992 r. jest obecnie jednym z najlepszych w tej klasie przyrządów, służących do badania sytuacji fazowej i dynamiki molekularnej materiałów zawierających wodór i charakteryzujących się złożonym poliformizmem. We współpracy z Instytutem Fizyki UAM w Poznaniu (Wojciech Nawrocik) i Centrum Badań Wysokich Ciśnień PAN „UNIPRESS” w Warszawie, spektrometr ten został wyposażony w aparaturę pozwalającą na prowadzenie badań w zależności od ciśnienia (do 500 MPa), w zakresie temperatur 10–300 K. Możliwości badawcze tego spektrometru znajdują odzwierciedlenie w dużej liczbie propozycji eksperymentów (dwukrotnie przewyższającej czas pracy reaktora IBR-2) zgłaszanych przez różne grupy badawcze z Rosji, Polski, RFN i Francji.

Fizycy z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie pod kierunkiem Andrzeja Olesia uczestniczyli w oprzyrządowaniu spektrometru neutronów współpracującego z silnymi impulsowymi polami magnetycznymi. Aparatura ta pozwoliła na

wykonanie badań nietrywialnych zjawisk związanych z uporządkowaniem w magnetykach.

Laboratorium Fizyki Neutronowej (obecnie im. I.M. Franka), zarówno ze względu na posiadane możliwości jak i osiągnięte wyniki, znajduje się w czołówce światowej. Konkurencyjne laboratoria to: Instytut Lauego-Langevina w Grenoble, Rutherford Appleton Laboratory w Anglii, Brookhaven National Laboratory w USA i Los Alamos National Laboratory w USA. Na świecie występuje pewien deficyt wiązek neutronowych, tak że we wszystkich tych laboratoriach (oraz w Dubnej) występuje konieczność selekcji projektów eksperymentów. Są one poddawane ocenie ekspertów, dla podjęcia decyzji co do kolejności realizacji jak i przydzielonego czasu (oczywiście w przypadku nieodrzucenia przez ekspertów danej propozycji).

Przynależność Polski do ZIBJ pozwala na uczestnictwo w wiodących w skali światowej badaniach neutronowych. Jak wspomniano, LFN znajduje się w grupie pięciu najbardziej zaawansowanych w badaniach neutronowych laboratoriów świata i nie tracąc przy konfrontacji z nimi swojej wyraźnej specyfiki, związanej z wyjątkowym charakterem reaktora impulsowego, posiada status partnera w tej grupie.

#### *4.3. Fizyka wysokich energii*

Kiedy w 1955 r. powstawał Zjednoczony Instytut Badań Jądrowych, w Polsce istniały zespoły zajmujące się fizyką wysokich energii i fizyką cząstek elementarnych. W Krakowie, pod kierunkiem Mariana Mięśowicza, prowadzone były prace dotyczące promieniowania kosmicznego. W Warszawie natomiast, po odkryciu przez Mariana Danysza i Jerzego Pniewskiego pierwszego hiperjądra, kontynuowano głównie badania z fizyki hiperjądrowej. Zresztą tradycja badań z zakresu fizyki wysokich energii sięgała w naszym kraju wczesnych lat trzydziestych. Pozwoliło to fizykom polskim nawiązać w tej dziedzinie partnerską współpracę z ZIBJ już wkrótce po jego utworzeniu. Pierwsze wspólne badania były prowadzone techniką emulsji jądrowych, do czego były już wcześniej przygotowane zespoły w Warszawie i w Krakowie. Bliskie kontakty fizyków polskich z fizykami z Dubnej ułatwiała osoba Mariana Danysza, który był jednocześnie wicedyrektorem ZIBJ i kierownikiem warszawskiego zespołu fizyki wysokich energii.

Bardzo ważnym wydarzeniem stało się dla ZIBJ, a także dla polskiej fizyki, uruchomienie synchrofazotronu, który pozwolił prowadzić eksperymenty z cząstkami o energii wielu gigaelektronowoltów. Emulsje jądrowe naświetlone wiązkami cząstek z tego akceleratora umożliwiały prowadzenie badań w laboratoriach poza ZIBJ. Były one analizowane wspólnie przez fizyków z Dubnej,

również przebywających tam fizyków polskich, oraz w Polsce. Także zbudowana w Laboratorium Fizyki Wysokich Energii 55-litrowa propanowa komora pęcherzykowa umożliwiła prowadzenie prac z dala od akceleratora. W Warszawie Ryszard Sosnowski, a następnie w Krakowie Oleg Czyżewski zorganizowali zespoły analizujące zarejestrowane przez tę komorę oddziaływania. Oznaczało to wprowadzenie do badań z fizyki wysokich energii prowadzonych w Polsce tematyki związanej z tym nowym urządzeniem – komorą pęcherzykową. Pierwsza praca z tego zakresu wykonana w Warszawie dotyczyła rozpraszania mezonów  $\pi^-$  o energii 7 GeV na kwaziswobodnych protonach. Praca ta była prowadzona w ścisłej współpracy z fizykami węgierskimi. Fizycy krakowscy pod kierunkiem Olega Czyżewskiego rozpoczęli na materiałach z tej komory analizę nieelastycznych zderzeń wysokoenergetycznych mezonów  $\pi^-$  z jądrami węgla.

Uruchomienie w CERN-ie pod Genewą w 1959 r. akceleratora przyspieszającego protony do energii 28 GeV spowodowało, że znaczna część polskich zespołów fizyki wysokich energii przeszła do eksperymentów prowadzonych za pomocą tego akceleratora. Pierwsze prace wykorzystujące dane z akceleratora w CERN-ie polegały na analizie filmów z komory pęcherzykowej. Właśnie dzięki wcześniejszej współpracy z ZIBJ prowadzonej na materiałach otrzymywanych z komory pęcherzykowej, polskie pracownie posiadały niezbędną aparaturę pomiarową oraz doświadczenie.

Część polskich fizyków wysokich energii kontynuowała jednak badania w Dubnej lub w ścisłej z nią współpracy. Mimo istniejących poza ZIBJ akceleratorów nadających cząstkom znacznie wyższe energie niż akcelerator dubieński, w laboratoriach ZIBJ powstawały nowe, często zupełnie wyjątkowe metody badawcze, które przyciągały polskich fizyków i inżynierów, a które warto tu wymienić.

W.A. Nikitin z Laboratorium Wysokich Energii opracował metodę pracy z cienką tarczą wprowadzoną do wewnętrznej wiązki akceleratora. Pozwoliło to badać rozpraszanie elastyczne protonów na protonach zachodzące pod bardzo małymi kątami czyli w obszarze wówczas szczególnie interesującym. Metoda ta została następnie zastosowana także do badania fragmentacji lekkich jąder wprowadzanych do wiązki. W pracach tych aktywnie uczestniczyli fizycy i technicy z Warszawy z zespołu Przemysława Zielińskiego.

W LWE pracowała komora pęcherzykowa, w której cieczą roboczą był ciekły ksenon. Posiadała więc bardzo wysoką wydajność rejestracji promieniowania  $\gamma$ . Polscy fizycy z Krakowa i z Warszawy (Zbigniew Strugalski) prowadzili za pomocą tej komory badania, bądź to przebywając na dłuższych pobytach naukowych w ZIBJ, bądź to analizując dane z komory w swych macierzystych laboratoriach.

Poza protonami, za pomocą synchrofazotronu przyspieszano także do energii gigaelektronowoltowych lekkie jądra atomowe. Wiązki takich jąder nie były wówczas osiągalne w innych ośrodkach akceleratorowych. Umożliwiało to badanie w Dubnej zderzeń przyspieszonych jąder z jądrami tarczy przy energii kilku GeV na nukleon pocisku – wówczas największej na świecie. Naświetlane takimi wiązkami emulsje jądrowe stanowiły przedmiot badań także polskich fizyków.

Przy badaniu zderzeń dwóch jąder atomowych istotna jest znajomość jądra tarczy, z którym nastąpiło zderzenie, co nie zawsze było możliwe gdy wiązka oddziaływała w emulsji jądrowej. Zastosowanie komór śladowych z wprowadzoną do ich wnętrza tarczą wydawało się najprostszym rozwiązaniem. Okazało się jednak, że tylko w Dubnej potrafiąco do wnętrza komory „streamerowej” SKM-200 wprowadzać tarcze metalowe bez zakłócenia pracy komory. W analizie uzyskanych w ten sposób materiałów także uczestniczyli fizycy z Warszawy (Ewa Skrzypczak).

Do badania reakcji protonów z lekkimi jądrami używa się na ogół wiązek protonów o wysokiej energii padających na tarcze jądrowe. Niestety, bardzo powolne fragmenty rozbijanego jądra są wówczas niedostępne obserwacjom, gdyż mają zbyt małą energię. W Dubnej w LWE zastosowano do tych badań sytuację zwierciadlaną. Protony były w spoczynku w postaci ciekłego wodoru wypełniającego komorę pęcherzykową, do której wprowadzana była wiązka przyspieszonych deuteronów i cząstek  $\alpha$ . Warszawscy fizycy (zespół P. Zielińskiego) brali udział w badaniach wykorzystujących otrzymane w ten sposób dane.

Kolejnym przełomem w badaniach z fizyki wysokich energii w ZIBJ było uruchomienie w Instytucie Fizyki Wysokich Energii w Sierpuchowie akceleratora dostarczającego protony o najwyższej osiąganym wówczas energii 70 GeV. Umowa pomiędzy ZIBJ i tym Instytutem umożliwiła również polskim fizykom prowadzenie prac z wykorzystaniem wiązek z tego akceleratora. Fizycy krakowscy (K. Rybicki), we współpracy z Dubną, Moskiewskim Uniwersytetem Państwowym i Ałma-Atą, podjęli niezwłocznie (1968 r.) analizę oddziaływań mezonów  $\pi^-$  o energii 60 GeV w emulsji jądrowej. Badania te następnie rozszerzono na energię 45 GeV oraz wysokoenergetyczne protony, powiększając jednocześnie zespół o fizyków z Sofii, Taszkientu i Ułan Bator.

Na wiązce mezonów  $\pi^-$  o energii 40 GeV w Sierpuchowie pracowała zbudowana w LWE ZIBJ propanowa komora pęcherzykowa o pojemności 2 m<sup>3</sup>. Otrzymywane z niej materiały były analizowane przez fizyków z wielu laboratoriów w wielu krajach. Znakomicie była zorganizowana wspólna praca tych ośrodków, którą kierował W.G. Griszin z LWE. W ciągu kilkuletniej współpracy opublikowano liczne wyniki dotyczące procesu wielorodnej produkcji cząstek w zderzeniach przy wysokich energiach. Współpraca ta obejmowała geograficznie obszar

od Krakowa do Hanoi. Po zgromadzeniu dostatecznie dużego materiału dotyczącego oddziaływań mezonów  $\pi^-$ , komorę tę wykorzystano do badania oddziaływań lekkich jąder atomowych (d,  $^4\text{He}$  i  $^{12}\text{C}$ ) z jądrami zawartego w propanie węgla oraz tantalu wprowadzonego w postaci tarczy.

Jedna z prac prowadzona przy akceleratorze w Sierpuchowie przez zespół z LWE przyciągnęła dość liczne grono polskich fizyków i inżynierów z Krakowa (Michał Turała i in.) i Warszawy (Wojciech Gajewski, Zbigniew Guzik). Miała ona na celu badanie rozpraszania mezonów  $\pi^-$  na elektronach i pomiar czynnika kształtu (formfaktora) mezonu. Poza badaniami rozpraszania  $\pi^-$ -elektron przeprowadzony został także pomiar rozpraszania elastycznego mezonów na protonach. Doświadczenia zdobyte w tych pracach zaowocowały utworzeniem w Krakowie pracowni detektorów bezfilmowych, co umożliwiło następnie fizykom krakowskim uczestniczenie w wielu eksperymentach przy coraz wyższych energiach.

W celu badania dyfrakcyjnej dysocjacji mezonów w Laboratorium Problemów Jądrowych został zbudowany z inicjatywy R. Sosnowskiego Magnetyczny Spektrometr Iskrowy – MIS, który został zainstalowany na wiązce ujemnych mezonów w IFWE w Sierpuchowie. Prace prowadzone za pomocą tego spektrometru pozwoliły zaobserwować nowe stany wzbudzone mezonów. Począwszy od projektowania spektrometru aż do analizy danych otrzymanych za jego pomocą w pracach uczestniczyli fizycy z Warszawy.

Przedstawione tu przykłady pokazują, że polskie zespoły zajmujące się badaniami z fizyki wysokich energii prowadziły wielostronną współpracę z zespołami ZIBJ. Dzięki temu w polskich laboratoriach zostały wprowadzone nowe metody badawcze. Dwukrotnie w okresie istnienia ZIBJ współpraca z tym Instytutem umożliwiała polskiemu zespołowi prace przy akceleratorach osiągających w danym czasie najwyższe w świecie energie. Pozwoliło to im prowadzić badania nad najbardziej aktualnymi problemami fizyki wysokich energii.

#### 4.4. Fizyka teoretyczna

Aby instytut fizyki teoretycznej był atrakcyjnym partnerem współpracy, musi skupiać odpowiednio dużą liczbę wybitnych teoretyków i być wyposażony w łatwo dostępną i dobrze zaopatrzoną bibliotekę oraz musi być włączony do potężnej obliczeniowej i informacyjnej sieci komputerowej. Przez wiele lat Laboratorium Fizyki Teoretycznej (LFT) ZIBJ spełniało te warunki i wielu polskich fizyków teoretyków nawiązało z nim współpracę wyrażającą się długo- i krótkoterminowymi pobytami w Dubnej. W odróżnieniu od sytuacji polskich stażystów w zakresie doświadczalnej fizyki jądrowej, w LFT od początku jego istnienia polscy fizycy-teoretycy stali się partnerami współpracy. Na pierwsze dłuższe pobyty wyjechali do Dubnej dwaj znani profesorowie fizyki teoretycznej Jan Rzewuski i Je-

rzy Rayski o znaczącym dorobku naukowym. Ich ocena możliwości współpracy i nawiązane kontakty naukowe przyczyniły się do tego, że mieliśmy później ponad trzydziestoletni „złoty okres” współpracy między LFT i wieloma polskimi uczelniami i instytutami. Laboratorium Fizyki Teoretycznej w Dubnej stworzone przez N.N. Bogolubowa, D.I. Błochincewa, W.G. Sołowiewa, W.M. Ogijewickiego i wielu innych mistrzów badań teoretycznych, do których dołączyło wkrótce grono młodych adeptów, osiągnęło wysoką rangę światową, której dotychczas nie utraciło. Główne kierunki wspólnych badań: kwantowa teoria pola, teorie cząstek elementarnych, teoria jądra atomowego oraz teoria ciała stałego zaowocowały setkami prac naukowych z udziałem polskich fizyków, wśród których jest wiele cytowanych w światowej literaturze jako prace klasyczne. Ponad 70 długoterminowych staży, niezliczone krótkie wizyty, udział w seminariach, konferencjach i sympozjach w Dubnej oraz częsty udział pracowników LFT w szkołach i konferencjach organizowanych w Polsce czyniły tę współpracę żywą i owocną, co może potwierdzić kilka wybranych przykładów.

Wyniki prac wykonanych w 1959 r. przez Zygmunta Galasiewicza we współpracy z N.N. Bogolubowem (teoria anizotropowej fazy nadciekłej w układzie fermionów) zostały w 1972 r. potwierdzone eksperymentalnie (nadciekłość  $^3\text{He}$ ) co przyniosło światowy rozgłos autorom teorii. Pracujący w grupie W.G. Sołowiewa Władysława Nawrocka i Andrzej Pawlikowski oszacowali dokładność metody Bogolubowa w zastosowaniu do opisu jąder atomowych i podali w ten sposób jej wariant dotyczący układów skończonych. Metoda ta stała się podręcznikowym fragmentem teorii jądra i jest powszechnie stosowana. Wyniki prac Zbigniewa Bochnackiego (z S. Ogazą i J. Michajłowem) wprowadzających polaryzację spinową do efektywnych oddziaływań w jądrze weszły na stałe do teorii jądra atomowego. We współpracy z fizykami dubieńskimi Adam Sobiczewski przewidział (wspólnie z D.A. Arseniewem i W.G. Sołowiowem) istnienie nowego obszaru jąder zdeformowanych z otoczenia neutrononadmiarowych jąder molibdenu ( $A \approx 100$ ) oraz wyznaczył (wspólnie z F.A. Gariejewem i B.N. Kalinkinem) liczby magiczne hipotetycznego, sferycznego jądra superciężkiego. Prace teoretyczne Adama Sobiczewskiego poświęcone istnieniu obszaru zwiększonej stabilności zdeformowanych jąder transfermowych, wykonane przez grupę polską, ale w ścisłym kontakcie z eksperymentatorami dubieńskimi (J.C. Oganessian i wspólnie), znalazły ostatnio potwierdzenie eksperymentalne, co przyniosło rozgłos ich autorowi. Aktywnie i ze świetnymi rezultatami pracowali Polacy w grupie teorii fazy skondensowanej materii stworzonej przez S.W. Tiablikowa i D.N. Zubariewa. Znane i szeroko cytowane są prace J. Czerwonki. Seria prac H. Konwenta została nagrodzona premią ZIBJ. Nie do pominięcia są również wyniki prac T. Paszkiewicza, K. Parlińskiego, J. Przystawy i małżeństwa Taranko. Poza wymienionymi dziedzinami

fizyki teoretycznej rozwijana jest w LFT optyka kwantowa. Do tych badań wniósł istotny wkład Ryszard Tanaś. Wielu polskich profesorów fizyki teoretycznej przyznaje się do współpracy z LFT i ocenia ją jako ważną i znaczącą dla ich kariery naukowej.

W ostatnim dziesięcioleciu, z przyczyn pozanaukowych, długoterminowe (ponad 1 semestr) wyjazdy Polaków do LFT stały się rzadkością. Nie ustają jednak kontakty w postaci krótkoterminowych wizyt i udziału w konferencjach i sympozjach. Nadal powstają wspólne prace naukowe publikowane w dobrych światowych czasopismach. Wzrosła liczba zaproszeń do Polski teoretyków z LFT na krótkie staże, które zapraszający finansują ze skromnych środków polskich placówek naukowych a także z własnych grantów, co świadczy o istotnym zainteresowaniu obu stron.

Należy docenić aktywność dyrekcji ZIBJ i wysiłki dyrekcji LFT w kierunku uzupełnienia i rozszerzenia bazy komputerowej, która aktualnie jest niezła. Biblioteka mieszcząca się w budynku LFT, po krótkim okresie załamania, uzupełnia na bieżąco swoje zbiory. Dotyczy to zarówno książek jak i czasopism naukowych.

Laboratorium Fizyki Teoretycznej organizuje w ZIBJ bardzo wiele szkół, konferencji i spotkań roboczych. Mimo skromnego budżetu Instytutu, dzięki sponsorującym te imprezy instytucjom krajów członkowskich (ale nie tylko), a także dzięki entuzjazmowi i aktywności przede wszystkim młodych pracowników naukowych LFT w ostatnich dwóch latach zorganizowano ich kilkadziesiąt. Stanowią one forum gorących a nawet ostrych dyskusji na aktualne tematy fizyki teoretycznej. Uczestnictwo w tych spotkaniach jest wysoko oceniane przez polskich fizyków, gdyż pozwala im utrzymać kontakt ze świetnymi teoretykami biorącymi w nich udział.

Zjednoczony Instytut Badań Jądrowych stworzył jeszcze jedno forum współpracy międzynarodowej przez utworzenie w 1994 r. Międzynarodowego Uniwersytetu pod hasłem „Przyroda, środowisko, człowiek”, w którym wykładać mają wybitni specjaliści z różnych krajów, a studenci będą się też z różnych krajów rekrutować.

## 5. Znaczenie i strategia przyszłej współpracy z ZIBJ

Współpraca polskich instytutów i uczelni z ZIBJ w znacznej mierze jest kształtowana przez środowisko naukowe naszego kraju. Przy Państwowej Agencji Atomistyki, która reprezentuje polskie interesy w ZIBJ działa Rada ds. Atomistyki, a w niej Podkomisja Współpracy z ZIBJ, w skład której wchodzi przedstawiciele instytutów i uczelni zainteresowanych tą współpracą. Podkomisja formułuje zasady współpracy dążąc do możliwie najlepszego wykorzystania polskiej



składki płaconej ZIBJ. W szczególności rozpatruje wnioski polskich zespołów w ZIBJ o coroczne dofinansowanie w ramach polskiej składki członkowskiej zakupu aparatury i materiałów, aprobuje propozycje delegowania do ZIBJ nowych pracowników lub przedłużenia ich pobytów w Dubnej, składane przez współpracujące z ZIBJ polskie placówki naukowe, oraz ocenia celowość wyjazdów krótkoterminowych.

Podkomisja opracowała również strategię współpracy polskich placówek naukowych z ZIBJ, która pozwoli prowadzić wydajną współpracę przy równoczesnym ograniczeniu długoterminowych pobytów naszych pracowników w Dubnej. W zasadzie (od czego mogą być oczywiście uzasadnione wyjątki, np. grupy teoretyczne), w laboratoriach ZIBJ powinny pracować kilkusobowe zespoły z Polski. Z każdego zespołu liczba osób przebywających w Dubnej powyżej 6 miesięcy powinna się ograniczać do jednej lub dwóch, które można by nazwać rezydentami. Ich rolą byłoby dbanie o sprawność aparatury pomiarowej oraz jej rekonstrukcja i unowocześnianie. Rezydenci w porozumieniu z resztą zespołu negocjowaliby terminy i czas wykorzystania dużego urządzenia, które stanowi podstawę realizowanego projektu. Na okres przeprowadzania eksperymentu do Dubnej przyjeżdżaliby na krótko (np. na jeden lub dwa tygodnie) ci członkowie zespołu, którzy są niezbędni do wykonywania pomiarów. Opracowaniem wyników zajmowaliby się pozostający w ZIBJ rezydenci, a w Polsce – ekipa pomiarowa powracająca z Dubnej i inni członkowie zespołu.

Udział Polski w ZIBJ zapewnia polskim zespołom naukowym dostęp do istniejących w Dubnej kilku unikatowych w skali światowej urządzeń badawczych, co przy właściwej strategii współpracy stwarza możliwość wykonywania w wybranych kierunkach wartościowych prac naukowych. Aby te możliwości wykorzystać należy uczestniczyć w działaniach zmierzających do pełnego umiędzynarodowienia i modernizacji ZIBJ oraz do wyeliminowania niekorzystnych zjawisk, które miały ujemny wpływ na funkcjonowanie Instytutu. Jedno z nich to wada „systemowa”, z powodu której ZIBJ przegrywał na forum wielkich światowych urządzeń badawczych dla fizyki. Było nią przedłużanie się procesów inwestycyjnych, niezgodne z początkowym harmonogramem. Doskonały pomysł nowego urządzenia był często realizowany z tak dużym opóźnieniem, że urządzenie przestawało być wyjątkowe w skali światowej. Wynikało to z ograniczenia budżetu i niemożności równoległej budowy wielu urządzeń, mimo że każda z nich była trafną inicjatywą. Przy tym oszczędności finansowe odbijały się na niekompletnym na ogół oprzyrządowaniu budowanych urządzeń, niezbędnym do skutecznego prowadzenia badań. Nawet początkowo unikatowe narzędzie badawcze szybko traciło swą bezkonkurencyjność wobec pojawiania się podobnych rozwiązań w innych ośrodkach na świecie.

Korzyści płynące z członkostwa Polski w Dubnej nie ograniczają się tylko do możliwości uczestnictwa w bardzo wartościowych, a w niektórych dziedzinach wiodących w skali światowej badaniach naukowych. Jest rzeczą oczywistą i obecnie powszechnie uznaną przez opinię światową, że poziom kształcenia fizyków w Związku Radzieckim był niezwykle wysoki. Widać to choćby na przykładzie wygrywania przez fizyków z terenu byłego Związku Radzieckiego wielu konkursów na stanowiska profesorskie w różnych krajach. Otóż, mimo że ZIBJ jest instytutem międzynarodowym, przeważają w nim fizycy rosyjscy, a członkostwo Polski w Dubnej znakomicie ułatwia kontakty polskich fizyków z tym najwyższej klasy środowiskiem intelektualnym rosyjskich uczonych. Ponadto, niezależnie od tego jak potoczy się historia, Polacy i Rosjanie muszą nauczyć się współzycia. Doskonałą jego szkołą są wspólnie prowadzone badania naukowe. Międzynarodowa współpraca w dziedzinie badań podstawowych odgrywa wielką rolę w wytwarzaniu atmosfery wzajemnego zrozumienia i poszanowania. Uczeni przyczyniają się do odprężenia w stosunkach międzynarodowych i torują drogę innym kontaktom. Możemy z doświadczenia powiedzieć, że czterdziestoletnia współpraca z ZIBJ zaowocowała wysokim poziomem przyjaźni i wzajemnej lojalności.

Autorzy dziękują za materiały uzyskane od polskich uczestników współpracy z ZIBJ, w szczególności profesorom Andrzejowi Budzanowskiemu, Władysławie Nawrockiej i Marianowi Przytule oraz dr. hab. Antoniemu Potempie i dr. Ireneuszowi Natkańcowi.

## WSPOMNIENIA – ROCZNICE

### Jubileusz fizyki na Hożej

#### Jubilee of physics at the Hoża street

*Abstract:* Celebration of the 75th anniversary of the Warsaw University center of physics, situated at 69, Hoża street in Warsaw, is described.

#### Jubileusz na Hożej

Jesteśmy ostatnio świadkami wielu jubileuszy placówek naukowych w Polsce i towarzyszącego im rozdawania doktoratów *honoris causa*. Są to uroczystości poświęcone 40-, 45- lub 50-leciom uniwersytetów i instytutów, które powstały w ciągu pierwszych lat po II wojnie światowej. Jubileusz 75-lecia fizyki na Hożej różnił się od innych uroczystości tego typu. Po pierwsze sięgał korzeniami do lat odbudowy nauki polskiej po 150-letnim braku suwerenności kraju, a po drugie miał szerszy wymiar



od uroczystości zamykającej się w ramach jednej instytucji. Silne więzy personalne fizyki na Hożej nie tylko z fizyką w innych placówkach warszawskich, ale także z fizyką w innych polskich ośrodkach naukowych sprawiły, że obchodzony w końcu stycznia jubileusz był świętem całej polskiej fizyki. Zaproszeni goście spoza granic Polski i ich wykłady na dwudniowej sesji naukowej pt. „Fizyka na przełomie stuleci” uświetniły uroczystość i nadały jej międzynarodowy charakter.

Przygotowania do jubileuszu trwały wiele miesięcy. Dzięki pracy 13-osobowego Komitetu Organizacyjnego, pod wodzą dziekana Wydziału Fizyki,

prof. Krzysztofa Ernsta, i pozyskaniu 11 instytucji, fundacji, wydawnictw naukowych i firm sponsorujących imprezę, miała ona bogatą i elegancką oprawę. Wyrazem tego było sute przyjęcie wieczorem 28 stycznia dla ponad 400 osób w pięknych salach Senatu i Złotej Pałacu Kazimierzowskiego Uniwersytetu Warszawskiego. Ja też tam byłem, kawior jadłem i wino piłem, i miałem okazję spotkać nie tylko znajomych fizyków, reprezentujących ośrodki naukowe Polski, ale także szerokie grono admiratorów i sympatyków fizyki oraz przedstawiciele profesji, które z fizyką są w różny sposób powiązane.

Zaproszeni goście otrzymali podczas uroczystości starannie wydane opracowanie *75 lat fizyki na Hożej*. Jest to praca zbiorowa pod redakcją Marty Kicińskiej-Habior i Andrzeja Kajetana Wróblewskiego. Oprócz bogato ilustrowanych artykułów obrazujących historię i osiągnięcia naukowe zakładów i pracowni Instytutu Fizyki Doświadczalnej, Instytutu Fizyki Teoretycznej, Instytutu Geofizyki i Środowiskowego Laboratorium Ciężkich Jonów, opracowanie zawiera imienny spis absolwentów fizyki, geofizyki i astronomii od 1946 r. (ponad 2800 osób) oraz wykaz doktoratów nadanych w ostatnim 40-leciu z podaniem tytułów rozpraw doktorskich i nazwisk promotorów (469 osób). Nawet pobieżny rzut oka na te spisy pokazuje jak wielu absolwentów Hożej jest dziś nie tylko znanymi fizykami w różnych polskich (i nie tylko) ośrodkach naukowych, ale również pełni i pełni odpowiedzialne funkcje w życiu politycznym i gospodarczym kraju oraz w organach administracji państwowej. Potwierdza to opinię, że studia fizyki mogą być kuźnią wysoko kwalifikowanych kadr w bardzo różnych dziedzinach.

Sesja naukowa „Fizyka na przełomie stuleci” rozpoczęła się oficjalną inauguracją w postaci przemówień Jego Magnificencji Rektora Uniwersytetu Warszawskiego Profesora Włodzimierza Siwińskiego i Prezydenta Miasta Stołecznego Warszawy Pana Marcina Świąćickiego. Pan Rektor Włodzimierz Siwiński podkreślił, że 75-lecie fizyki na Hożej zbiega się z 400-leciem Warszawy i 180 rocznicą powstania Uniwersytetu Warszawskiego uznając fizykę za chlubę tej uczelni, a Pan Prezydent Marcin Świąćicki wyraził opinię, że obchody 400-lecia Warszawy są godnie uświetnione jubileuszem fizyki, która w życiu naukowym i kulturalnym stolicy odegrała niepoślednią rolę.

Ucztą naukową były referaty 10 zaproszonych, światowej sławy uczonych, w tym dwóch obecnych na sesji laureatów Nagrody Nobla, Ilji Prigogina i Herberta Hauptmana. Trzeci laureat Nagrody Nobla, Aleksander Prochorow nie mógł wziąć udziału, ale przysłał tekst swego wykładu, który zostanie opublikowany w sprawozdaniu z sesji. Referaty innych gości zagranicznych: F.T. Arecchiego, H. Müllera-Krumbhaara, R. Maynarda, H. Fritzscha, A. Aspecta, S. Kullandera i H. Schoppera, dotyczyły aktualnych, fascynujących problemów fizyki. Warto zaznaczyć, że obecność prof. Herwiga Schoppera, byłego dyrektora generalnego



Gmach Instytutu na Hożej w 1936 r.

CERN-u, przewodniczącego Europejskiego Towarzystwa Fizycznego i członka Rady Naukowej Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej, miała nie tylko naukowe ale również symboliczne znaczenie. Była ona wyrazem powiązań fizyki polskiej z nauką światową i jej wagi na terenie międzynarodowym. Stronę polską na Sesji, oprócz osób zabierających głos w dyskusji, reprezentował wykład prof. Andrzeja Kajetana Wróblewskiego o fizyce na Hożej wczoraj, dziś i jutro. Profesor Wróblewski w mistrzowski sposób przedstawił historię Instytutu przy Hożej 69, jego korzenie i powiązania z fizyką polską i światową, cytując interesujące dokumenty, które przypomniały słuchaczom zarówno blaski jak i tragiczne losy fizyki polskiej, powiązanej z niełatwą historią naszego kraju. Bardzo zachęcam do przeczytania artykułu prof. A.K. Wróblewskiego „Zarys dziejów uniwersyteckiego ośrodka fizyki na Hożej” zamieszczonego we wspomnianej już pracy zbiorowej oraz jego artykułu na ten temat w *Wiedzy i Życiu*, zeszyt 1 (1996), s. 36.

W ramach jubileuszu w kilku salach Instytutu Fizyki Doświadczalnej została zorganizowana wystawa dla szerszej publiczności, składająca się z kilku części prezentujących historię 75 lat, książki wydane przez ludzi z Hożej, cenniejsze wy-

niki badań z kilku ostatnich lat podane w postaci ok. 40 plansz oraz pokaz kilku ciekawych urządzeń badawczych, przygotowany przez Zakład Dydaktyki Fizyki. W sposób ciągły można było oglądać wycinki z programów telewizyjnych dotyczących fizyki na Hożej. Były również zorganizowane stanowiska wydawnictw PWN i WNT, co pozwoliło zakupić najnowsze bestsellery związane z fizyką. Stoisko miesięcznika *Delta* oferowało nieodpłatnie numery z ostatnich dwóch lat.

Cieszę się, że mogłem wziąć udział w tych uroczystościach, które były prawdziwym świętem dla polskich fizyków.

Andrzej Hrynkiewicz, Kraków

### Wielkie Spotkania: 75-te gody hożej fizyki

Na ten Dzień Jubileuszowy czekaliśmy  $42 \pm 3$  lata, pełni nadziei na spotkanie marzeń: spotkanie z kolegami-twórcami polskiej fizyki, którzy ją w świecie rozślawiają (a przy okazji siebie samych).

Rzecz idzie o parę roczników wczesno-powojennych (1945–50). Idąc na to podniecające (w założeniu roboczym) spotkanie zastanawialiśmy się nad istotnym problemem fizycznym: Czy jest w Polsce fizyk, którego ominęła Fizyka na Hożej? Ponoć najstarsi fizycy nie pamiętają takiego przypadku. Do tym większego błędu, jaki wdarł się do książeczki: *75 lat fizyki na Hożej*, urasta pominięcie paru fizyków, którzy i studia całe i asystenturę i pracę magisterską, a nawet doktorską na Hożej robili; czy był to błąd pomiarowy doświadczalników czy obliczeniowy teoretyków przyszłość pokaże. Nakazem chwili jest poprawienie tych i innych niedociągnięć i udoskonalenie cennej książeczki. Kolega A.K. Wróblewski, świetny znawca anegdot o fizykach zagranicznych (patrz *Wiedza i Życie*), zapewne tym razem polskich fizyków pominąć nie pozwoli. A może warto pokusić się o napisanie „Księgi Pamiątkowej Fizyki Polskiej też i Tej Niehożowej”. Cenny materiał zebrała była kilka lat temu nieodżałowanej pamięci pani Zofia Mizgier; warto do niego sięgnąć! Ale o tem potem. Wróćmy do 75-lecia.

Wielu z nas ze słynnych roczników 45–50 tego stulecia idąc na to historyczne spotkanie w Pałacu Kazimierzowskim UW postanowiło wysilić i zmysły i inteligencję do granic możliwości, tak aby rozpoznać kolegów, których się 15, 20, 25, a nawet 30 lat nie widziało. W paru przypadkach udało się to. Jeszcze w palcie będąc rzuca się na mnie jakiś grubawy a i siwawy facet i „cześć” wykrzykuje. Sekundy mijają, pamięć wysilam, a skutków pozytywnych brak; ale jedno słowo powiedział i po sposobie mówienia poznaję; więc „witaj właścicielu komety”. Był to „półfizyk”, słynny astronom. Ze smutkiem odpowiada, że kometa jego imienia



Spotkanie towarzyskie w Sali Senatu UW w Pałacu Kazimierzowskim.

już nigdy nie wróci, bo po hiperboli w kosmos uleciała. Więc mu życzę, aby odkrył inną o bardziej eliptycznej orbicie, tak aby choć za 100 lat wróciła i jego liczne prawnuki mogły ją podziwiać i chwalić się wielkim pradziadkiem. Ledwo Konrad do szatni powędrował, a nadchodzi „pełny” tym razem fizyk (bo teoretyk), który rzeczywiście „nic się nie zmienił” a i mnie za niezmienionego uznał, bowiem od razu po imieniu mnie wita; a i ja jego: „witaJ Wojtku”; pytam też dlaczego Zosia (żona) – też Hożej wychowanka – nie przybyła.

A potem przy wielkich stołach przysmakami zastawionych odbywała się główna uczta spotkaniowa i wspomnieniowa. A ze ścian obserwowali nas ich magnificencje rektorzy UW, a wśród nich jedyny trzykrotny rektor Stefan Pieńkowski, główny twórca Hożej.

Fizyków i fizyko-podobnych ludzi przybyło wielu, chyba grubo ponad setkę. Wydaje się, że przeważały roczniki powojenne, ci którzy studia ukończyli przed rokiem 1963; młodszych fizyków, mimo że jest ich więcej, przybyło niewielu; nie czuli widocznie jeszcze potrzeby tego typu spotkań. Z przedwojennych przybył nestor już obecnie fizyków Hożej, Tadeusz Skaliński, znany i wspominany przez pierwsze roczniki powojenne jako Kierownik II Pracowni Fizycznej, który wraz z nieodżałowanej pamięci laborantem Krzyżanowskim utrzymywali porządek i wysoki poziom naukowy Pracowni. Każdy z nas ma wiele z tego okresu wspomnień. Jedno opowiem. Parę godzin łączyłem wielką liczbę przewodów do pomiarów lamp elektronowych, różnych triod, diod, tetrod, pentod (o istnieniu

ich nie wiedzą już młodzi fizycy, a myśmy musieli je badać). Kiedy skończyłem i poprosiłem Kierownika (w tych zamierzchłych czasach jeszcze mgra Skalińskiego) o sprawdzenie połączeń, on podszedł, przyjrzał się uważnie i zaczął powoli wszystko rozłączać. Patrzyłem przerażony na destrukcję mojej ciężkiej pracy, i umysłowej i manualnej. Powiedział: proszę to połączyć w sposób przejrzysty, tak aby można to łatwo sprawdzić. Już wtedy uznałem, że miał rację, bowiem kłębowisko przewodów, które stworzyłem, było przerażające. Współczuli koledzy: Adam Jasiński, chyba też Zofia Zienkiewicz, a najbardziej Tadzio Grabowski (ten, który opornikom i kondensatorom, a nawet galwanometrowi nadał imiona). Z zachwytu nad fizyką odrabiał też ćwiczenia student Politechniki Stanisław Wydźga, hrabia na Wyżuczynie, opisy ćwiczeń stemplował pieczęcią rodową. Inny student Politechniki, Skrzypczak, przychodził nie w celu ćwiczeń, ale w celu głaskania włosów Ewy Kirszenstein. Bardzośmy Pracownię lubili. Mierzyło się stałą Plancka  $h$ ; to było przeżycie. Parę lat później, kiedy zostałem kierownikiem II Pracowni w fizyce łódzkiej, kierowanej wówczas przez Ludwika Natansona, ustawiłem zestaw do pomiaru stałej Plancka  $h$  metodą krótkofalowej granicy promieniowania hamowania elektronów czyli ciągłego widma rentgenowskiego; a też do pomiaru ładunku elektronu metodą mgły olejowej, czyli Millikana.

Z fizyków, którzy studia zaczynali w czasie okupacji, w latach 1940–44, nie przybył chyba nikt; ani Zbigniew Kopeć (początkowo ukochany uczeń Leonarda Sosnowskiego aż do słynnego konfliktu), ani Marian Günther (bliski uczeń Jana Blatona), ani Bronisława Moszyńska, ani Ryszard Gagla, ani Jan Teske, ani Zdzisław Małkowski (drugi, po Skalińskim, kierownik II Pracowni Fizycznej). Niewiele też fizyków, ówczesnych asystentów I Pracowni Fizycznej, tego pierwszego małego ugryzienia fizyki, przybyło na 75-lecie. Więc zaczęliśmy sobie przypominać: Tadeusz Dryński – kierownik Pracowni, Eryk Hauptman – już wtedy trochę starszy i opiekuńczy zwłaszcza w stosunku do studentek, Halina Chęcińska, Wanda Czapska (w Londynie ją spotkałem, pracowała u Hilgera), Anna Jabłońska (tragicznie zmarła), no i oczywiście Marta Sołtanowa, Stanisława Zmysłowska; był też krótko Prentki (wyjechał do Francji). Potem, kiedy już my zaczęliśmy być asystentami, lub raczej zastępcami asystentów, na I Pracowni dołączył do nas nie fizyk, a chemik Jerzy Kuryłowicz (człowiek bardzo dowcipny). Mimo jego obecności w Pracowni pomiar prędkości dźwięku metodą rury Kundta udawał się tylko przy pełni Księżyca, choć Stanisław Sikorski, a i ja też poświęciliśmy temu zagadnieniu wiele godzin pracy i myśli. Pojawił się też na krótko w tej Pracowni (zastępując kogoś) sam Marian Günther, wybitny już wtedy teoretyk (od 30 lat osiadły w USA), ale zastrzegł, że zgodził się na to pod warunkiem, że nikt go o nic nie zapyta.





Wykład prof. Herwiga Schoppera w Sali Dużej Doświadczalnej na Hożej w trakcie sesji naukowej.

Rozmawiając o kolegach, i tych którzy przybyli, i o tych, którzy z różnych powodów nie przybyli – stwierdziliśmy wielką różnorodność losów i naukowych, i życiowych. Józef Rydygier zaraz po magisterium wyjechał do Anglii i nie wrócił. Janek Szypowski, świetny kolega, zmarł w parę lat po magisterium. Zofia Ryll wyjechała do Francji i tam osiadła. Zofia Zienkiewicz i Lidia Kępkowicz zdradziły fizykę dla matematyki, a poza tym pozakochiwały się w kolegach i nawet powychodziły za nich za mąż; podobnie uczyniła Janka Dąbrowska, która poza tym po paru latach pracy naukowej przerzuciła się na uczenie fizyki młodzieży polskiej. Wanda Wardaszko uciekła do medycyny, Roman Teisseyre do geofizyki, a Oskar Chomicki (najwyższy polski fizyk i najlepszy znawca angielskiego) do fizyki medycznej. Romek Mierzecki ożenił się z Bronką Moszyńską; przybył sam, bo Bronki już niestety nie ma wśród nas. Inek Filiński zaraz po doktoracie ożenił się z Sołtanówną i osiadł w Kopenhadze (ale często przybywa do Polski na narty i rocznice Hożej).

Z dwiema wybitnymi studentkami, Zofią Ryll i Ireną Glass, łączy mnie jedynie, o ile pamiętam, przestępstwo w zaliczaniu ćwiczeń i pracowni. Nawet kuchnię pracowni chemicznej wykonywałem uczciwie mimo pokus przeciwnych. Ale zadanie ulepiania kryształu bliźniaka opierając się jedynie na liczbach definiujących położenie ścian przerosło naszą cierpliwość i uczciwość, pomimo piękna samej kryształografii, zwłaszcza w wydaniu prof. Łaskiewiczza. Po prostu pod-

iwaniiliśmy gotowy model tego kryształu; rozłożyliśmy go, odrysowali ściany na odpowiedni papier i skleiliśmy trzy identyczne kryształy.

Z konkursów piękności potajemnie przeprowadzanych przez kolegów na przełomie lat 40- i 50-tych w czołówce znalazły się koleżanki: Zofia Z., Janka D., Zofia R., Barbara W., Ewa K., no i Marysia M. (za najzgrabniejsze nogi).

Po uctach fizyczno-kulinarnej i spotkaniowo-wspomnieniowej w pałacu Kazimierzowskim nastąpiły dwa dni ciężkiej fizyki – trzeba było wysłuchać (zrozumienie nie było konieczne, a często i niemożliwe) noblistów i innych wybitnych fizyków, w tym również dość przystępnej i wiele nieważnych zdarzeń pomijającej opowieści A.K. Wróblewskiego o wybitnych osiągnięciach Hożej przedwojennej i powojennej. Odbyło się to we wspaniałej wielkiej sali wykładowej Instytutu Fizyki na Hożej. W tej samej sali, w której wielu z nas spędzało niegdyś długie godziny, przygotowując pokazy do wykładów profesorów Stefana Pieńkowskiego, Andrzeja Sołtana, Jerzego Pniewskiego, Leonarda Sosnowskiego i paru innych. Kiedy po wielu godzinach pracy pokaz „nie wychodził” mimo starań takich mistrzów jak Wiesław Wardzyński (z którym miałem przyjemność współpracować), Stanisław Pasierbiński i Michał Kunicki, schodził – zbiegał raczej – sam prof. Pieńkowski (o ile do jego wykładu pokaz szykowaliśmy) i razem doprowadzało się zestaw do działania. Średnio licząc cztery godziny przygotowań przypadało na półminutowy pokaz.

Dość wcześnie nastąpił głęboki rozłam na fizyków teoretyków i doświadczalników; trwa on dotychczas, jak i wzajemne wywyższanie się jednych nad drugimi.

A po wyjściu z sali wykładowej można było podziwiać i kupować różne ciekawe książki napisane przez fizyków na Hożej, a i jakieś inne również. Kilku z nas kilka z nich kupiło. Natomiast w dalszej części rozbudowanego gmachu Instytutu można było zachwycać się imponującą aparaturą i zestawami do dydaktyki fizyki.

A po ostatnich uściskach z tak szczęśliwie spotkanymi kolegami-fizykami i smutnymi wspomnieniami o tych, którzy odeszli w zaświaty przez fizykę nie badane, po zapewnieniach o utrzymywaniu tak dobrze na nowo nawiązanych kontaktów, rozeszliśmy się do dalszego normalnego życia.

*Janusz Y. Ostrowski, Warszawa*

Maciej Suffczyński

*Instytut Fizyki PAN*

*Warszawa*

## Georg Wulff (1863 – 1925)

*Abstract:* Georg Wulff was student and professor of the Warsaw Imperial University where he published papers on crystal growth and shape.

Powszechnie znana jest w nauce krystalografii „siatka Wulffa” stosowana do sporządzania stereograficznych rzutów kryształów na podstawie pomiarów wykonywanych goniometrem odbiciowym. Mniej znane wydają się lata pracy wybitnego krystalografa na Uniwersytecie w Warszawie i jego publikacje w *Trudach Warszawskowo Obszczestwa Jestiestwoispytatielej* (Pracach Warszawskiego Towarzystwa Przyrodników).

Georg Wulff urodził się w Nieżynie w guberni czernichowskiej 10 czerwca 1863 r. Ojciec jego, Wiktor Wulff, był nauczycielem języka niemieckiego w szkołach średnich w Odessie. Wkrótce po urodzeniu się syna przeniósł się z rodziną do Warszawy. Tutaj Jurij Wiktorowicz Wulff (jego imię i nazwisko pisane są różnie przez różnych autorów) ukończył gimnazjum i wstąpił na Cesarski Uniwersytet Warszawski. Młody Wulff zainteresował się krystalografią, którą wykładał profesor „mineralogii i geognozji” Aleksandr Jewgieniewicz Lagorio (1852 – 1925), wychowanek Uniwersytetu w Dorpacie (obecnie Tartu). Wulff wcześniej zdał sobie sprawę ze znaczenia fizyki dla zrozumienia podstawowych zasad budowy kryształów. Jako student wykonał w 1884 r. pod kierunkiem profesora fizyki M.G. Jegorowa (1849 – 1918) pracę „Doświadczalne badanie własności elektrycznych kwarcu”, za którą otrzymał złoty medal [1]. W następnym roku ukończył studia i pozostał przy Uniwersytecie. Przez trzy lata spędzał jeden semestr każdego roku w Petersburgu. W 1889 r. został skierowany do Monachium, gdzie pracował u mineraloga i krystalografa P. Grotha (1853 – 1919). Rok 1890 i część 1891 spędził w Paryżu pracując pod kierunkiem fizyka M.A. Cornu (1841 – 1902). Rozwinął tam proponowaną przez Cornu jeszcze w 1869 r. metodę pomiaru pierścieni Newtona w zastosowaniu do wyznaczania sprężystych odkształceń ciał stałych.

Po powrocie do Warszawy Wulff obronił w 1892 r. pracę magisterską pod tytułem „Własności niektórych pseudosymetrycznych kryształów w związku z teorią krystalograficznej budowy materii” [2]. W pracy badał zjawisko polimorfizmu, w szczególności możliwość krystalizacji węglanu wapnia w postaci dwóch różnych minerałów – heksagonalnego kalcytu, zwanego szpatem islandzkim, i tetragonalnego aragonitu.

Od tego czasu Wulff wykładał na Uniwersytecie Warszawskim. W pracowni systematycznie prowadził pomiary szybkości wzrostu kryształów z roztworu, wykonywane przede wszystkim dla siarczanów cynkowo- i żelazowo-amonowych, także uwodnionych. Znajdował potwierdzenie sformułowań Piotra Curie (1859 – 1906), który w publikacji [3] już jasno zdawał sprawę z faktu, iż „przy wyrastaniu kryształu najbardziej trwałą formą będzie ta, dla której suma energii powierzchniowej będzie minimalna”. Na podstawie wyników swych pomiarów Wulff zaczął przygotowywać rozprawę doktorską. Rozprawę tę przedłożył na Uniwersytecie Jagiellońskim, gdzie jej nie przyjęto argumentując, iż jest zbyt krótka. Obrona rozprawy przeprowadzona została w Odessie w 1906 r. Rozprawa ta, pod tytułem „O zagadnieniu szybkości wzrostu i rozpuszczania ścian kryształów w zależności od ich energii powierzchniowej”, zawierała zasadniczy wynik: powierzchniowa energia swobodna wyznacza równowagowy kształt dużego kryształu. Podana tu została podstawowa geometryczna „konstrukcja Wulffa” pozwalająca ze znajomości energii swobodnej granicy faz dla wszystkich kierunków w płaszczyźnie wyznaczyć kształt równowagowy dwuwymiarowego kryształu. Rozprawa została wydrukowana w języku rosyjskim w latach 1894–96 [4]. Opublikowana również w języku niemieckim [5] zwróciła uwagę krystalografów na świecie. W latach 1896–1906 Wulff opublikował szczególnie ważne prace: „O pewnej przystawce do goniometru dla pomiaru kątów między sąsiednimi ścianami kryształu” [6] oraz „Symetria i wyprowadzenie wszystkich jej krystalograficznych postaci” [7]. Wydał podręcznik krystalografii [8]. Po otrzymaniu stopnia doktora Wulff został w 1907 r. zaproszony na Uniwersytet w Kazaniu. W następnym roku wrócił na katedrę w Uniwersytecie Warszawskim pozostawioną przez prof. Lagorio, który objął funkcję dyrektora otwartego 4 września 1898 r. Warszawskiego Instytutu Politechnicznego im. Mikołaja II, o czym mówi źródłowo udokumentowany artykuł J. Miąso [9]. W listopadzie 1905 r. Instytut zawiesił swoją działalność. W 1908 r. władze zdecydowały się na ponowne otwarcie wyższych uczelni w Warszawie.

W swoich pamiętnikach *Nad Prypecią dawno temu* [10] Antoni Kieniewicz (1877 – 1960), ojciec historyka Stefana, wspomina kilkakrotnie „profesora Georgija Wulffa”, podkreślając, że profesor „w swej poczciwości” był sprawiedliwy i stawiał wysokie wymagania w krystalografii i mineralogii, przedmiotach obo-



Georg Wiktorowicz Wulff (1863 – 1925)

wiążących studentów Wydziału Przyrodniczego Uniwersytetu Warszawskiego. Wulff mówił dobrze po polsku i miał asystentów Polaków. Jego wybitnymi współpracownikami byli: Karol Koziarowski (1864 – 1933), Józef Morozewicz (1865 – 1941), Zygmunt Weyberg (1872 – 1944), Józef Sioma (1875 – 1938), Jan Lewiński (1876 – 1939), którzy wnieśli poważny wkład w światowy rozwój mineralogii. Józef Morozewicz w latach 1891–95 w hucie szkła na Targówku dokonał wysokotemperaturowych syntez kilkudziesięciu minerałów, takich jak augit, liparyt, sodalit, korund, spinele, granaty alkaliczne i in. O pracach tych badaczy pisała Regina Fleszarowa [11] oraz S.J. Thugutt [12]. W swoich *Wspomnieniach* [13] Ludwik Krzywicki (1859 – 1941) pisze: „...profesor uniwersytetu mineralog Wulff należał do niewielkiej grupki Rosjan, którzy stanęli na gruncie aspiracji społeczeństwa polskiego i spoglądali, między innymi, na szkołę rosyjską jako na największą krzywdę wyrządzoną społeczeństwu polskiemu.” Wulff, jak można sądzić z nielicznych znalezionych o nim wzmianek, brał żywy i czynny udział w działalności grupy liberalnych profesorów Rosjan na Uniwersytecie Warszawskim. Było ich w ogóle niewielu – razem z Wulffem pięciu – tak przynajmniej twierdzi N. Dubrowski w swoich wspomnieniach [14]. Wulff zainteresowany poważnie pracą naukową konsekwentnie wypowiadał się, także w piśmie, w obronie studentów polskich. We wrześniu 1905 r. w artykule ogłoszonym w nr. 192 gazety *Syn Ojczyzny* Wulff bardzo ostro piętnuje rusyfikacyjną działalność Uniwersytetu Warszawskiego, niski poziom naukowy licznych profesorów i brak troski

o podniesienie tego poziomu. Domagał się spolonizowania Uniwersytetu [11,13]. W *Dziejach Uniwersytetu Warszawskiego* H. Kiepuska [15] przytacza deklarację, którą jesienią 1905 r. podpisali profesorowie M. Nasonow, D. Pietruszewski, A. Pogodin, A. Szurbak i G. Wulff, zawierającą zdania: „Naród polski ma prawo żądać przekształcenia uniwersytetu w Warszawie na polski. Powinniśmy iść na spotkanie narodowym żądaniom społeczeństwa”. Kiepuska [15] stwierdza, że prof. Georgij Wulff „w decydujących momentach wypowiadał się po stronie żądań polskich”. Szczególnie ważne były takie momenty w latach reakcyjnych rozporządzeń wykonawczych ministra P.A. Stołypina. Oficjalnie „spokój panował w Warszawie”. Władze czuły się w obowiązku wymusić na mieszkańcach powrót do posłuszeństwa po próbach rozruchów w 1905 r. Ochrona prowadziła stale nowe gromady aresztowanych do Cytadeli Warszawskiej i stąd dalej do miejsc katorgi lub zesłania. Znaczny procent skazanych stanowili studenci nie godzący się z przymusem rusyfikacji. W tych warunkach bardziej ludzcy i światlejsi profesorowie Cesarskiego Uniwersytetu i Instytutu Politechnicznego w Warszawie czuli się nieswojo. „Ci profesorzy uważali, że nie mogą pozostawać na Uniwersytecie Warszawskim nadal. Usunęli się, a ponieważ mieli duże imię w nauce rosyjskiej, więc Uniwersytet Moskiewski, najliberalniejszy w Rosji, zaprosił ich natychmiast na katedry” [13]. W latach 1906–7 Wulff żył na emigracji w Genewie. W końcu 1908 r. [11], lub jak wskazują inne źródła [1] w 1909 r., Wulff „opuszcza Warszawę na własną prośbę”. Przyjął zaproszenie na Uniwersytet w Moskwie i przeniósł się tam ze swą pracownią. „Część własnych zbiorów geologicznych ofiarował na rzecz Uniwersytetu w Warszawie” [15]. W Warszawie Wulff był na tyle dobrze sytuowany, iż z własnych środków kupował przyrządy dla wyposażenia swej pracowni krystalograficznej. Przenosząc się do Moskwy na stałe zabrał ze sobą swoje przyrządy i ustawił je w otrzymanych pomieszczeniach Uniwersytetu. Tam przyjaźnił się m.in. z profesorem matematyki Bolesławem Kornelisewiczem Młodziejewskim (1858 – 1923). W 1911 r. w związku z niepokojami studenckimi większa grupa profesorów, w ich liczbie i Wulff, została zdymisjonowana z Uniwersytetu Moskiewskiego [1]. Wulff przeniósł się ze swoją pracownią do Instytutu założonego przez P.N. Lebiediewa w Uniwersytecie im. A. Szaniawskiego w Moskwie. Krystalografia była szczególnie uprawiana i doceniana w Rosji, kraju bogatym w minerały. Systematyzacja E.S. Fiodorowa symboli układów krystalograficznych (1886/7) [16] była uwieńczeniem wielu lat pracy licznych wybitnych fizyków, matematyków, chemików, krystalografów, mineralogów, petrografów, paleontologów i geologów. Na początku drugiej dekady XX w. zastosowanie przez Maxa von Laue promieni Röntgena do pomiarów struktury kryształów, rozwinięte wkrótce przez Braggów, ojca i syna, rozpoczęło nową epokę w badaniu ciał stałych nadając krystalografii szczególne znaczenie. Niezależnie od publikacji Braggów, G. Wulff

sformułował w kilku pracach, m.in. w *Physikalische Zeitschrift* [17], związek kąta ugięcia promieni Röntgena z ich długością fali i ze stałą sieci kryształu, zwany czasami warunkiem albo równaniem Bragga-Wulffa. Wulff pisał w tych latach dużo. Zwłaszcza po Rewolucji Październikowej popularyzował w pismach nowe osiągnięcia krystalografii fizycznej. Opisał m.in. w *Uspiechach Fiz. Nauk* „Postępy naszej wiedzy w dziedzinie budowy kryształów” [18]. Wydał razem z A.W. Szubnikowem podręcznik krystalografii geometrycznej [19]. W 1923 r. Wulff został członkiem korespondentem Akademii Nauk ZSRR.

Przyjaciel G. Wulffa, mineralog i petrograf Stanisław Józef Thugutt (1862 – 1956), profesor Uniwersytetu Warszawskiego<sup>1</sup> i Politechniki Warszawskiej, członek Polskiej Akademii Umiejętności, Akademii Nauk Technicznych i Towarzystwa Naukowego Warszawskiego, starał się na początku lat dwudziestych zaprosić Wulffa do Warszawy. Jak wspominał źródłowy artykuł ucznia Thugutta, Antoniego Łaszkiwicza (1904 – 1981) pt. „Jerzy Wulff w Uniwersytecie Warszawskim” [20]: „Uniwersytet Warszawski trzymał katedrę dla Wulffa aż do jego śmierci”. Zaproszenia i starania nie przyniosły skutku. Wulff zmarł w Moskwie 25 grudnia 1925 r.

Po drugiej wojnie światowej, a zwłaszcza po wynalezieniu w grudniu 1947 r. tranzystora, znacznie wzmożło się zainteresowanie różnego rodzaju metodami wzrostu, wyciągania i produkowania kryształów. W 1949 r. odbyła się na Uniwersytecie w Bristolu konferencja poświęcona teorii i technologii wzrostu kryształów. Wyniki opublikowane w *Discussions of Faraday Soc.* zawierają m.in. artykuły W.K. Burtona [22] i N. Cabrery [23] oraz F.C. Franka [24]. Zasadniczy artykuł tych autorów w *Phil. Trans. Roy. Soc.* [25] zawiera m.in. w osobnym dodatku ponowne sformułowanie i nowy „dowód twierdzenia Wulffa” stanowiący podstawę „konstrukcji Wulffa”, której opis dały krytyczne przeglądowe artykuły M. von Laue w *Zeitschr. Kristallogr. Mineral.* [26] oraz C. Herringa w *Phys. Rev.* [27]. C. Rottman i M. Wortis w 1981 r. [28] pokazali, że podane w 1944 r. przez L. Onsagera [29] ściśle wyrażenie na energię swobodną modelu Isinga w dwóch wymiarach przy zastosowaniu konstrukcji Wulffa daje kształt dwuwymiarowego kryształu dokładnie spełniający warunki symetrii. C. Rottman i M. Wortis rozpoczynają artykuł [30] w *Phys. Reports* zdaniem: „Teoria równowagowych kształtów kryształów ma czcigodną historię datującą się co najmniej od słynnego artykułu Wulffa z 1901 r.”. Stosując „konstrukcję Wulffa” rozwijali wzory i wykresy dające równowagowe kształty dwuwymiarowych kryształów R.K.P. Zia i J.E. Avron [31,32], Y. Akutsu i N. Akutsu [33], M. Holzer [34] i in.

---

<sup>1</sup> Stanisław Józef Thugutt był w roku akad. 1919/20 rektorem UW, a w latach 1918/19 i 1920/21 prorektorem (przyp. Red.).

Wspomnienie o Wulffie napisał jego przyjaciel A.W. Szubnikow [35]. Biografia Wulffa była publikowana kilkakrotnie [36,37]. Uczeń Wulffa A.B. Młodziejewski opisał dzieło Wulffa [38], napisał krótką biografię oraz zredagował zbiór [1] zawierający 15 najważniejszych prac oryginalnych Wulffa (m.in. te opublikowane poprzednio po raz pierwszy w Pracach Warszawskiego Towarzystwa Przyrodników) wraz z chronologiczną bibliografią liczącą ponad 150 prac, kilka skryptów i kilka książek [39]. Trudne do ustalenia byłoby, ile zostało wykonanych pod kierunkiem G. Wulffa prac dyplomowych i ilu było wypromowanych doktorów. Dzieło G. Wulffa ma znaczenie trwałe, a jego nazwisko należy do najbardziej znanych w kryształografii i teorii wzrostu kryształów.

Profesor Zbigniew J. Wójcik z Instytutu Historii Nauki PAN, dr Andrzej Szczerbakow z IF PAN i prof. Halina Kiepuska dostarczyli mi cennych wiadomości biograficznych, za które im dziękuję.

### Literatura

- [1] Ju.V. Wulf, *Izbrannye raboty po krystallofizyke i krystallografii*, red. A.B. Młodziejewski, seria „Biblioteka ruskoy nauki” (Techn.-Teor. Izdat., Moskwa-Leningrad 1952).
- [2] G. Wulff, *Zap. imper. miner. obszczest.*, ser. 2, cz. 29 (1892), s. 65.
- [3] P. Curie, *Bull. de la Societé Minéralogique de France* **8**, 145 (1885).
- [4] G. Wulff, *Trudy Warsz. obszcz. jestiestwoisp.* **6** (1894-5), prot. otd. fiz. i chim., nr 9, s. 7; **7** (1895-6), prot. otd. fiz. i chim., nr 6, s. 1; *Warsz. Uniw. Izw.*, nr 7, 8 i 9 (1895); nr 1 i 2 (1896), s. 1.
- [5] G. Wulff, *Zeitschr. Kristallogr. Mineral.* **34**, 449 (1901).
- [6] G. Wulff, *Trudy Warsz. obszcz. jestiestwoisp.* **7** (1895-6), prot. otd. fiz. i chim., nr 8, s. 4.
- [7] G. Wulff, *Warsz. Uniw. Izw.* **7**, 1 (1897); *Trudy Warsz. obszcz. jestiestwoisp.* **7** (1897), prot. otd. fiz. i chim., nr 9, s. 1.
- [8] G. Wulff, *Rukowodstvo po krystallografii* (Warszawa 1904).
- [9] J. Miąso, *Kwart. Hist. Nauki i Techn.* **29**, 777 (1989).
- [10] A. Kieniewicz, *Nad Prypecią dawno temu* (Ossolineum, Wrocław 1989).
- [11] R. Fleszarowa, *Wiadomości Muzeum Ziemi* **6**, 412 (1952).
- [12] S.J. Thugutt, *Kwart. Hist. Nauki i Techn.* **1**, 563 (1956).
- [13] L. Krzywicki, *Wspomnienia* (Czytelnik, Warszawa 1958).
- [14] N. Dubrowskij, „Wspomnienia”, cytowane przez R. Fleszarową [11] i N. Dubrowskij, *Oficjalnaja nauka w Carstwie Polskim* (Petersburg 1908).
- [15] H. Kiepuska, w: *Dzieje Uniwersytetu Warszawskiego 1807-1915*, red. S. Kieniewicz (PWN, Warszawa 1981); zob. też artykuły w gazetach: *Kurjer Warszawski* nr 305 z dn. 4 listopada 1905 r., s. 3 i nr 312 z dn. 11 listopada 1905 r., s. 6, *Ogniwo* nr 42 z dn. 21 października 1905 r., s. 9, *Naprzód* (Kraków) nr 289 z dn. 21 października 1905 r., s. 1.
- [16] E.S. Fedorov, *Zapis. imper. miner. obszcz.*, ser. 2, cz. 23 (1886/87), s. 23.



- [17] G. Wulff, *Phys. Zeitschr.* **14**, 217, 783, 785 (1913).
- [18] G. Wulff, *Usp. Fiz. Nauk* **2-3**, 234 (1923).
- [19] G. Wulff, A.W. Szubnikow, *Prakticzeskij kurs geometriczeskoj kristallografii so stereograficzeskoj sietkoj* (Gos. Izd., Moskwa 1924).
- [20] A. Łaskiewicz, w: *Historia kontaktów Polsko-Rosyjskich w dziedzinie geologii i geografii*, Monografie z dziejów nauki i techniki, ZHNI PAN **82** (Wrocław 1972), s. 171.
- [22] W.K. Burton, N. Cabrera, *Discuss. Farad. Soc.* **5**, 33 (1949).
- [23] N. Cabrera, W.K. Burton, *Discuss. Farad. Soc.* **5**, 40 (1949).
- [24] F.C. Frank, *Discuss. Farad. Soc.* **5**, 48, 67 (1949).
- [25] W.K. Burton, N. Cabrera, F.C. Frank, *Phil. Trans. Roy. Soc. London A* **243**, 299 (1951).
- [26] M. von Laue, *Zeitschr. Kristallogr. Mineral.* **105**, 124 (1943).
- [27] C. Herring, *Phys. Rev.* **82**, 87 (1951).
- [28] C. Rottman, M. Wortis, *Phys. Rev. B* **24**, 6274 (1981).
- [29] L. Onsager, *Phys. Rev.* **65**, 117 (1944).
- [30] C. Rottman, M. Wortis, *Phys. Reports* **103**, 59 (1984).
- [31] R.K.P. Zia, J.E. Avron, *Phys. Rev. B* **25**, 2042 (1982).
- [32] J.E. Avron, H. van Beijeren, L.S. Schulman, R.K.P. Zia, *J. Phys. A* **15**, L81 (1982).
- [33] Y. Akutsu, N. Akutsu, *Phys. Rev. Lett.* **64**, 1189 (1990).
- [34] M. Holzer, *Phys. Rev. B* **42**, 10570 (1990).
- [35] A.W. Szubnikow, „Jurij Wiktorowicz Wulff”, *Priroda* nr 1-2 (1926), s. 5.
- [36] L.J. Spencer, *Mineral. Magazine* **21** (1927).
- [37] E.E. Flint, *Trans. Inst. Econ. Min. and Met.* **34**, 5 (1928).
- [38] A.B. Młodziejewski, „J.V. Wulf i rozwicie kristalofiziki”, w: *Oczerki po istorii fizyki w Ros-siji*, red. A.K. Timirazjew (Ucz.-ped. izdat., Moskwa 1949), s. 195.
- [39] J.C. Poggendorff, *Biographisch-Literarisches Handwörterbuch der Exakten Naturwissen-schaften*, t. 5 (1926), s. 1396; t. 6 (1940), s. 2938.

## ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

### Konferencja nt. dynamiki nieliniowej, systemów chaotycznych i złożonych w Zakopanem

Ostatnie trzydzieści lat charakteryzuje się niezwykle burzliwym i znaczącym rozwojem fizyki, matematyki i nauk pokrewnych, który w radykalny sposób przekształcił naszą wiedzę i sposób interpretacji zjawisk w otaczającym nas świecie. Niektórzy mówią nawet o rewolucji.

Chodzi tu o dynamikę nieliniową, która ujawniła, że niektóre układy deterministyczne charakteryzują się procesami złożonymi, a więc takimi, jakie odznaczają się istnieniem mnogości stanów o zróżnicowanej stabilności, występowaniem zjawisk samoorganizacji tzn. pojawieniem się stanów o określonej strukturze czasoprzestrzennej oraz gwałtownych, niekontrolowalnych przejść, przeskoków między tymi stanami. Prowadzi to do sytuacji, w której układy podlegają przejściom (przemianom), jakich nie sposób ani przewidzieć, ani kontrolować. Innymi słowy, układy takie wykazują własności, które najdobitniej określić można mianem chaosu deterministycznego. Są to efekty nieliniowe. Przybliżenia liniowe nie opisują, jak wiemy, tego rodzaju zachowań.

Zjawiska takie obserwowane są w wielu dyscyplinach naukowych począwszy od fizyki jądrowej, atomowej, molekularnej aż do mechaniki cieczy i ciał stałych, fizyki plazmy, chemii, biologii, aż do układów makroskopowych o szczególnym znaczeniu dla ekologii, nauki o środowisku, ekonomii i socjologii. Odgrywają one ważną rolę w dynamice procesów technologicznych, co oznacza ich duże znaczenie w tworzeniu innowacji technicznych.

Bardzo ważnym elementem naszej wiedzy o układach chaotycznych i złożonych jest to, że u podłoża ich zachowań leżą mechanizmy uniwersalne. Można je badać używając do tego celu bardzo prostych modeli teoretycznych. To podejście dało nam w rezultacie ów gwałtowny rozwój, tak specyficzny dla ostatnich trzydziestu lat badań. Czy te proste modele uświadomiły nam wszystkie mechanizmy niezbędne dla zrozumienia powstawania i utrzymywania się chaosu deterministycznego – tego nie wiemy, ale z powodzeniem odkrywamy ich istnienie w coraz to nowych układach i warunkach. Ma to ważne znaczenie nie tylko poznawcze. Znajomość tych mechanizmów pozwala na wprowadzenie pewnego porządku w układach, które zachowują się w sposób chaotyczny. Może to mieć ważne konsekwencje praktyczne.

Jest jeszcze jeden aspekt, który warto podkreślić. Prowadzenie i wykorzystanie badań nieliniowych układów chaotycznych i złożonych wymaga podjęcia pewnych działań organizacyjnych i decyzji politycznych. Chodzi tu o właściwe wykorzystanie potencjału intelektualnego. Ten zaś znajduje się w krajach Europy Środkowej i Wschodniej, gdzie badania te rozwijały się dość intensywnie. Niestety przemiany polityczne i gospodarcze w tym rejonie prowadzą do zniszczenia i erozji tego potencjału. Powstaje pytanie, czy

Wspólnota Europejska ma się przyglądać temu procesowi beczynnemu, czy też podjąć kroki mające na celu wykorzystanie i zachowanie tego potencjału na rzecz integrującej się Europy. Analogiczne wysiłki są podejmowane z powodzeniem na innych polach, szczególnie ważnych z punktu widzenia rozwoju gospodarczego i politycznego. Warto z tych precedensów i doświadczeń skorzystać.

Mając te względy na uwadze, uczeni z krajów Wspólnoty Europejskiej połączyli swoje wysiłki z kolegami z Europy Środkowej i Wschodniej na rzecz zwołania konferencji dotyczącej badań nieliniowych, systemów chaotycznych i złożonych, która pozwoliłaby nie tylko omówić stan bieżący tych badań, ich perspektywy i kierunki przyszłego rozwoju, ale i wykorzystać do tego celu potencjał badawczy krajów tego regionu.

Idea ta uzyskała poparcie Wspólnoty Europejskiej. Po dyskusjach zadanie to powierzono grupie polskiej, m.in. ze względu na długoletnie kontakty naukowe i osobiste między Szkołą Brukselską a Szkołą Warszawską (ale nie tylko, gdyż związki takie istnieją od lat z Wrocławiem, Toruniem i Krakowem). Nie bez znaczenia było również centralne położenie Polski.

Powstały więc dwa komitety: Międzynarodowy Komitet Naukowy w składzie: R. Balescu (Belgia), P. Banacky (Słowacja), F. Bene (Węgry), F.H. Busse (Niemcy), G. Casati (Włochy), V. Damgov (Bułgaria), R. Gerold (Komisja Europejska), D. Grecu (Rumunia), E. Infeld (Polska), L. Krlin (Czechy), Y. Kuperin (Rosja), J. Misguich (Francja), G. Nicolis (Belgia), Y. Pomeau (Francja), I. Prigogine (Belgia), L. Shilnikov (Rosja), R. Żelazny (Polska), oraz Lokalny Komitet Organizacyjny w składzie: R. Żelazny (przewodniczący), E. Infeld (viceprzewodniczący), M. Kuś, A. Lasota, Z. Peradzyński, J. Piasecki, A. Weron, J. Zagroździński, A. Gałkowski (sekretarz).

Konferencja uzyskała także poparcie i pomoc Komitetu Badań Naukowych, Polskiej Akademii Nauk i Państwowej Agencji Atomistyki. Została ona zorganizowana w Zakopanem w okresie między 7 a 12 listopada 1995 r.

Wśród zaproszonych ekspertów znalazły się światowe znakomitości. Oto ich pełna lista (wraz z tytułami wykładów uporządkowanych w ramach dziedzin tematycznych Konferencji):

1. **Układy dynamiczne, teoria bifurkacji i chaos:** V.M. Gundlach – „Chaos w stochastycznych układach dynamicznych”; E. Ott – „Chaos, jego kontrola i komunikacja”; L.P. Shilnikov – „Chaos homokliniczny”; T. Tel – „Transport chaotyczny w otwartych przepływach hydrodynamicznych”.

2. **Układy ze zmiennością przestrzenną:** I. Białynicki-Birula – „Hydrodynamika przepływu gęstości prawdopodobieństwa w przypadku relatywistycznym”; M. Marek – „Fale w jonowych układach dyfuzyjnych”; M. Markosova – „Piaskopodobne automaty komórkowe, obliczenia analityczne”; I. Procaccia – „Scenariusze dla anomalnego skalowania turbulencji hydrodynamicznej”; F. Spineanu – „Transport w niecałkowicie chaotycznym polu magnetycznym”.

3. **Chaos dynamiczny, fizyka kwantowa oraz podstawy mechaniki statystycznej:** L. Bunimowicz – „Mechanika statystyczna układów nierównowagowych i teoria ergodyczna”; B. Chirikov – „Pseudochaos w fizyce statystycznej”; J.P. Dougherty – „Nierównowagowa mechanika statystyczna”; W.G. Hoover – „Symulacje mikroskopowe”; B. Pavlov – „Dynamika kwantowa na tle zaburzeń markowskich i nieodwracalność”; I. Prigogine – „Mikroskopowe podstawy nieodwracalności”.

4. **Układy ewoluujące i uczące się:** W. Ebeling – „Dynamika i przewidywalność procesów ewolucyjnych”; H. Szu – „Chaotyczne sieci neuronowe oraz kolektywna inteligencja”; C. Van den Broeck – „Przejścia fazowe oraz procesy poznawcze w sieciach neuronowych”; A. Vanecek – „Synteza chaosu”; H. Woźniakowski – „Złożoność obliczeniowa problemów ciągłych”.

5. **Układy złożone jako element łączący nauki ścisłe z nauką o środowisku, socjologią i ekonomią:** P. Allen – „Modelowanie systemów złożonych w socjoekonomice”; L. Smith – „Chaos w meteorologii i jego wpływ na prognozowanie pogody”; V.G. Machankov – „Stochastyczna geometria różniczkowa w badaniach finansowych”.

Okolicznościowe przemówienie w czasie uroczystego bankietu wygłosił Mitchell Feigenbaum. Mówił o swych badaniach w Los Alamos oraz o przyszłych kierunkach badań.

W Konferencji wzięło udział 217 uczestników z 20 krajów. Przedstawili oni, poza 23 wykładami wygłoszonymi przez zaproszonych wykładawców, 70 referatów 20-minutowych oraz 142 plakaty poprzedzone 3-minutową, bardzo pożyteczną „reklamówką”.

Wykłady zaproszonych gości wraz z przemówieniem M. Feigenbauma zostaną wydane przez Cambridge University Press, pozostałe ukazać się w zeszytach *Journal of Technical Physics*, wydawanego przez Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN.

W ramach Konferencji zorganizowano cztery panele dyskusyjne, których celem było określenie przyszłych kierunków badań oraz działań organizacyjnych, mających na celu usprawnienie prac badawczych i ich zastosowań w tym kręgu tematycznym. Były one kierowane przez E. Otta i L. Bunimowicza (matematyka), G. Nicolisa i M. Marka (chemia i biologia), R. Balescu, I. Białynickiego-Birulę, M. Feigenbauma i H. Woźniakowskiego (fizyka i zastosowania) oraz R. Żelaznego (przyszłość badań nieliniowych w Europie).

W ramach tego ostatniego panelu Lokalny Komitet Organizacyjny wysunął pomysł zorganizowania w Warszawie Europejskiego Centrum Badań Nieliniowych, Systemów Chaotycznych i Złożonych. Centrum to organizowałoby współpracę między grupami badawczymi krajów Unii Europejskiej oraz Europy Środkowej i Wschodniej m.in. poprzez utworzenie bazy danych, zawierającej programy obliczeniowe, wybraną bibliografię, informacje o projektach badawczych, możliwościach finansowania prac, oraz pomagałoby w tworzeniu projektów badawczych, zespołów badawczych i ich finansowaniu.

Dorobek merytoryczny Konferencji jest imponujący. Zarówno wykłady zaproszonych prelegentów, jak i pozostałe, obejmujące szeroki wachlarz dyscyplin naukowych, udowodniły, że tematyka ta wciąż tętni życiem, że pojawiają się ciągle nowe i obiecujące idee, które będą w dalszym ciągu wpływać znacząco na nasze rozumienie mechanizmów powodujących powstawanie chaosu, turbulencji, efektów dysypacyjnych, gwałtownych zmian struktur czasoprzestrzennych, a więc tego wszystkiego, co stanowi o bogactwie i złożoności naszego świata. Warto uświadomić sobie, że w praktyce zdecydowana większość układów jest niecałkowalna. Szczególnymi i bardzo ważnymi przykładami są tu tzw. duże układy Poincarégo posiadające widmo ciągłe. Prowadzi to do pojawiania się członów dyfuzyjnych (dysypatywnych) w opisie ich dynamiki. Wynika to z konieczności odstępstw od „klasycznego” obrazu trajektorii czy funkcji falowej. Na scenę wkracza prawdopodobieństwo, a więc funkcja jego rozkładu, operator Liouville’a i nieodwracalność. Analiza spektralna operatora Liouville’a dla map w naturalny sposób zmusza do przejścia do rozszerzonej przestrzeni Hilberta i w prosty sposób wprowadza wykładniki Liapunowa.

Inną przyczyną pojawienia się dysypacji i nieodwracalności jest stochastyczny szum, zaburzenie, które modyfikuje dynamikę układu. Odkrycie „klasycznego” czy też „matematycznego” chaosu (są to synonimy chaosu deterministycznego) opartego na mocnych matematycznych podstawach nowoczesnej teorii ergodycznej, zderza się z faktem, iż tego rodzaju mechanizmy nie mogą działać w skończonych układach kwantowych. W tych układach ruch ograniczony jest do skończonej przestrzeni fazowej, a więc energia i widmo częstości są dyskretne. To prowadzi do dramatycznego konfliktu z zasadą korespondencji między fizyką kwantową a klasyczną. Pojawia się tutaj na ratunek zupełnie nowa idea dynamiczna tzw. pseudochaosu, czyli statystycznego zachowania się układów z dyskretną energią i widmem częstości, które rozumiane jest jako odwracalna w czasie ale nierekursyjna relaksacja do stanu ustalonego, na który nałożona jest nieregularna fluktuacja. Okazuje się, że pseudochaos może pojawiać się również w układach klasycznych takich jak oscylatory liniowe i fale, komputery cyfrowe i układy całkowalne.

Te wszystkie idee, tak ważne z punktu widzenia poznawczego, są wyjątkowo cenne ze względu na zastosowania praktyczne. Mają one często implikacje finansowe „spłacające” dotychczasowe nakłady na badania nieliniowe. Ich potencjał dotyczący przyszłych zastosowań jest ogromny. Nie sposób go wręcz przecenić.

Z żalem należy skonstatować, że w tej krótkiej notatce nie można szerzej omówić bogatego dorobku Konferencji. Zainteresowanych odsyłamy do materiałów konferencyjnych. Opublikowany również został raport naukowy, znacznie obszerniej opisujący dorobek naukowy Konferencji. Zawiera on listę uczestników, program Konferencji, omówienie wygłoszonych wykładów, zalecenia paneli oraz bogaty zestaw korespondencji uczestników popierających ideę utworzenia Centrum, jak również zawierający wysoką ocenę rezultatów i organizacji Konferencji.

Instytut Fizyki Plazmy i Mikrosyntezy Laserowej, który wziął na siebie z powodzeniem ciężar technicznej i finansowej obsługi Konferencji i Lokalnego Komitetu Organizacyjnego może na życzenie dostarczyć egzemplarz tego raportu. A oto adres pocztowy i elektroniczny, na który prosimy kierować prośbę o raport: Instytut Fizyki Plazmy i Mikrosyntezy Laserowej, Hery 23, 00-908 Warszawa, skr. poczt. 49, ifplms@cx1.cyf.gov.pl.

*Roman Żelazny*

Instytut Fizyki Plazmy i Mikrosyntezy Laserowej  
Warszawa

## RECENZJE

Ewa Skrzypczak, Zygmunt Szepliński: **Wstęp do fizyki jądra atomowego i cząstek elementarnych**, wyd. I, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995, s. 184

Recenzowana książka, dotowana przez Ministra Edukacji Narodowej i wydana przez Wydawnictwo Naukowe PWN w 1995 r., jest w zasadzie skryptem uniwersyteckim przeznaczonym dla słuchaczy III roku fizyki i astronomii. Autorzy książki – pracownicy naukowcy Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego stwierdzają, że materiał zawarty w książce jest omawiany podczas wykładu trwającego jeden semestr w wymiarze dwóch godzin tygodniowo. Mają oni nadzieję, że książka będzie stanowiła istotną pomoc dla studentów, umożliwiającą wykładowcom rozszerzenie wybranych tematów. Uważam, że zwięzłe opracowanie, nie przekraczające 200 stron, może spełnić oczekiwania Autorów pod warunkiem, że jego treść zostanie zaakceptowana przez większość fizyków zajmujących się kształceniem studentów w omawianej dziedzinie. Porównując recenzowane opracowanie z innymi dostępnymi na rynku lub w większości bibliotek uniwersyteckich książkami (do wymienionych przez Autorów w par. 1.1 pozycji dodałbym *Podstawy fizyki współczesnej* Acosty, Cowana i Grahama, PWN, Warszawa 1987, *Subatomic Physics* Frauenfeldera i Henleya, Prentice-Hall, Englewood Cliffs 1974, *Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments* W.P. Leo, Springer-Verlag, Berlin 1987 oraz *Encyklopedię fizyki współczesnej* pod redakcją A.K. Wróblewskiego), ma ono tę poważną zaletę, że jest stosunkowo zwarte. Proponowany materiał z konieczności jest znacznie ograniczony i pewne działy omawiane szerzej w innych ośrodkach uniwersyteckich są w tym przypadku znacznie uproszczone. Można by postawić pytanie: czy student po opanowaniu treści książki jest przygotowany do samodzielnego rozwiązania zadań w niej proponowanych? Nie mam pewności.

Podręcznik składa się z dwu części: 160-stronicowej, obejmującej 7 rozdziałów, oraz prawie 20-stronicowej, zawierającej tematy zadań z nielicznymi przykładami ich rozwiązań (rozd. 8). Wprowadzenie zawiera, poza ogólnymi uwagami, tablice stałych fizycznych i definicję przekroju czynnego. Rozdział drugi, zatytułowany „Narzędzia fizyki jądrowej”, poświęcony jest oddziaływaniom cząstek z ośrodkiem materialnym, detekcji cząstek neutralnych oraz akceleratorom. Właśnie te zagadnienia, tradycyjnie szerzej omawiane w większości ośrodków, są tu potraktowane bardzo skrótowo; właściwie pominięto w zupełności problem detekcji promieniowania. Czytelnik spotyka się w dalszej części z mierzonymi widmami, lecz nie dowiaduje się w jaki sposób można je uzyskać. Po omówieniu w kolejnym rozdziale wielkości charakteryzujących jądra atomowe i cząstki elementarne, Autorzy wprowadzają najprostsze modele jądrowe. W kolejnym rozdziale, którego układ jest prawidłowo wyważony, opisane są spontaniczne przemiany jądrowe.

Dalej omawiane są typowe reakcje jądrowe. Ostatni rozdział (poza zadaniami) poświęcony jest elementom modelu kwarkowego i poruszane są w nim pewne zagadnienia fizyki najwyższych energii.

Po tych ogólnych uwagach, nasuwających się po pierwszym przeczytaniu podręcznika, jest miejsce na bardziej szczegółowe wyrażenie aprobaty lub wytknięcie potknięć. Jak już wspominałem, podstawową zaletą podręcznika jest jego zwartość i prostota. Osiągnięcie to zostało z konieczności opłacone pominięciem wielu zagadnień. W wielu miejscach Autorzy posługują się „językiem opisowym”, a nie „matematycznym”, do którego przyzwyczajeni są uniwersyteccy studenci fizyki.

W podręczniku znajduje się wiele błędów, tzw. „literówek” (np.: „*Inductory Nuclear Physics*” (s. 12); we wzorze na średnie straty energii (s. 28), powinien być współczynnik 2 zamiast 4, oraz brak współczynnika 2 przed  $\beta^2$ ; „Oczywisty warunek  $\cos \theta \geq 1$  prowadzi...” (s. 31); tellurowi przypisano  $Z = 51$  (s. 108); „Stwierdzono... – bardzo wysoką (powyżej 200 GeV) temperaturę...” (s. 160)).

Jest tam też wiele co najmniej kontrowersyjnych stwierdzeń, z których wymienię kilka następujących:

- a) Czy spotyka się nazwę „układ  $c = 1$ ” (s. 13 i 52)?;
- b) Na s. 28 dokonano dość kontrowersyjnego podziału cząstek ze względu na sposób ich oddziaływania z materią;
- c) Na s. 28 i 29 używa się wymiennie nazw: średnie straty energii, straty energii, gęstość strat energii i gęstość jonizacji;
- d) W przykładzie reakcji zdarcia (strippingu), jak można domyśleć się z tekstu, zdartym nukleonem nazywa się część lecąca, zaś „pozostała po zdarciu część jądra może oddziaływać z jądrem-tarczą...” (s. 136);
- e) Na s. 136 sformułowanie „...cząstki mogą zderzać się z jądrami lub też mijać jądro po torach kulombowskich...” nie jest zgodne z rys. 6.6; rozproszenie kulombowskie też jest zderzeniem;
- f) W podręczniku spotyka się wbrew powszechnie przyjętej konwencji (np. *Nuklidkarte*, Kernforschungszentrum Karlsruhe) rysunki ilustrujące układy współrzędnych, w których na poziomej osi odkłada się liczbę protonów w jądrze, zaś na osi pionowej liczbę neutronów bądź liczbę masową. Podobną konwencję, jak również prawie identyczny rysunek (4.1 na s. 73), znaleźć można w nie cytowanym przez Autorów podręczniku *Podstawy fizyki współczesnej* Acosty i innych;
- g) Wprowadzone pojęcie procesu „fatalnego” (s. 27) nie jest powszechnie spotykane w literaturze;
- h) Definicja nuklidu, wbrew oczekiwaniu, nie jest najlepsza (s. 46);
- i) Stwierdzenie: „...liczba linii  $\gamma$  i wartości ich energii określają liczbę i strukturę poziomów energetycznych danego jądra...” (s. 83) wydaje się być wielce optymistyczne;
- j) Według Autorów „typowe czasy życia ze względu na procesy elektromagnetyczne w jądrach to  $10^{-16} - 10^{-15}$  s” (s. 96);
- k) Rys. 2.1 na s. 26 nie zawiera nic „oznaczonego liniami kropkowanymi”, a rys. 5.11 ze s. 118 nie odpowiada dokładnie podpisowi.

Powyższa lista usterek (może zbyt długa jak na recenzję, a mimo to niekompletna) sygnalizuje czytelnikowi, że studiując ten podręcznik można się spotkać z dyskusyjnymi

sformułowaniami. Następne wydanie warto byłoby wzbogacić mniej uproszczonymi rysunkami. Uniknięcie celowych skrótów, nie zmuszałoby Autorów do wielokrotnego tłumaczenia się w tekście, że brak miejsca na dokładniejszy opis. Książka jest przyzwoicie wydana i posiada ładnie zaprojektowaną okładkę. Podręcznik powinien być adresowany do mniejszego kręgu czytelników (niniejsze wydanie jest przeznaczone zarówno dla studentów fizyki na uniwersytetach jak i uczniów starszych klas liceów).

Podsumowując mogę stwierdzić, że egzemplarz podręcznika, który otrzymałem do recenzowania, pozostawię w swych zbiorach i mam nadzieję, że czasami będę go mógł komuś polecić.

*Andrzej Bałanda*

Instytut Fizyki UJ  
Kraków

**John R. Taylor: Wstęp do analizy błędu pomiarowego**  
z jęz. angielskiego tłumaczyli A. Babiński, R. Bożek  
Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995, s. 297

Już zdjęcie zamieszczone na okładce książki pokazuje, do czego mogą doprowadzić błędy w analizie wyniku pomiarowego: na paryskim bruku leży rozbita lokomotywa, która wypadła z okna dworca kolejowego. Jednak nie o takich błędach, czy też dokładniej pomyślach, pisze w swojej książce J.R. Taylor. Błąd pomiarowy jest nieodłączną cechą samego pomiaru. Niestety często się o tym fakcie zapomina, a konsekwencje, jak widać, mogą być poważne.

Książka ta jest adresowana przede wszystkim do studentów pierwszych lat studiów dowolnego ścisłego kierunku, gdzie podczas wstępnych ćwiczeń z fizyki wymagane jest przeprowadzenie prostej analizy błędu pomiarowego. We wstępie Autor uświadamia czytelnikowi, że liczbowy wynik doświadczenia sam w sobie niesie niewiele informacji, jeśli nie jest podany jego błąd. Z kolei prawidłowo oszacowany błąd pomiarowy mówi wiele o samym doświadczeniu, pozwala ocenić układ pomiarowy lub porównać go z innym układem. Znajomość błędu umożliwia również krytyczne spojrzenie na model teoretyczny badanego zjawiska. Sądzę, że nie tylko studenci będą mogli w tej książce coś ciekawego dla siebie znaleźć. We współczesnym laboratorium rzadko robi się doświadczenia, których wyniki da się tak prosto przeanalizować, jak np. na podstawie kryterium Chauveneta. Pomimo to, nawet doświadczonym pracownikom naukowym z pewnością przyda się przypomnienie prostych kryteriów akceptacji i dyskryminacji wyników doświadczalnych na podstawie ich prawidłowo oszacowanych błędów.

W Polsce wydano już kilka książek w dziedzinie opracowywania danych doświadczalnych. Najpopularniejszymi z nich są: opracowanie napisane przez S. Brandta *Metody statystyczne i obliczeniowe analizy danych* (PWN 1974) oraz niedawno wydana pozycja G.L. Squiresa *Praktyczna fizyka* (PWN 1992). W Polsce tematem tym zajęła się między innymi H. Abramowicz w opracowaniu *Jak analizować wyniki pomiarów* (PWN 1992).



Książka Taylora różni się zdecydowanie od wyżej wymienionych pozycji. Przede wszystkim, czyta się ją jak „powieść do poduszki”. Prostota i klarowność przedstawienia tematu towarzyszy nam od pierwszej do ostatniej strony. Wyraźną troską Autora jest, aby czytelnik nawet na moment nie utracił kontaktu z głównym wątkiem książki. Każdy kolejny krok w wywodzie Autora jest bogato ilustrowany prostymi i ciekawymi przykładami. Są one typowymi zadaniami rozwiązywanymi podczas pierwszej pracowni z fizyki, natomiast załączone zadania i problemy do samodzielnego rozwiązania istotnie poszerzają zakres tematyczny książki. Najbardziej cenną w tej pracy wydała mi się dbałość Autora o wyrobienie w studentach, już na początku ich działalności doświadczalnej, prawidłowych nawyków w pracy pomiarowej. Określenie kryterium akceptacji wyniku doświadczalnego nie zawsze opiera się na zasadach w pełni obiektywnych: eksperymentator niejednokrotnie musi podejmować decyzję opierając się na własnym doświadczeniu, wyczuciu specyfiki danego eksperymentu, a przede wszystkim na zdrowym rozsądku. Wiele takiego zdroworozsądkowego podejścia do pracy można w opracowaniu Taylora znaleźć.

Książka ta jest bardzo dobrze przetłumaczona i prawie bezbłędna (jakżeby inaczej przy takim temacie) jest jej strona redakcyjna. Znalazłem tylko jedną pomyłkę korektorską, mianowicie na s. 253 (u dołu) wzór w tekście powinien wyglądać:  $N = \sum O_k$ . Wydaje mi się także, że chyba należałoby wspomnieć, przynajmniej w przypisach od tłumacza, iż rozkład dwumianowy nazywany jest też często w literaturze rozkładem Bernoulliego.

Podsumowując moje spostrzeżenia co do książki Taylora uważam, że jest to bardzo cenna pozycja wydawnicza. Rachunek błędów podczas kursu fizyki doświadczalnej to pozycja często lekceważona i zaniedbywana zarówno przez studentów, jak i wykładowców. Nie zapominajmy jednak, że pytanie czy błąd pomiarowy danego doświadczenia pozwala na wyciągnięcie z niego rzeczowych wniosków nigdy nie przestaje być aktualne.

*Leszek Dobaczewski*

Instytut Fizyki PAN  
Warszawa

**Bernard F. Schutz: Wstęp do ogólnej teorii względności**  
z jęz. angielskiego tłumaczył Wojciech Kopczyński  
Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995, s. 365

Gdy przed dziesięciu laty ukazała się poprzednia książka z tej dziedziny (J. Foster i J.D. Nightingale, *Ogólna teoria względności* (Warszawa 1985)), napisałem w recenzji (*Postępy Fizyki* **38**, 78 (1987)): „Duże zapotrzebowanie na teorię Einsteina spowodowało, że w krótkim czasie napisano kilkanaście książek o zróżnicowanym poziomie, od podręczników dla studentów astronomii po zaawansowane matematyczne monografie. Którą z nich należało przetłumaczyć, skoro sądzić należy, że przez wiele lat będzie to jedyna pozycja na ten temat? Poprawna odpowiedź brzmi – żadną, bowiem żadna nie spełnia wymogów polskiego odbiorcy: autorowi zachodniemu nie przyjdzie na myśl, że będzie na rynku monopolistą, a więc że powinien napisać dzieło doskonałe, uniwersalne i wyczerpujące.”

Ten komentarz jest nadal w pełni aktualny. Świat wokół nas przez te dziesięć lat zmienił się ogromnie, a tu nadal ukazanie się książki z fizyki jest ewenementem (porównajmy ile wydaje się książek z nauk humanistycznych). W zakresie fizyki grawitacyjnej otrzymujemy przeciętnie jedną pozycję na dekadę. Wprawdzie nasza wiedza w tej dziedzinie nie rozwija się aż tak szybko, jak optymistycznie wierzyliśmy w latach osiemdziesiątych, tym niemniej podręcznik Schutza wydany w 1985 r. wymagał do polskiego przekładu aktualizacji w wielu miejscach. Należało o to poprosić Autora, a w razie odmowy Tłumacz winien był uzupełnić przekład obszernymi przypisami. Jest ich niewiele. Zdjęcie na okładce przedstawia Krzyż Einsteina – jest to obraz otrzymany po przejściu światła przez soczewkę grawitacyjną, natomiast w tekście zjawisko soczewkowania jest ledwo wzmiankowane paru zdaniem (s. 285). Dodatek od Tłumacza, omawiający podstawy tego zjawiska, byłby wielce pożądany. Dalej, w paru miejscach (s. 282 i 284) Autor wspomina o planach wystrzelenia w minionej dekadzie satelity Hipparcos mającego mierzyć dokładne położenia gwiazd. Aż się prosiło o komentarz Tłumacza o dalszych losach projektu.

Szereg uwag, które przed laty zgłosiłem do podręcznika Fostera i Nightingale'a, mógłbym teraz żywcem przepisać w odniesieniu do podręcznika Schutza. Trzeba jednak powiedzieć, że ten ostatni jest znacznie lepszy. Jest nie tylko o sześć lat młodszy i o połowę obszerniejszy, jest lepiej napisany i zawiera mniej błędów merytorycznych. Jego Autorem jest znany badacz fal grawitacyjnych (ostatnio został jednym z dyrektorów Instytutu Maxa Plancka w Poczdamie) i książka napisana jest kompetentnie. Pokrywa ona w zasadzie wszystkie tematy, które powinny wchodzić w skład wstępnego kursu ogólnej teorii względności (OTW). Jedyne poważniejszym brakiem jest nieobecność głębszego (wychodzącego poza sam pomiar ugięcia promieni świetlnych i przesunięcia peryhelium Merkurego) omówienia eksperymentów potwierdzających OTW – tu Autor odsyła czytelnika do znanej monografii Clifforda Willa.

Pierwszy rozdział jest ładnym wprowadzeniem do szczególnej teorii względności (STW); szkoda, że Autor nie podał, iż od 1983 r. prędkość światła służy jako definicja metra, tzn.  $c = 299\,792\,458$  m/s jest dokładną prędkością światła. Autor kładzie nacisk na geometryczny aspekt teorii, na technikę diagramu Minkowskiego, na nim wyjaśnia paradoksy STW. Niestety dyskusja paradoksu bliźniąt jest nieudana – Autor długo objaśnia jakich błędów robić nie należy, natomiast nie podaje jak należy prawidłowo obliczać wiek każdego bliźniaka. Dyskusję tego paradoksu trzeba było odłożyć do następnego rozdziału i omówić po wprowadzeniu czasu własnego jako długości łuku linii świata. Zamiast tego Autor robi analogię do obrotów układu kartezjańskiego na płaszczyźnie euklidesowej, lecz nie kontynuuje jej na tyle, by problem wyjaśnić. Ponadto usiłuje być dowcipny.

Rozdziały drugi i trzeci wprowadzają elementy mechaniki relatywistycznej i analizy tensorów kartezjańskich. Wykład ładny, lecz zawierający tylko najbardziej elementarne informacje o czterowektorach prędkości, pędu i przyspieszenia cząstki oraz tensorach w przestrzeni Minkowskiego. Brak wektora falowego dla fotonu (pojawi się znacznie później), brak relatywistycznych równań dynamiki Newtona, nie ma antysymetrycznego symbolu  $\epsilon$  Levi-Civity, a przez to nie ma iloczynu wektorowego  $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$  w notacji tensorowej. Przy omawianiu sensu nazw „wektor kontrawariantny i kowariantny” bardzo pomocne byłoby podanie nieużywanych polskich przekładów: „przeciwwzienniczy i współzmienniczy”.

niczy”; nazwy te są mnemotechnicznie pomocne do zapamiętania, jak transformują się składowe wektorów i form liniowych. Autor bardzo nieśmiało rozszerza klasyczny wykład rachunku tensorowego (rozdz. 3, 5 i 6) o elementy nowoczesnej analizy tensorowej. Ładnie omawia sens geometryczny form różniczkowych, podaje, że ich bazą są różniczki  $dx^\alpha$ , natomiast lęka się powiedzieć, że wektor to operator różniczkowy  $\partial/\partial x^\alpha$ , wskutek czego część rozważań o bazach dualnych jest niejasna. Doprawdy student może nabrać przekonania, że operatory różniczkowe w fizyce są zjawiskiem czysto kwantowym. Brakuje też całkowania w przestrzeni Minkowskiego i twierdzenia Gaussa (trudno za przedstawienie tego matematycznego twierdzenia uznać gawędy z par. 4.8 oraz ze s. 166, gdzie w ogóle nie wyjaśniono jak skonstruować  $d^3S$ ); ten brak mści się później wielokrotnie w postaci mętnych rozważań, ilekroć trzeba całkować.

Znakomity jest rozdział czwarty, poświęcony opisowi cieczy idealnej w STW. Przedstawione tam wyniki łatwo potem przenieść do czasoprzestrzeni zakrzywionej. Wykład jest elementarny, nie odwołuje się do hydrodynamiki nierelatywistycznej. Autor kładzie nacisk na to, że dla cieczy doskonałej zarówno w szczególnej jak i w ogólnej teorii względności, efektywna gęstość masy to suma  $\rho + p/c^2$ . Ciśnienie gra w fizyce relatywistycznej większą rolę niż w fizyce nierelatywistycznej. Niestety zrozumienie (dobrego!) tekstu jest utrudnione przez nieszczęśliwie dobraną polską terminologię. Nie „gęstość liczbowa” (czego?), lecz „gęstość liczby cząstek”. Nie „wektor strumienia cząstek”, lecz „wektor gęstości strumienia (lub prądu) cząstek”; strumień jest skalarem – całką wektora po powierzchni. To, co na s. 102 nazwano „strumieniem przez powierzchnię” jest faktycznie „strumieniem przez jednostkową powierzchnię”. Tradycyjnie mówimy „tensor energii–pędu”, a nie „tensor napięcie–energii” (*stress–energy tensor*).

Wykład analizy tensorowej w przestrzeniach zakrzywionych (rozdz. 5 i 6) jest dobry, lecz jak wspominałem – niekompletny. Niektóre informacje podane są w sposób oderwany od pozostałych, przez co tekst traci spójność. Autor zwraca uwagę na różnicę między bazami współrzędnicowymi i ogólniejszymi, lecz skoro nie zdefiniował wektora jako operatora różniczkowego, nie może podać prostego kryterium rozróżniającego – znikania komutatora (komutator pojawia się tylko w zadaniu). Również pochodna Liego i wektory Killinga pojawiają się tylko w zadaniach. Dowód istnienia transformacji współrzędnych do układu lokalnie geodezyjnego (s. 162–4) powinien zawierać jawną postać tej transformacji. Bardzo dobrze omówione jest przeniesienie równoległe wektora oraz różnica między krzywizną wewnętrzną i zewnętrzną. Za to linie geodezyjne potraktowane są zbyt pobieżnie: Autor używa tylko parametru afinicznego (kanonicznego) i przenosi do zadań twierdzenie, że geodetyka jest krzywą o ekstremalnej długości (spełnia równania Eulera–Lagrange’a).

Przedstawienie zasady równoważności wmontowane jest w wykład geometrii przestrzeni zakrzywionych. Pomysł i wykonanie są dobre, niestety nie obeszło się tu bez zgrzytu. Fragment argumentacji za nieistnieniem układów inercjalnych w polu grawitacyjnym (s. 126) jest niejasny; wina tkwi w oryginale lub przekładzie. Sformułowanie słabej zasady równoważności zawiera ewidentny błąd (s. 127): jednorodne pole grawitacyjne jest równoważne jednostajnie przyspieszonemu układowi odniesienia w zakresie ruchów mechanicznych, a nie grawitacji.

Omawiając silną zasadę równoważności – filar teorii Einsteina – Autor popełnia błąd typowy dla niemal wszystkich podręczników OTW na tym, a nawet wyższym poziomie.

Po sformułowaniu (poprawnym) tej zasady stwierdza, że jest ona równoważna zasadzie minimalnego sprzężenia: w obecności grawitacji w równaniach fizyki słusznych w STW należy zastąpić pochodne cząstkowe kowariantnymi. Ray d'Inverno (*Introducing Einstein's Relativity* (Oxford 1992), s. 132) tak komentuje tę ostatnią zasadę: „Niestety, jest ona raczej mglista i dwuznaczna, należy się nią posługiwać ostrożnie”. Natomiast Schutz nie ma wątpliwości: „postulat (IV') nie pozwala na wstawienie żadnego członu z tensorem Riemanna do równań” (s. 186). Jako przykład podaje równania Maxwella. Tymczasem zasada minimalnego sprzężenia tak sformułowana obowiązuje tylko dla równań pierwszego rzędu. Gdy występują drugie pochodne, to należy uważać na ich kolejność, która w przestrzeni płaskiej (pochodne cząstkowe) jest bez znaczenia. Komutator pochodnych kowariantnych generuje krzywiznę, np. równania Maxwella zapisane dla potencjałów dają równania falowe zawierające człon, w którym potencjał sprzęga się do tensora Ricciego. Wiara w absolutną słuszność zasady minimalnego sprzężenia to typowy przykład „folklorystycznej wiedzy w fizyce” (Jürgen Ehlers).

Zasady OTW sformułowane są w rozdz. 7 i 8. Autor starannie omawia sens fizyki w przestrzeniach zakrzywionych. Oszczędza czytelnikowi wyprowadzenia równań Einsteina z wariacji działania i uzasadnia je heurystycznie. Dobrze przedstawia przybliżenie słabych pól grawitacyjnych i zwraca uwagę na niezmienniczość cechowania zlinearyzowanej teorii grawitacji. Ze względu na doniosłość problemu stałej kosmologicznej w fizyce fundamentalnej, dobrze, że pojawia się ona na samym początku omawiania równań Einsteina; potem zgodnie z powszechną tradycją znika ona z równań pola i wraca dopiero w wykładzie kosmologii. Schutz nie jest zbyt mocny w historii OTW, pisze bowiem (s. 199): „stałą  $\Lambda$  wprowadził Einstein wiele lat później” (po sformułowaniu swoich równań); w rzeczywistości były to dwa lata. Podobnie okazuje się (s. 41), iż nie wie, że współrzędne Finkelsteina dla metryki Schwarzschilda rozważał już Eddington w latach dwudziestych.

Znakomity jest rozdział 9 o falach grawitacyjnych, obszerny i szczegółowy, czuje się, że jest to temat bliski sercu Autora. Polecam go każdemu, kto chce się od początku nauczyć co to jest promieniowanie grawitacyjne. Niestety zbyt dużo ważnego materiału przesunięte jest do zadań. Omówione jest tylko przybliżenie liniowe, Autor zbyt krótko i niejasno wspomina o możliwości istnienia ścisłych rozwiązań falowych. A przecież można było dołączyć elementarną dyskusję fal płaskich Brinkmanna–Peresa. Wspominając o nieistnieniu promieniowania monopolowego (s. 232) Autor nie wyjaśnia, dlaczego promieniować może dopiero moment kwadrupolowy, tzn. dlaczego nie ma też promieniowania dipolowego.

Następne dwa rozdziały zajmują się czasoprzestrzenią sferycznie symetryczną i czarnymi dziurami. Wykład jest dobry, mam tylko kilka drobnych uwag. Uzasadnienie (bo nie jest to matematycznie ściśle wyprowadzenie) metryki sferycznie symetrycznej (s. 250–2) jest proste i ładne, lecz Autor zbyt wcześnie wprowadza zmienną radialną jako długość równika sfery, w rezultacie nie podaje, że zawsze można wyeliminować wszystkie składowe pozadiagonalne metryki. Dalej przechodzi od razu do przestrzeni statycznej i pozbawia się możliwości wykazania twierdzenia Birkhoffa – tymczasem uproszczenie równań wskutek nieobecności pochodnych czasowych jest niewielkie. Nazwanie obserwatora w spoczynku obserwatorem lokalnie inercjalnym (s. 253) jest mylne. Niewątpliwym brakiem jest pominięcie warunków energetycznych dla materii. Przedstawienie zdegenerowanego gazu

Fermiego, białych karłów i gwiazd neutronowych jest zbyt pobieżne, jest to właściwie zasygnalizowanie tematu.

Zawwyczaj w metryce Schwarzschilda omawia się tylko geodetyki (czasowe i zerowe) radialne oraz poprawki do orbit newtonowskich (przesunięcie perihelium); Schutz daje ponadto jakościową dyskusję dowolnych orbit za pomocą potencjałów efektywnych, co rozjaśnia fizyczną treść tej czasoprzestrzeni. Przyjmuje jednak za oczywiste, a wcale tak nie jest, że ruch cząstek próbnych odbywa się w „płaszczyźnie równikowej”; ponadto powierzchnia ta wcale nie jest płaska!

Przedstawienie czarnych dziur jest ambitne: Autor przeznaczając mniej więcej tyle samo miejsca dla czarnej dziury Kerra co Schwarzschilda. Moim zdaniem omówienie wirującej czarnej dziury jest zbyt obszerne, a statycznej – zbyt zwięzłe. Mówiąc o horyzoncie czarnej dziury Schwarzschilda Autor nie wprowadza współrzędnych Eddingtona–Finkelsteina ani współrzędnych współporuszających się Lemaître’a; od współrzędnych standardowych przechodzi od razu do zmiennych Kruskala bez ich wyprowadzenia; dla studenta wynik ten jest mało pouczający. Co więcej, nie podaje najbardziej charakterystycznej cechy horyzontu zdarzeń – że jest to powierzchnia nieskończonego przesunięcia widma ku czerwieni (stąd się przecież wzięła nazwa „czarna dziura”). Z kolei rozważania dotyczące pola powierzchni horyzontu czarnej dziury Kerra wprowadzają w błąd (s. 296). Horyzont to trójwymiarowa hiperpowierzchnia zerowa i pojęcie jego pola powierzchni odnosi się do dwuwymiarowej zamkniętej powierzchni będącej przekrojem horyzontu w jednej chwili; komentarz Schutza sugeruje, że chodzi mu o pole horyzontu jako całości.

Schutz wspomina również o frapującym nawet laików zjawisku Hawkinga: czarna dziura promieniuje dzięki efektom kwantowym jak ciało doskonale czarne, nie jest więc wcale doskonale czarna! Jej temperaturę szacuje za pomocą zasady nieoznaczoności dla energii i czasu. Szkoda tylko, że nie mówi nic o procesach termodynamicznych z udziałem czarnych dziur, np. jak wygląda równowaga termiczna czarnej dziury z otaczającym ją promieniowaniem elektromagnetycznym.

Ostatni rozdział przeznaczony jest tradycyjnie dla kosmologii. Niestety, podobnie jak u Fostera i Nightingale’a, jest ona potraktowana po macoszemu. Sprowadza się do kosmologii matematycznej, zawężonej do geometrii modeli Friedmanna. Te ostatnie przedstawione są dobrze, lecz zbyt skrótowo. Pod tym względem wykład kosmologii w starym przeciw dziele Landaua i Lifszica *Teoria pola* jest daleko bardziej obszerny i kompletny. Zupełnie nie wiadomo po co książkę zamyka paragraf „kosmologia fizyczna” – jest to zestaw haseł nie niosących treści.

Książka zawiera sporo drobnych błędów; niektóre wymieniałem powyżej. Wymieszane są z błędami drukarskimi i pomyłkami Tłumacza. Podaję je tu razem (liczba na początku jest numerem strony):

28<sub>2,1</sub>: Winno być:  $x = 2$  oraz  $\bar{x} = 2$ ,

45–8 i reszta książki: nie „kolekcja składowych”, lecz „zbiór składowych”,

52, wzór (2.15) oraz 53, wzór (2.18) i zdanie po nim: Niepoprawna notacja dla macierzy odwrotnej do transformacji Lorentza. Jeżeli  $\Lambda = (\Lambda^{\alpha'}_{\beta})$ , to  $\Lambda^{-1} = (\Lambda_{\beta'}^{\alpha})$ , a nie  $(\Lambda^{\alpha}_{\beta'})$ . Notacja Schutza stosuje się tylko do „pchnięcia” (*boost*) ze s. 50,

56<sub>17</sub>: Powinno być: „Istnieje nawet układ, w którym B jest wcześniejsze niż A...”,

71<sub>13</sub> oraz 72: Powinno być: „Składowe  $\tilde{p}$  w bazie”, a nie „na bazie”,

- 85<sub>11</sub>: Winno być: „Zauważmy, że wszystkie wskaźniki tensorów typu  $\binom{M}{0}$  znajdują się u góry”,
- 96: To, co Autor i Tłumacz nazywają myląco „kolekcją cząstek” jest po prostu kroplą cieczy,
- 98, podpis do rys. 4.2: Winno być: „to wszystkie z nich odległe nie więcej niż...”,
- 119<sup>2</sup>: Chyba „dysypacja” zamiast „dyssypacji”. Jak mi powiedział pewien lekarz, dysypacja to nie fonetyczne ssanie,
- 149: We wzorze (5.83) winno być  $(\partial/\partial y)(-\sin\theta)$ ,
- 183<sub>11</sub>, zad. 39b: Winno być: „Leibniz”,
- 187, wzór (7.11): Przed  $\Gamma$  ma być znak +, a nie =,
- 198<sup>14</sup>: „Wyróżniający się fizyki S. Chandrasekhar”. Styl!,
- 206<sup>9</sup>: Po zlinearyzowanych równaniach Einsteina (8.42) konieczny jest komentarz, że ich prawa strona – tensor  $T_{\mu\nu}$  – również musi być liniową funkcją zaburzeń metryki i materii,
- 233<sup>10</sup>: Mylna notacja: winno być  $R = [\sum_i (x^i - y^i)^2]^{1/2}$ ; błąd powtarza się trzy razy,
- 254<sub>11</sub>: Ma być: „Wtedy  $T$  ma składowe dane wzorem (7.7)”,
- 266<sup>8</sup> oraz wzory (10.77) i (10.79): Kolizja oznaczeń:  $p$  oznacza równocześnie pęd i ciśnienie,
- 277<sub>6</sub>: Ma być: „Z równania (11.14) wynika...”,
- 277, wzór (11.18): Ma być  $\tilde{E}^2$  zamiast  $\tilde{E}$ ,
- 280, wzór (11.31): człon liniowy w  $y$  ma być równy  $(6M^3/\tilde{L}^4)y$ . Ten błąd i następne ze s. 281 niewątpliwie pochodzą z oryginału,
- 281<sup>1</sup>: Ma być:  $y_0 = 3M^3/k^2\tilde{L}^4$ ,
- 281, wzór (11.33): Ostatni wyraz pod pierwiastkiem zamiast  $-y_0^2$  ma być  $+k^2y_0^2$ ,
- 281: Kolizja oznaczeń ze wzorów (11.34) i (11.35) ze wzorami (11.36)–(11.39).
- 276<sup>5</sup> i 284<sup>4,6-7</sup>: „Cząstka (foton) obraca się” – ma to oznaczać, że zmienia kierunek ruchu,
- 287, wzór (11.54):  $\tilde{E}$  ma być w liczniku, a nie w mianowniku,
- 293 i nast.: Nie „powierzchnia horyzontu”, lecz „pole powierzchni horyzontu”,
- 296–7: We wzorze (11.75) drugi człon w liczniku ułamek winien być  $-a^2\Delta\sin^2\theta$ , a nie  $-a^2\Delta$ . W rezultacie wzory (11.76) i (11.77) są fałszywe (błąd oryginału). Wynik końcowy na pole powierzchni horyzontu, (11.78), jest poprawny, bowiem  $\Delta = 0$ ,
- 303<sup>1</sup>: Winno być: „Wewnątrz horyzontu zdarzeń, obserwator poruszający się w przód w czasie to taki, który zmniejsza  $r$ ”,
- 304: Temperatura czarnej dziury wynosi  $\hbar c^3/8\pi kGM$ , zatem we wzorach (11.98) i (11.99) winno być  $\hbar$  zamiast  $h$ . Schutz podaje temperaturę  $2\pi$  razy wyższą. Aby otrzymać poprawną temperaturę, trzeba zasadę nieoznaczoności (s. 302) pisać  $\Delta E \Delta t = \hbar/2\pi$ ,
- 321<sup>2-4</sup>: Mówiąc, że przestrzeń w zamkniętym świecie Robertsona-Walkera to 3-sfera, nie ma sensu wprowadzać czwartego wymiaru przestrzennego, sugerując, że ta sfera jest zanurzona w  $\mathbf{R}^4$ . Ten czwarty wymiar jest zbędny fizycznie i matematycznie,
- 321 i nast.: Powszechnie przyjętą w kosmologii nazwą dla funkcji  $R(t)$  jest „kosmiczny czynnik skali”, a nie „współczynnik ekspansji kosmologicznej”.

Dwie uwagi ogólniejsze. Podręcznik napisany jest modnym stylem anglosaskim, zgodnym z którym istotna część materiału przesunięta jest z tekstu głównego do zadań. Odnosi

się to do dowodów twierdzeń i wyprowadzeń wzorów. W rezultacie zadania stają się integralną częścią kursu, a nie ćwiczeniami, jak to było tradycyjnie. Zmusza to czytelnika do większej aktywności za cenę rwania ciągłości wykładu. Co gorsze, nie jest zachowany jednolity poziom wykładu: część zadań, które koniecznie trzeba rozwiązać, jest wyraźnie trudniejsza od tekstu głównego.

Po drugie, podręcznik Schutzta, podobnie jak inne wykłady OTW, z założenia miał być samowystarczalny, tzn. dać czytelnikowi cały aparat potrzebny do zrozumienia teorii Einsteina: elementy STW i rachunek tensorowy. Tak nie jest. Spośród licznie wydanych w ciągu ostatnich 20 lat podręczników zawierających bardziej lub mniej zmodernizowany wykład analizy tensorowej, nie znam żadnego, w którym wykład ten zawierałby wszystkie elementy stosowane w teorii grawitacji. Zawsze są niekompletne. Czytelnik musi więc sięgnąć do dzieł klasycznych, np. Synge'a i Schilda lub Landaua i Lifszica. Zwłaszcza ten ostatni nadal budzi podziw: w objętości mniejszej niż w książce Schutzta mamy komplet wiedzy o tensorach, skondensowanej do granic możliwości.

Zakończę znowu cytatem z własnej recenzji sprzed dziesięciu lat. „Podsumowując, książka jest dobra, gdyż zalety zdecydowanie górują nad wadami [mocno to stwierdzam]. Byłaby jeszcze użyteczniejsza, gdyby Redaktor polskiego wydania, biorąc pod uwagę funkcje, jakie ta książka będzie spełniać na polskim rynku, uzupełnił ją zestawem odpowiednich komentarzy i dodatków.”

*Leszek M. Sokołowski*

Obserwatorium Astronomiczne UJ  
Kraków

## LISTY DO REDAKCJI

## Pugwash

Ze zdziwieniem przeczytałem opublikowaną w Kronice zeszytu 1 *Postępów* z 1996 r. sygnowaną *B.W.* notatkę poświęconą pokojowej nagrodzie Nobla z 1995 r. przyznanej organizacji naukowej znanej pod hasłem Pugwash i jej współtwórcy prof. Józefowi Rotblatowi. Nie zamierzam po raz kolejny przypominać publicznie dwuznacznej roli (dla mnie zupełnie jednoznacznej) pełnionej przez Pugwash w latach tzw. zimnej wojny. Uczyniłem to w obszernym artykule opublikowanym w 1995 r. w *Tygodniku Powszechnym*. Ubolewam nad tym, że w 1996 r. ukazał się tekst pomijający fakt zorganizowania i odbycia posiedzenia Pugwashu w Warszawie w stanie wojennym, i publicznego mizdrzenia się organizatorów i przewodniczącej Pugwash do administratora stanu wojennego gen. Jaruzelskiego w dniu masakry robotników w Lubinie. Dla mnie na zawsze Pugwash kojarzyć się będzie z fragmentem Dziennika Telewizyjnego, pokazującego przewodniczącą Pugwash i generała szefa WRON w godzinę po tym jak, dzięki zagranicznym korespondentom, radiu Wolna Europa i bohaterstwie bezimiennych osób, które dostarczyły i przemyślały wiadomości, wszyscy wiedzieliśmy o tragedii w Lubinie.

Fizyka jest nauką, która zbudowana jest na poszanowaniu faktów. Notatka *Postępów* pomijając warszawski epizod Pugwashu nagina fakty do przyjętej, w mojej opinii błędnej, teorii o istotnie korzystnym wpływie Pugwash na losy świata.

Uprzejmie lecz stanowczo domagam się opublikowania powyższego komentarza na łamach *Postępów Fizyki*.

*Łukasz A. Turcki*

Centrum Fizyki Teoretycznej PAN  
i Szkoła Nauk Ścisłych  
Warszawa



## K R O N I K A

## PTF

## Oddział Gdański

Dnia 21 marca 1996 r. odbyło się walne zebranie sprawozdawczo-wyborcze Oddziału Gdańskiego PTF. Jak wynika ze sprawozdania przewodniczącego ustępującego Zarządu, Krystiana Kozłowskiego, Oddział liczy obecnie 120 członków. W okresie sprawozdawczym kontynuowano akcję wykładów dla uczniów szkół ponadpodstawowych i nauczycieli. Przeprowadzono 13 interesujących wykładów, na których przeciętna frekwencja wynosiła ok. 150 osób. Zorganizowano kilka odczytów naukowych, w tym jednodniową konferencję naukowo-szkoleniową związaną z 70-leciem urodzin prof. Józefa Terleckiego.

Przedstawiciele Oddziału (dr inż. A. Bujko i dr R. Zieliński) wzięli czynny udział (A.B. – komunikat, R.Z. – plakat) w konferencji „X Dni Wymiany Doświadczeń w Nauczaniu Fizyki w Wyższych Szkołach Technicznych” zorganizowanej w Krakowie.

Zarząd Oddziału odbył 8 posiedzeń, głównie poświęconych organizacji działalności Oddziału. Uporządkowano sprawy finansowe. Poszukiwano nowych członków wspierających, gdyż w minionym okresie Oddział nie otrzymał dotacji finansowej z Zarządu Głównego PTF.

W Oddziale sprawnie działa Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej, który przeprowadził zawody II stopnia w latach 1994 i 1995.

Ustępującemu Zarządowi jednogłośnie udzielono absolutorium. Wybrano nowy Zarząd w składzie: Leon Murawski (przew.), Józef Terlecki (wiceprzew.), Jarosław Rybicki (sekretarz), Maria Gazda (skarbnik), członkowie – Krystian Kozłowski, Teresa Kutajczyk, Bogusława Strzelecka i Stanisław Zachara.

*Stanisław Zachara*

## Nowy „żółty” informator

Ukazało się nowe wydanie „żółtego” informatora: *Physics Research in Poland 1995–96. Directory*. Redaktorem, podobnie jak poprzedniej wersji, jest dr Zygmunt Ajduk (Warszawa), a sponsorami Polskie Towarzystwo Fizyczne i Komitet Fizyki PAN, wydawcą zaś Ośrodek Wydawnictw Naukowych w Poznaniu.

Na 190 stronach można znaleźć tam informacje o wszystkich placówkach wyższych uczelni, Polskiej Akademii Nauk, Państwowej Agencji Atomistyki i Ministerstwa Przemysłu, w których uprawiana jest fizyka, a także wykaz wychodzących w Polsce czasopism fizycznych oraz niektórych astronomicznych i geofizycznych, spis cyklicznych konferencji i szkół odbywających się w Polsce, wykaz fizyków, geofizyków i astronomów będących członkami PAN, podstawowe informacje o PTF. W skorowidzu nazwisk podano adresy elektroniczne niemal wszystkich osób występujących w Informatorze.

Informator jest rozprowadzany przez Zarząd Główny PTF w następujących ce-

nach: loco ZG PTF lub portiernia Wydziału Fizyki UW przy ul. Hożej 69 w Warszawie: 10 zł, drogą pocztową w kraju: 12 zł, za granicę: 12 USD.

B. W.

### Medale dla dwóch Jerzych

Dwóch Polaków, wybitnych optyków, Jerzy Nomarski (Francja) i Jerzy Dobrowolski (Kanada), zostało ostatnio wyróżnionych zaszczytnymi międzynarodowymi medalami.

Jerzy Nomarski otrzymał w 1995 r. najwyższe wyróżnienie naukowe przyznawane corocznie przez SPIE (Międzynarodowe Towarzystwo Inżynierii Optycznej) – Złoty Medal – za wynalezienie kontrastu interferencyjnego różniczkowego, znanego powszechnie pod nazwą „system DIC Nomarskiego” (Nomarski’s Differential Interference Contrast) i za liczne zastosowania tej metody, w szczególności w mikroskopii.

Jerzy (Georges) Nomarski był uczestnikiem Powstania Warszawskiego. Po pobycie w obozie pojechał do Belgii i studiował fizykę w Louvain, a potem w Paryżu. Ponad trzydzieści lat pracował w Institut d’Optique (Paryż i Orsay), był profesorem Ecole Supérieure d’Optique. Obecnie jest na emeryturze. Jest autorem bardzo licznych prac, referatów konferencyjnych i patentów. Utrzymuje bliskie kontakty z polskimi optykami, bywał częstym gościem w warszawskim Instytucie Optyki Stosowanej. Jest członkiem honorowym brytyjskiego Królewskiego Towarzystwa Mikroskopii.

Optyczne Towarzystwo Ameryki (OSA) nadało Medal Richardsona za rok 1996 Jerzemu Dobrowolskiemu za „wkład w odkrycie i rozwój cienkowarstwowych optycznych pokryć do zabezpieczania dokumentów i pieniędzy papierowych”. Cho-

dzi tu o wynalezienie i opracowanie oraz rozwinięcie technologii cienkich, wielowarstwowych pokryć oraz sposobu ich przytwierdzania do obiektów, które chce się chronić przed fałszerstwem.

Jerzy Andrzej Dobrowolski urodził się w Polsce. Za granicą znalazł się w wyniku drugiej wojny światowej. Studiował w Anglii, doktorat uzyskał na Uniwersytecie Londyńskim i od 1955 r. był pracownikiem naukowym (w 1991 r. przeszedł na emeryturę, ale pracuje nadal jako wolontariusz) w Institute for Microstructural Sciences of the National Research Council of Canada w Ottawie. Jest wybitnym specjalistą w dziedzinie własności optycznych i technologii cienkich warstw. Jest także znany w świecie jako autor wielu metod całkowicie automatycznej syntezy układów cienkich warstw optycznych. Uzyskał liczne patenty i jest autorem ponad 100 prac naukowych, a również autorem lub współautorem kilku rozdziałów książki *Handbook of Optics* wydanej przez Amerykańskie Towarzystwo Optyczne.

Za pierwsze opracowanie metody wytwarzania i nanoszenia pokryć optycznych (którą można też stosować do chronienia autentyczności obiektów sztuki) otrzymał od konsorcjum Moët-Hennessy w 1989 r. nagrodę „Nauka dla Sztuki”, o czym zresztą pisaliśmy w Kronice 1/2, 1990.

Dobrowolski kilkakrotnie odwiedzał Polskę, zarówno w celach naukowych (zapraszany m.in. przez Sekcję Optyki SIMP) jak i rodzinnych (pochodzi z okolic Cieszyna).

B. W.

### AGH czci swoich zmarłych profesorów

W dniu 22 kwietnia 1996 r. na Wydziale Fizyki i Techniki Jądrowej Akademii Górniczo-Hutniczej odbyła się cemo-

nia dla uczczenia pamięci profesorów zasłużonych dla naszego Wydziału, Uczelni i całego środowiska fizyków krakowskich. Pawilon Wydziału, za zgodą Senatu AGH, został nazwany imieniem prof. Mariana Mięśowicza. Odstonięto tablicę poświęconą pamięci Profesora z płaskorzeźbą i napisem:

Profesor Marian Mięśowicz

21.11.1907 – 5.04.1992

Wybitny Uczony

Nasz Mistrz i Twórca Krakowskich  
Szkół Naukowych

– Fizyki Cząstek Wysokich Energii  
– Technicznej Fizyki Jądrowej  
Uczniowie

Sala amfiteatralna Wydziału została nazwana imieniem zmarłego przed 30 laty prof. Leopolda Jurkiewicza, pierwszego dyrektora Instytutu Techniki Jądrowej AGH.

W uroczystości uczestniczyło ponad 100 osób, w tym władze Uczelni – JM Rektor prof. Mirosław Handke oraz prorektory, dziekani wydziałów, Konwent Seniorów AGH, władze i przedstawiciele Wydziału Matematyki i Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego, dyrekcja i przedstawiciele Instytutu Fizyki Jądrowej w Krakowie, Zarząd Krakowskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Fizycznego, Prezes Państwowej Agencji Atomistyki prof. Jerzy Niewodniczański, rodziny Profesorów, przyjaciele, uczniowie, studenci Wydziału.

Z pierwszą inicjatywą uczczenia pamięci Mariana Mięśowicza wystąpił w trakcie posiedzenia Rady Europejskiego Towarzystwa Fizycznego w Bad Honnef (24–25 marca 1995) prezes brytyjskiego Instytutu Fizyki (IOP) prof. Arnold Wolfendale. Sekretarz Generalny PTF prof. Ireneusz Strzałkowski przekazał tę sugestię do Krakowskiego Oddziału PTF, a władze Wydziału Fizyki i Techniki Jądrowej i uczniowie Profesora uznali, że najbardziej stosownym miejscem dla wmurowania tablicy jest

budynek Wydziału, który swoje istnienie i pozycję w dużej mierze zawdzięcza prof. Marianowi Mięśowiczowi.

*Andrzej Lenda*

## Indie dołożą się do LHC

Dyrektor Generalny CERN-u, Christopher Llewellyn Smith, podpisał niedawno w New Delhi porozumienie z Ministerstwem Energii Atomowej Indii, w myśl którego Indie dostarczą oprzyrządowanie wartości 25 mln USD do budowanego w CERN-ie Wielkiego Zderzacza Hadrónów (LHC). Energia zderzających się w tym akceleratorze cząstek ma osiągnąć 7 TeV.

Indie mają dostarczyć 12 000 nadprzewodzących sekstupolowych magnesów korekcyjnych, które zostaną umieszczone wzdłuż drogi wiązki w tunelu długości 27 km, a także oprzyrządowanie elektroniczne synchrotronu przyspieszającego protony wstrzykiwane do LHC. Być może naukowcy indyjscy wezmą udział w konstrukcji dwóch detektorów do LHC.

*Nature* 380, nr 6573 (1996)

*B. W.*

## ECT\*

Europejskie Centrum Badań Teoretycznych w Fizyce Jądrowej i Dziedzicach Zbliżonych w Trento, czyli jak się powszechnie nazywa: ECT\*, powstało w 1992 r. (patrz Kronika 2/93). Dyrektorem Centrum jest Ben Mottelson a sekretarzem naukowym Renzo Leonardi, dziekan Wydziału Nauk Ścisłych Uniwersytetu w Trento. Radzie Centrum przewodniczy Jean-Paul Blaizot (Saclay). Rada zbiera się 3–4 razy w roku i dokonuje oceny propozycji programów badawczych i zapoznaje się z aktualną działalnością ECT\*.

W czerwcu 1993 odbyło się spotkanie robocze nt. kondensacji Bosego-Einsteina, natomiast sympozjum inauguracyjne w lipcu 1993 było okazją dla społeczności teoretyków jądrowych poznania możliwości pracy w ECT\*.

Centrum organizuje ok. 8 sympozjów rocznie. Dotychczas odbyło się 9 spotkań roboczych nt. struktury jąder, tematem dziesięciu innych była fizyka jądrowa średnich i wysokich energii, a czterech – zagadnienia interdyscyplinarne, m.in. struktura zlepków (klastrów) metalicznych. Typowe spotkanie robocze trwa 2 tygodnie, ale zdarzają się też dłuższe lub krótsze. Dotychczas już 1000 fizyków i uczonych innych specjalności z 36 krajów brało udział w działalności ECT\*.

*Nucl. Phys. News* 6, nr 1 (1996)

B. W.

### Akceleratory protonów i ciężkich jonów w terapii nowotworów

Jak wiadomo (patrz np. artykuł O.A. Chomickiego i W.H. Scharfa, *Postępy Fizyki* 45, 433 (1994)), terapia nowotworów przy użyciu szybkich cząstek jest o wiele bezpieczniejsza dla chorego niż naświetlanie fotonami X czy gamma, gdyż niemal cała energia cząstek jest oddawana przy końcu zasięgu, co pozwala niszczyć chorą tkankę nie uszkadzając po drodze zdrowej.

W Instytucie Paula Scherrera (PSI) w Villigen pod Zurychem otwarto 30 stycznia 1996 centrum protonowej terapii raka. Wiązka protonów o energii 600 MeV z cyklotronu w PSI zostaje spowolniona do 200 MeV, a następnie specjalny układ pozwala dopasować energię cząstek do potrzebnej w danym przypadku głębokości wnikania.

W PSI działa też od paru lat (hospitalizowano już 2000 pacjentów) układ Optis

wytwarzający protony o znacznie niższej energii, które stosuje się do terapii nowotworów oczu. Wszystkie zabiegi są prowadzone oczywiście w ścisłej konsultacji i pod nadzorem lekarzy.

Natomiast laboratorium ciężkich jonów (GSI) w Darmstadzie rozpocznie jeszcze w bieżącym roku, przy współpracy lekarzy z uniwersyteckiej kliniki w Heidelbergu, leczenie nowotworów za pomocą wiązek ciężkich jonów (przede wszystkim węgla). Wiązka będzie przemiatana ze zmieniającą energią, tak aby maksimum oddawania energii pokryło cały obszar nowotworu. W tym celu przeprowadzono już skalowanie na tzw. fantomie wodnym (mierzy się rozkład implantowanych cząstek w wodzie, co daje wystarczające przybliżenie rozkładu w miękkiej tkance ludzkiej). Aby zmierzyć te rozkłady stosowano wiązki promieniotwórczych jonów węgla  $^{10}\text{C}$  i  $^{11}\text{C}$ . Jony były przyspieszane w synchrotronie ciężkich jonów SIS. Do celów terapeutycznych trzeba będzie przeprowadzić odpowiednie zmiany w układzie akceleratorowym, tak aby w ciągu kilku minut można było uzyskiwać kolejno różne energie jonów zachowując natężenie wiązki. (Przypomnijmy, że do prac z fizyki wymagana jest możliwie intensywna wiązka o stałej energii jonów.)

Ośrodek terapeutyczny w GSI powstaje pod kontrolą międzynarodowego komitetu, w skład którego wchodzi m.in. specjalści z Berkeley (USA) i Chiba (Japonia), biofizycy i terapeuci europejscy, a także przedstawiciel Związku Niemieckich Kas Chorych. Budowa ośrodka terapii jonowej ma bowiem tylko wtedy sens, jeśli będzie on mógł służyć wszystkim potrzebującym takiej pomocy pacjentom.

Oblicza się, że średni koszt leczenia jednego pacjenta, wliczając w to amortyzację aparatury, będzie wynosić 15–25 tys. DM. Koszty leczenia konwencjonal-

DM nasświetlanie fotonami, 15 tys. DM operacja chirurgiczna, 60 tys. DM chemo-terapia.

*CERN Courier* 36, nr 2 (1996)  
i *Phys. Bl.* 52, nr 4 (1996)

B. W.

## Czy będzie ITER?

Plany zbudowania międzynarodowego eksperymentalnego reaktora termojądrowego ITER (International Thermonuclear

Experimental Reactor) zaczynają napoty-kać na poważne trudności. Projekt został

podjęty w 1988 r. jako współpraca Unii Europejskiej, Stanów Zjednoczonych, Ro-

sji (wówczas jeszcze ZSRR) i Japonii. Ce-lem budowy dużego urządzenia typu „to-

kamaka” jest wykazanie realnych możliwo-ści uzyskania kontrolowanej syntezy term-

jądrowej za pomocą magnetycznego utrzy-żapanu plazmy deuteru-trytowej, podtrzy-

manie syntezy przez 1000 sekund i uzyska-nię 1500 MW mocy cieplnej. Projekt jest

już w fazie opracowań inżynierskich, ale na przeszkodzie staje teraz decyzja rządu

USA obniżenia budżetu badań termojądrowych oraz stanowisko niektórych fizy-

ków europejskich sądzących, że jest jeszcze wiele niepewności co do podstaw nauko-

wych i technicznych. Uważa się, że nale-żałoby prowadzić jeszcze dalsze studia oraz

zależąc od wyników, mianowicie tzw. synteza gniewna. Synteza taka można osiągnąć stosując lasery wielkiej mocy lub wiązki ciężkich jonów do zgniatania kapsułek z pa-

konczyła się zaniem plazma silnie się rozsze-ry. Zwykle kilka miligramów paliwa wy-pala się w ciągu mniej niż nanosekundy. Badania nad wytwarzaniem energii metodą syntezy inercyjnej były do niedawna utaj-nione, gdyż służyły do symulacji wybuchów bomb wodorowych.

Jest jednak prawdopodobne, że ITER będzie budowany. Japonia deklaruje ponie-śnienie większości kosztów pod warunkiem,

ze urządzenie to będzie zlokalizowane w Ja-ponii.

*Nature* 380, nr 6576 (1996)

B. W.

## Ogólnopolskie konkursy uczniowskich prac naukowych z fizyki

Ogólnopolskie konkursy uczniowskich Prac Naukowych z Fizyki, organizowane przez Instytut Fizyki PAN stały się trady-cją. W roku szkolnym 1995/6 odbył się już V konkurs. Impreza ma charakter otwarty, tzn. może w niej wziąć udział każdy uczeń szkoły średniej dowolnego typu. Dobór te-matyki prac pozostawia się wyjącznie in-wencji uczestników. Mogą to być prace teoretyczne lub doświadczalne. Przy oce-nie bierze się przede wszystkim pod uwagę własny wkład autora, jego sposób rozumo-wania i przejrzystość przedstawienia wyni-ków.

Na V Konkurs nadesłano 98 prac 113 autorów (współautorów). Oto zwy-cięzcy V Konkursu (kolejność alfabetyczna, cięzcy V Konkursu są równoważne): Ma-ria Jurczyk, Marcin Zajac (Czechowice-Dziedzice) – „Lepekść cieczy”, Jacek Mi-recki (Włodawa) – „Pomiary przyspiesze-nia ziemskiego”, Krzysztof Nitsch (Czecho-wice-Dziedzice) – „Amizotropa optyczna wótkien sztucznych”, Michał Nowak (Gru-dziądz) – „Obserwacyjne wyznaczenie mo-mentów ekstremów w blasku gwiazd zmien-

nego wynoszą w Niemczech średnio: 7 tys. DM naświetlanie fotonami, 15 tys. DM operacja chirurgiczna, 60 tys. DM chemoterapia.

*CERN Courier* 36, nr 2 (1996)

i *Phys. Bl.* 52, nr 4 (1996)

B. W.

## Czy będzie ITER?

Plany zbudowania międzynarodowego eksperymentalnego reaktora termojądrowego ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) zaczynają napotykać na poważne trudności. Projekt został podjęty w 1988 r. jako współpraca Unii Europejskiej, Stanów Zjednoczonych, Rosji (wówczas jeszcze ZSRR) i Japonii. Celem budowy dużego urządzenia typu „tokamaka” jest wykazanie realnych możliwości uzyskania kontrolowanej syntezy termojądrowej za pomocą magnetycznego utrzymania plazmy. Założeniem było osiągnięcie zapłonu plazmy deuterio-trytowej, podtrzymanie syntezy przez 1000 sekund i uzyskanie 1500 MW mocy cieplnej. Projekt jest już w fazie opracowań inżynierskich, ale na przeszkodzie staje teraz decyzja rządu USA obniżenia budżetu badań termojądrowych oraz stanowisko niektórych fizyków europejskich sądzących, że jest jeszcze wiele niepewności co do podstaw naukowych i technicznych. Uważa się, że należałoby prowadzić jeszcze dalsze studia oraz że zostały zaniedbane inne możliwości osiągnięcia syntezy, mianowicie tzw. synteza inercyjna. Syntezę taką można osiągnąć stosując lasery wielkiej mocy lub wiązki ciężkich jonów do zgniatania kapsułek z paliwem – deuterem i trytem, i ogrzania tej zagęszczonej plazmy do temperatury ok. 50 mln stopni. To wywołuje reakcję termojądrową, która powoduje dalsze podniesienie temperatury do ok. 400 mln stopni. Kapsułki muszą być tak małe, aby reakcja za-

kończyła się zanim plazma silnie się rozszerzy. Zwykle kilka miligramów paliwa wypala się w ciągu mniej niż nanosekundy. Badania nad wytwarzaniem energii metodą syntezy inercyjnej były do niedawna utajnione, gdyż służyły do symulacji wybuchów bomb wodorowych.

Jest jednak prawdopodobne, że ITER będzie budowany. Japonia deklaruje poniesienie większości kosztów pod warunkiem, że urządzenie to będzie zlokalizowane w Japonii.

*Nature* 380, nr 6576 (1996)

B. W.

## Ogólnopolskie konkursy uczniowskich prac naukowych z fizyki

Ogólnopolskie Konkursy Uczniowskich Prac Naukowych z Fizyki, organizowane przez Instytut Fizyki PAN stały się tradycją. W roku szkolnym 1995/6 odbył się już V Konkurs. Impreza ma charakter otwarty, tzn. może w niej wziąć udział każdy uczeń szkoły średniej dowolnego typu. Dobór tematyki prac pozostawia się wyłącznie inwencji uczestników. Mogą to być prace teoretyczne lub doświadczalne. Przy ocenie bierze się przede wszystkim pod uwagę własny wkład autora, jego sposób rozumowania i przejrzystość przedstawienia wyników.

Na V Konkurs nadesłano 98 prac 113 autorów (współautorów). Oto zwycięzcy V Konkursu (kolejność alfabetyczna, wszystkie nagrody są równoważne): Maria Jurczyk, Marcin Zajac (Czechowice-Dziedzice) – „Lepkość cieczy”, Jacek Mirecki (Włodawa) – „Pomiar przyspieszenia ziemskiego”, Krzysztof Nitsch (Czechowice-Dziedzice) – „Anizotropia optyczna włókien sztucznych”, Michał Nowak (Grudziądz) – „Obserwacyjne wyznaczanie momentów ekstremów w blasku gwiazd zmien-

nych”, Krzysztof Olszewski (Zamość) – „Doświadczalne wyznaczanie długości fali świetlnej”, Kamil Trojan (Głogów) – „Własności modeli galaktyk z płaskimi krzywymi rotacji”, Kamil Trojan, Piotr Wojewnik (Głogów, Elk) – „Implikacje anizotropowych właściwości monokryształu  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ”, Andrzej Wiśniewski (Nysa) – „Propozycje wykorzystania komputera jako oscyloskopu do eksperymentów fizycznych”.

Tuż przed uroczystym zakończeniem Prezydent RP ufundował nagrodę specjalną dla jednego ze zwycięzców – komputer PC-Pentium. Komitet Organizacyjny wytypował do tej nagrody Kamila Trojana, autora jednej pracy nagrodzonej i współautora drugiej, również nagrodzonej.

Przyznano też 8 wyróżnień za prace naukowe, a także 24 wyróżnienia w kategorii „opracowania”. Jest interesujące, że wśród nagrodzonych i wyróżnionych nie ma uczniów z dużych ośrodków akademickich. Czyżby ich nie interesował ten konkurs?

W roku szkolnym 1996/7 odbędzie się VI Konkurs. Prace należy nadsyłać (w 2 egz. maszynopisu) do 31 marca 1997 r. na adres: Dr Marek Gutowski, Sekretarz Naukowy Ogólnopolskiego Konkursu Uczniowskich Prac Naukowych z Fizyki, Instytut Fizyki PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa. Od dra Gutowskiego można uzyskać wszelkie dodatkowe informacje, również za pośrednictwem poczty elektronicznej: gutow@ifpan.edu.pl. Tak jak w poprzednich latach, autorzy najlepszych prac zostaną zaproszeni na koszt organizatorów na krótki staż naukowy w Instytucie Fizyki PAN.

Zwycięzcy i wyróżnieni w tym konkursie, a także w konkursie „First Step to Nobel Prize in Physics” uzyskują przywileje przy przyjmowaniu na Międzywydzia-

łowe Indywidualne Studia Matematyczno-Przyrodnicze w Uniwersytecie Warszawskim oraz na studia w Szkole Nauk Ścisłych w Warszawie.

B. W.

## Produkt Gwiezdnych Wojen usuwa graffiti

Opracowany w Lawrence Livermore Laboratory, w związku z programem przygotowującym „Gwiezdne Wojny”, laser zielony o mocy 100 W okazał się przydatny do czyszczenia ścian upstrzonych rysunkami. W ciągu pół godziny można oczyścić powierzchnię 200 m × 1.5 m.

Urządzenie nadaje się zarówno do czyszczenia ścian ceglanych jak i wielkopłytowych, a również z plastiku, marmuru i drewna, nie powodując przy tym uszkodzenia ściany. Natomiast cena urządzenia jest jeszcze wysoka – 250 tys. USD.

Rzeczpospolita, 20 maja 1996

B. W.

## Jak nas widzą

*Gazeta Wyborcza* z 18–19 maja zamieściła rozmowę z wielokrotnym zwycięzcą teleturniejów, który studiował na Uniwersytecie Warszawskim najpierw polonistykę, a później filozofię, jednak studiów nie ukończył.

Dziennikarz pyta: „Nie chce Pan napisać pracy magisterskiej?”

Odpowiedź: „Czasem mam taką pokusę, żeby zrobić dyplom. Ale to teraz chyba wstyd zostać pracownikiem naukowym.”

– „Co Pan mówi! Dlaczego?”

– „Bo to pozycja społecznie bliska bezrobotnemu. Kilkaset złotych miesięcznie.”

*Gazeta Wyborcza*, nr 115 (1996)

B. W.

nych”, Krzysztof Olszewski (Zamość) – „Doświadczalne wyznaczanie długości fali świetlnej”, Kamil Trojan (Głogów) – „Własności modeli galaktyk z płaskimi krzywymi rotacji”, Kamil Trojan, Piotr Wojewnik (Głogów, Ełk) – „Implikacje anizotropowych właściwości monokryształu  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ”, Andrzej Wiśniewski (Nysa) – „Propozycje wykorzystania komputera jako oscyloskopu do eksperymentów fizycznych”.

Tuż przed uroczystym zakończeniem Prezydent RP ufundował nagrodę specjalną dla jednego ze zwycięzców – komputer PC-Pentium. Komitet Organizacyjny wytypował do tej nagrody Kamila Trojana, autora jednej pracy nagrodzonej i współautora drugiej, również nagrodzonej.

Przyznano też 8 wyróżnień za prace naukowe, a także 24 wyróżnienia w kategorii „opracowania”. Jest interesujące, że wśród nagrodzonych i wyróżnionych nie ma uczniów z dużych ośrodków akademickich. Czyżby ich nie interesował ten konkurs?

W roku szkolnym 1996/7 odbędzie się VI Konkurs. Prace należy nadsyłać (w 2 egz. maszynopisu) do 31 marca 1997 r. na adres: Dr Marek Gutowski, Sekretarz Naukowy Ogólnopolskiego Konkursu Uczniowskich Prac Naukowych z Fizyki, Instytut Fizyki PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa. Od dra Gutowskiego można uzyskać wszelkie dodatkowe informacje, również za pośrednictwem poczty elektronicznej: gutow@ifpan.edu.pl. Tak jak w poprzednich latach, autorzy najlepszych prac zostaną zaproszeni na koszt organizatorów na krótki staż naukowy w Instytucie Fizyki PAN.

Zwycięzcy i wyróżnieni w tym konkursie, a także w konkursie „First Step to Nobel Prize in Physics” uzyskują przywileje przy przyjmowaniu na Międzywydzia-

lowe Indywidualne Studia Matematyczno-Przyrodnicze w Uniwersytecie Warszawskim oraz na studia w Szkole Nauk Ścisłych w Warszawie.

B. W.

## Produkt Gwiezdných Wojen usuwa graffiti

Opracowany w Lawrence Livermore Laboratory, w związku z programem przygotowującym „Gwiezdne Wojny”, laser zielony o mocy 100 W okazał się przydatny do czyszczenia ścian upstrzonych rysunkami. W ciągu pół godziny można oczyścić powierzchnię 200 m × 1.5 m.

Urządzenie nadaje się zarówno do czyszczenia ścian ceglanych jak i wielkopłytowych, a również z plastiku, marmuru i drewna, nie powodując przy tym uszkodzenia ściany. Natomiast cena urządzenia jest jeszcze wysoka – 250 tys. USD.

*Rzeczpospolita*, 20 maja 1996

B. W.

## Jak nas widzą

*Gazeta Wyborcza* z 18–19 maja zamieściła rozmowę z wielokrotnym zwycięzcą teleturniejów, który studiował na Uniwersytecie Warszawskim najpierw polonistykę, a później filozofię, jednak studiów nie ukończył.

Dziennikarz pyta: „Nie chce Pan napisać pracy magisterskiej?”.

Odpowiedź: „Czasem mam taką pokusę, żeby zrobić dyplom. Ale to teraz chyba wstyd zostać pracownikiem naukowym.”

– „Co Pan mówi! Dlaczego?”

– „Bo to pozycja społecznie bliska bezrobotnemu. Kilkaset złotych miesięcznie.”

*Gazeta Wyborcza*, nr 115 (1996)

B. W.



## CERN-owskie komiksy

Państwowa Agencja Atomistyki, przy dofinansowaniu przez Komitet Badań Naukowych, wydała polską wersję (w tłumaczeniu Agnieszki Czermak) książeczki *Świat cząstek*, której autorami są Brian Southworth i Georges Boixander.

W postaci zabawnych komiksów przedstawione tam są badania z dziedziny cząstek fundamentalnych prowadzone w CERN-ie, wielkie urządzenia służące do tego celu oraz organizacja tego ośrodka.

Pierwsze komiksy CERN-owskie ukazywały się w gazecie *Tribune de Genève* w 1978 r., a potem CERN, zachęcony przez prof. Leona Van Hove, wydał je w postaci książeczek w wersji angielskiej i francuskiej. Obecne, uaktualnione wydanie jest pierwszym przetłumaczonym na język polski.

Komiks *Świat cząstek* stał się podstawą konkursu dla uczniów zorganizowanego przez dr Zofię Gołąb-Meyer za pośrednictwem czasopisma *Foton*. Bliższe informacje o konkursie i jego wynikach ukazały się w jednej z następnych Kronik.

B. W.

## Pierwsze sto lat *Physical Review*

Amerykańskie Towarzystwo Fizyczne (APS) i Amerykański Instytut Fizyki (AIP) z okazji stu lat istnienia czasopisma *Physical Review* wydały zbiór najbardziej brzemiennych w skutki prac, jakie ukazały się w *Physical Review* i *Physical Review Letters* od pierwszego zeszytu *Phys. Rev.* w 1893 r. aż do 1986 r. (cezura dziesięciu lat wynika z trudności rzetelnej oceny najświeższych prac). Zbiór w postaci książki o 1266 str. ukazał się pod tytułem *The Physical Review – The First Hundred Years, A Selection of Seminal Papers and Commentaries*. Do książki dołączona

jest dyskietka CD-ROM. Redaktorem jest H. Henry Stroke (New York Univ.), który we Wstępie wyjaśnia kryteria doboru reprodukowanych publikacji. Stroke rozesłał zapytania do 500 fizyków (starych i młodych) w uniwersytetach, instytutach państwowych i laboratoriach przemysłowych oraz w wydziałach i sekcjach APS. Reakcja respondentów była entuzjastyczna i zaproponowano przedrukowanie ponad 1000 prac. Było to zbyt wiele aby zmieścić w planowanej objętości książki. Wobec tego wybrano z nich 200, a wszystkie 1000 umieszczono na dyskietce CD-ROM, która jest dołączona do książki. Całość podzielona jest na rozdziały tematyczne, każdy poprzedzony wstępem omawiającym krótko rozwój danej dziedziny i przedstawiający fizyków (wraz z fotografiami), którzy odegrali najważniejszą rolę w jej rozwoju.

Polskie Towarzystwo Fizyczne otrzymało z okazji swego 75-lecia w darze od APS egzemplarz książki (oczywiście wraz z CD-ROM-em).

B. W.

## Sergiej Michajłowicz Polikanow (1926 – 1994)

Dnia 2 września 1994 r. zmarł w Niemczech Sergiej Michajłowicz Polikanow, znany rosyjski fizyk jądrowy. Zmarł nagle w domu, na atak serca, w małej miejscowości Gräfenhausen pod Darmstadem.

Polikanow urodził się 14 września 1926 r. w Moskwie. W latach 1944–50 studiował początkowo w Moskiewskim Instytucie Aeronautyki, a następnie w Moskiewskim Instytucie Fizyki Technicznej. Po studiach podjął pracę w znanym Instytucie Energii Atomowej w Moskwie (noszącym obecnie imię Kurczatowa), a później, w 1958 r., w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej.



S.M. Polikanow

W Dubnej właśnie dokonał w 1962 r. razem ze swoimi współpracownikami bardzo ważnego dla fizyki jądrowej, i chyba głównego w jego życiu, odkrycia. Zaobserwował mianowicie 14-milisekundową aktywność rozszczepieniową w ameryku  $^{242}\text{Am}$ , wytwarzanym w reakcjach z ciężkimi jonami. Aktywność została zinterpretowana kilka lat później przez teoretyka rosyjskiego W.M. Strutinskiego (patrz wspomnienie o nim w Kronice zeszytu 4/95) jako rozszczepiający się izomer kształtu. Jest to stan izomeryczny jądra odpowiadający drugiemu, lokalnemu minimum energii potencjalnej. Choć jest to minimum lokalne, położone o 2–3 MeV wyżej od pierwszego (globalnego) minimum, odpowiadającego stanowi podstawowemu jądra, to jest ono dostatecznie głębokie by jądro mogło w nim trwać nawet do kilkunastu milisekund. Minimum to spowodowane jest znacznymi efektami powłokowymi występującymi przy dużej deformacji jądra, odpowiadającej stosunkowi dłuższej jego półosi do krótszej równemu ok. 2. Po odkryciu

Polikanowa zaobserwowano wiele (ok. 40) innych rozszczepiających się izomerów (od  $^{236}\text{U}$  do  $^{245}\text{Bk}$ ), tworzących na mapie nuklidów całą „wyspę” w otoczeniu ameryku. (W dalszym „zapełnianiu” tej wyspy Polikanow miał zresztą także duży udział.) Zbadano też wiele poziomów jądrowych lokalizujących się w tej drugiej jamie potencjału jądrowego dając początek całej spektroskopii rozszczepiających się izomerów. Odkrycie tych izomerów miało duży wpływ na rozwój fizyki jąder zdeformowanych i fizyki rozszczepienia jądrowego. W szczególności zwróciło uwagę na znaczenie efektów powłokowych w jądrach silnie zdeformowanych.

Odkrycie to miało też duży wpływ na przebieg kariery naukowej samego Polikanowa. W 1966 r. obronił pracę doktorską (rosyjski odpowiednik naszej habilitacji), w 1967 otrzymał bardzo prestiżową Nagrodę Leninowską, a w 1968 r. tytuł profesora. W roku 1974 został członkiem korespondentem Radzieckiej Akademii Nauk, a w roku 1977 otrzymał, wspólnie z W.M. Strutinskim, nagrodę im. Toma Bonnera przyznawaną przez Amerykańskie Towarzystwo Fizyczne. W latach późniejszych otrzymał także tytuł profesora honorowego Wydziału Fizyki i Astronomii Uniwersytetu w Heidelbergu i stopień doktora *honoris causa* (1988 r.) Uniwersytetu w Uppsali oraz został członkiem Duńskiej Królewskiej Akademii Nauk.

Polikanow brał także udział w pracach nad syntezą pierwiastków o liczbie atomowej 102 i 103. Zainicjował i prowadził bardzo oryginalne badania dynamiki procesu rozszczepienia jądrowego przy użyciu atomów mionowych, a także badania nad tworzeniem i własnościami ciężkich hiperjader wytwarzanych w oddziaływaniu antyprotonu z ciężkimi jądrami tarczy. W ostatnich

latach życia brał udział w eksperymentach poświęconych możliwości wytwarzania ciężkich hiperjader w oddziaływaniach relatywistycznych ciężkich jonów z ciężkimi jądrami tarczy (bizmutu i uranu).

W drugiej połowie lat siedemdziesiątych rozpoczęły się kłopoty Polikanowa w związku z jego protestem przeciwko decyzji władz nie zezwalającej mu na wyjazd z rodziną do Genewy w celu prowadzenia badań w CERN-ie. Kłopoty pogłębiły się, gdy przyłączył się on do helsińskiej grupy Sacharowa i występował publicznie w obronie prześladowanych za przekonania. W ostatecznym wyniku został on zmuszony do opuszczenia Związku Radzieckiego w 1978 r. Przez pierwsze dwa lata przebywał w Instytucie Nielsa Bohra w Kopenhadze, a przez następne dwa w CERN-ie w Genewie. Wreszcie w roku 1982 został zatrudniony na stałe w Instytucie Ciężkich Jonów (GSI) w Darmstadcie, gdzie pracował do końca życia.

Polikanow był człowiekiem skromnym, życzliwym i przyjaznym ludziom. Był świetnym eksperymentatorem, obdarzonym rzadko spotykaną intuicją fizyczną. Wiele uwagi poświęcał interpretacji wyników, zrozumieniu ich. Cenił też sobie kontakt z teoretykami, których uwagę starał się przyciągnąć do prowadzonych przez siebie badań eksperymentalnych.

*Tadeusz Krogulski, Adam Sobiczewski*

## Gilberto Bernardini (1906 – 1995)

Dnia 4 sierpnia 1995 zmarł Gilberto Bernardini, jeden z założycieli Europejskiego Towarzystwa Fizycznego.

Bernardini urodził się w 1906 r. w Fiesole k. Florencji. Ukończył Scuola Normale Superiore w Pizie. Pracował pod kierunkiem Brunona Rossiego na Uniwersytecie we Florencji, która była wówczas drugim po Rzymie (Fermi) silnym włoskim ośrodkiem badań fizycznych. Specjalnością Florencji było promieniowanie kosmiczne. W latach trzydziestych Bernardini był przez pewien czas w Kaiser-Wilhelm Institut w Berlinie, gdzie współpracował z Ottonem Hahnem i Lise Meitner.

Po wojnie był profesorem Uniwersytetu Rzymskiego, gdzie stworzył grupę badającą promieniowanie kosmiczne i fizykę cząstek elementarnych. Wspólnie z Amalдим doprowadził do powstania Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN). W latach 1961–64 był członkiem kierownictwa naukowego synchrotronu protonowego w CERN-ie. Był jednym z założycieli Europejskiego Towarzystwa Fizycznego i w latach 1968–70 jego prezesem.

Polscy fizycy starszego pokolenia zajmujący się promieniowaniem kosmicznym mieli z nim liczne kontakty. W Polsce był i miał wykłady na Konferencji Promieniowania Kosmicznego w Krakowie w 1947 r.

*Phys. World* 8, nr 12 (1995)

*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).

1996

29 sierpnia – 4 września 1996, Zajączkowo

**4th Internat. School on Theoretical Physics: Symmetry and Structural Properties of Condensed Matter**

Stowarzyszenie „Symetria i własności strukturalne” i Inst. Fizyki UAM; dr Wojciech Florek, IF UAM, Matejki 48/49, 60-769 Poznań, tel.: 659949 lub 668651 w. 51, fax: 659949, adr.el.: sspcm@plpuam11.amu.edu.pl lub florek@plpuam11.amu.edu.pl.

P, O: 370 zł (z zakwaterowaniem), studenci – 150 zł, ang.

3 – 11 września 1996, Zakopane

**Trends in Nuclear Physics**

Inst. Fizyki Jądrowej i Inst. Fizyki UJ, Bogdan Fornal, IFJ, Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków, adr.el.: zakopane@bron.ifj.edu.pl.

ang.

9 – 13 września 1996, Warszawa

**Electron Paramagnetic Resonance of Radical and Metal Complexes**

Inst. Chemii i Techniki Jądrowej oraz Uniwersytet Warszawski; prof. Anna Ambroź, IChTJ, Dorodna 16, 03-195 Warszawa, tel.: 112347, fax: 111532.

ang.

16 – 20 września 1996, Jaszowiec

**Internat. Conf. on Substrate Crystals and HTSC Films – ICSC-F '96**

Inst. Technologii Materiałów Elektronicznych, Instytut Fizyki PAN, Institute for Crystal Growth (Berlin); dr M. Berkowski, IF PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: 437001 w. 344, fax: 430926, adr.el.: scf96@ifpan.edu.pl.

O: 230 USD, ang.

17 – 20 września, Karkonosze

**Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics**

Inst. Fizyki Pol. Wr.; prof. Jerzy Nowak, IF PWr, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, tel.: (71) 202395, fax: (71) 229696, adr.el.: zajac@rainbow.if.pwr.wroc.pl.

ang., czeski, słow., pol.

17 – 20 września 1996, Warszawa

**Contact and Confocal Microscopic Techniques**

Polish Chapter SPIE i Inst. Optyki Stosowanej; prof. M. Pluta, IOS, Kamionkowska 18, 03-805 Warszawa, tel.: 184497, fax: 133265, tlx: 825960 ios pl, adr.el.: iosto@frodo.nask.org.pl.

P.

17 – 21 września 1996, Kraków

**Int. Conference on Physics Computing**

Akademickie Centrum Komputerowe w Krakowie, Międzydyscyplinarna Grupa Fizyki Obliczeniowej EPS, Amerykańskie Towarzystwo Fizyczne; M. Bubak, Physics Computing 96, ACK, Nawojki 11, 30-950 Kraków, skr.poczt. 386, tel.: (12) 341766, fax: (12) 341084, adr.el.: pc96@cyf.kr.edu.pl.

ang.

23 – 27 września 1996, Bukowina Tatrzańska

**VI Krajowe Sympozjum: Wysokotemperaturowe Nadprzewodnictwo**

Wydz. Fizyki i Techniki Jądrowej AGH oraz Inst. Fizyki UJ; prof. Andrzej Kołodziejczyk, Wydz. FTJ AGH, al. Mickiewicza 30, 30-074 Kraków, tel.: (12) 172589, fax: (12) 341247, adr.el.: akolo@uci.agh.edu.pl, prof. Andrzej Szytuła, IF UJ, Reymonta 4, 30-059 Kraków, tel.: (12) 336377 w. 546, fax: (12) 337086, adr.el.: szytula@if.uj.edu.pl.

Z: 1.7.96, A: 1.7.96, U: 110, O: 300 zł.

23 – 27 września 1996, Świnoujście

**Laser Technology, STL '96**

Pol. Szczecińska i Pol. Warszawska; prof. Wiesław Woliński, Inst. Mikroelektroniki i Optoelektroniki PW, Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel./fax: 6288740, tlx: 813307 pw pl.

P, ang., ros., pol.

7 – 12 października 1996, Kościelisko

**12th Conf. on Solid State Crystals: Materials, Science and Applications**

Inst. Fizyki Technicznej WAT i Polska Sekcja SPIE; dr Jerzy Zieliński, IFT WAT, Kalińskiego 2, 01-489 Warszawa, tel.: (22) 6859558 lub (22) 6859109, fax: (22) 6669041, adr.el.: zielj@wat.waw.pl.

ang.

17 – 19 października 1996, Jachranka

**7th Symposium on Experimental Mechanics of Solid State Materials**

Polskie Tow. Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej, Inst. Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej PW; prof. Jacek Stupnicki, ITLiMS PW, Nowowiejska 24, 00-665 Warszawa, tel./fax: 6215463, tlx: 813307 pw pl, adr.el.: symp@meil.pw.edu.pl.

ang., ros., pol.

17 – 19 października 1996, Krasnobród

**Technology and Applications of Optical Waveguides**

Pracownia Technologii Światłowodów UMCS, Wydz. Elektroniki Pol. Lubelskiej i Polska Sekcja SPIE; dr Jan Wójcik, Prac. Techn. Światłowodów UMCS, pl. Marii Curie-Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin, tel.: (81) 375653, fax: (81) 33348, adr.el.: wojcik@hermes.umcs.lublin.pl.

P, ang. i pol.

22 – 23 października 1996, Warszawa

**Internat. Conf. Contact and Confocal Microscopic Techniques**

Polska Sekcja SPIE i Inst. Optyki Stosowanej; prof. M. Pluta, IOS, Kamionkowska 18, 03-805 Warszawa, tel.: (22) 184497 lub (22) 6191853, fax: (22) 133265, adr.el.: iosto@atos.warman.com.pl.

Z: 30.6.96, P, ang.

29 listopada 1996, Kraków

**40 Lat Geofizyki Jądrowej w Krakowie – Sesja poświęcona pamięci Jana Andrzeja Czubka**

Zakład Geofizyki Wydz. Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Wydz. Fizyki i Techniki Jądrowej AGH oraz Inst. Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego; doc. Urszula Woźnicka, IFJ, Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków, tel.: (12) 370222, fax: (12) 375441, adr.el.: woźnicka@b-site.ifj.edu.pl.

Z: 19.10.96, P.

3 – 6 grudnia 1996, Toruń

**XXIX Symposium on mathematical physics with special session on Lax dynamics**  
Redakcja *Rep. Math. Phys.*, Inst. Fizyki UMK, KBN; Komitet Organizacyjny XXIX SMP, IF UMK, Grudziądzka 5, 87-100 Toruń, tel.: (48-56) 22367, fax: (48-56) 25397, adr.el.: romp96@phys.uni.torun.pl.

Z: 31.9.96, P, O: 120 USD, ang.

## 1997

13 – 22 lutego 1997, Karpacz

**33. Zimowa Szkoła Fizyki Teoretycznej – Dualność w Strunach i w Teorii Pola**  
Inst. Fizyki Teoretycznej UWr; dr Zbigniew Jaskólski, IFT UWr, pl. Maksa Born'a 9, 50-204 Wrocław, tel.: 222363 lub 201272, fax: 214454, adr.el.: jaskolsk@ift.uni.wroc.pl.  
P, U: 100, ang.

3 – 8 marca 1997, Zakopane

**European Conf. on Liquid Crystals: Science and Technology**

Wydział Chemii i Fizyki Technicznej WAT i Polska Sekcja SPIE; prof. Jerzy Zieliński, Inst. Fizyki Technicznej WAT, Kaliskiego 2, 01-489 Warszawa, tel.: (22) 6859558 lub (22) 9109, fax: (22) 6669041, adr.el.: zielj@wat.waw.pl.

ang.

12 – 16 maja 1997, Jurata

**13th FASE Symposium on Hydroacoustics and Ultrasonics**

Komitet Akustyki PAN, Polskie Tow. Akustyczne, Akademia Marynarki Wojennej, Politechnika Gdańska; prof. E. Kozaczka, AMW, Śmidowicza 71, 81-919 Gdynia, tel.: (58) 262872, 262868, fax: (58) 254846, adr.el.: amw@beta.nask.gda.pl.

A, Z: 1.7.96, O: 200 USD, ang.

2 – 5 czerwca 1997, Lublin

**II Sympozjum Krajów Europy Środkowo-Wschodniej: Kształcenie przyrodniczo-techniczne dla rozwoju społeczno-gospodarczego**

Uniw. Marii Curie-Skłodowskiej i Międzynarodowa Organizacja Nauczania Przedmiotów Przyrodniczych i Technicznych (IOSTE); dr Ryszard Maciej Janiuk, Prac. Dydaktyki Chemii, Wydz. Chemii UMCS, 20-031 Lublin, tel.: (81) 375503, fax: (81) 33669, adr.el.: filip@hermes.umcs.lublin.pl.

A: 30.9.96, U: 80, O: 30 USD, dla członków IOSTE 20 USD, ang.

## NOWE KSIĄŻKI

- Adam Strzałkowski, *O siłach rządzących światem*, PWN, Warszawa 1996, s. 175.
- Michel Cyrot, Davor Pavuna, *Wstęp do nadprzewodnictwa. Nadprzewodniki wysokotemperaturowe*, z jęz. angielskiego tłum. Tadeusz Skośkiewicz i Andrzej Wiśniewski; PWN, Warszawa 1996, s. 228.
- Roger Penrose, *Nowy umysł cesarza. O komputerach, umyśle i prawach fizyki*, z jęz. angielskiego tłum. Piotr Amsterdamski; PWN, Warszawa 1996, s. 506, wyd. II.
- B.M. Jaworski, A.A. Dietłaf, *Fizyka. Poradnik encyklopedyczny*, z jęz. rosyjskiego tłum. Włodzimierz Komar, Ludmiła Skubiszak; PWN, Warszawa 1996, s. 676, wyd. II.
- I.N. Bronsztejn, K.A. Siemiendajew, *Matematyka. Poradnik encyklopedyczny*, z jęz. rosyjskiego tłum. Stefan Czarnecki, Robert Bartoszyński; PWN, Warszawa 1996, s. 856, wyd. XII.
- M. Baj, G. Szeffińska, M. Szymański, D. Wasik, *Zadania i problemy z fizyki, t. 4: Fale elektromagnetyczne, fale materii*, PWN, Warszawa 1996, s. 304.
- Albert Einstein, *Zapiski autobiograficzne*, tłum. Jacek Bieroń; Wydawnictwo Znak, Kraków 1996, s. 53.

## O G Ł O S Z E N I E

### Studia doktoranckie w Halle

Several PhD Studentships for physicists or chemists are vacant from now for three years in the NMR-group of the Physics Dept. at the University of Halle/Germany. The topics are application and modification of modern techniques in Solid-State Nuclear Magnetic Resonance (NMR) such as multidimensional spectroscopy and relaxation to investigate the molecular dynamics, order and orientation in solid amorphous, liquid-crystalline and cross-linked polymers. Experimental skill, good theoretical background and experience in computer handling are expected. Experiences in NMR and r.f.-technique are favourable, good knowledge of German or English language is required.

To obtain further information, please contact:

Prof. Dr. H. Schneider,  
 Universitaet Halle, Fachbereich Physik,  
 Friedemann-Bach-Platz 6, D-06108 Halle.  
 Tel. 0049-345-552 5590,  
 Fax. 0049-345-552 7158,  
 e-mail: schneider@physik.uni-halle.de.

## Informacje dla autorów

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

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



## WARUNKI PRENUMERATY

Cena prenumeraty krajowej w 1996 r. wynosi 9 zł za pół roku, 18 zł za rok.

### PRENUMERATA ZA POŚREDNICTWEM „RUCH” S.A.

- 1) Wpłaty na prenumeratę przyjmują:
  - a) jednostki kolportażowe „RUCH” S.A. właściwe dla miejsca zamieszkania lub siedziby prenumeratora. Dostawa egzemplarzy następuje w uzgodniony sposób;
  - b) od osób lub instytucji zamieszkałych lub mających siedzibę w miejscowościach, w których nie ma jednostek kolportażowych „RUCH”, wpłaty należy wносить na konto „RUCH” S.A. Oddział Krajowej Dystrybucji Prasy w PBK XIII O/Warszawa 370044-16551 lub w kasach Oddziału, ul. Towarowa 28. Dostawa w takim przypadku odbywa się pocztą zwykłą.
- 2) Cena prenumeraty ze zleceniem dostawy za granicę jest o 100% wyższa od krajowej. Wpłaty przyjmuje „RUCH” S.A. Oddział Krajowej Dystrybucji Prasy na wyżej podane konto lub w kasach Oddziału. Dostawa odbywa się pocztą zwykłą, z wyjątkiem zlecenia dostawy pocztą lotniczą, której koszt w pełni pokrywa zamawiający.
- 3) Terminy przyjmowania wpłat na prenumeratę krajową i zagraniczną od osób zamieszkałych w kraju: do 5 grudnia – na I półrocze roku następnego, do 5 czerwca – na II półrocze roku bieżącego.
- 4) Zlecenia na prenumeratę dewizową, przyjmowane od osób zamieszkałych za granicą, realizowane są od dowolnego numeru w danym roku kalendarzowym.
- 5) Informacje o warunkach prenumeraty i sposobie zamawiania udziela „RUCH” S.A. Oddział Krajowej Dystrybucji Prasy, 00-958 Warszawa, ul. Towarowa 28, tel. 620-10-39, 620-10-19, 620-12-71 w. 2442, 2366.

### PRENUMERATA ZA POŚREDNICTWEM ZG PTF

Prenumeratę można także zamówić w Zarządzie Głównym PTF, drogą wpłaty na konto ZG PTF w PKO BP IX O/Warszawa 1599-335245-132 lub w Biurze Zarządu Głównego PTF. Dostawa *Postępów Fizyki* następuje drogą pocztową na wskazany adres.

### PRENUMERATA ZNIŻKOWA DLA CZŁONKÓW PTF

Członkowie PTF, którzy opłacają prenumeratę w Oddziałach PTF na cały rok, otrzymują 20% zniżki. W przypadku, gdy Oddział zamawia liczbę egzemplarzy przekraczającą 50% liczby członków, zniżka wynosi 30%. Dostawa *Postępów Fizyki* odbywa się za pośrednictwem Oddziału PTF.

### INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

A subscription order can be sent through the local press distributor or directly to „RUCH” S.A. Oddział Krajowej Dystrybucji Prasy, ul. Towarowa 28, 00-958 Warszawa, Poland.

## SPIS TREŚCI

R. Broda – Droga do nowych jąder .....	319
D. Greenberger, A. Zeilinger – Teoria kwantowa: wciąż zwariowana po tylu latach .....	339
<b>RÓŻNE</b>	
A.Z. Hrynkiewicz, J.A. Janik, R. Sosnowski – Znaczenie Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej dla polskiej nauki .....	355
<b>WSPOMNIENIA – ROCZNICE</b>	
A. Hrynkiewicz, J.Y. Ostrowski – Jubileusz fizyki na Hożej .....	375
M. Suffczyński – Georg Wulff (1863 – 1925) .....	383
<b>ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI</b> .....	391
<b>RECENZJE</b> .....	395
<b>LISTY DO REDAKCJI</b> .....	405
<b>KRONIKA</b> .....	407

## CONTENTS

R. Broda – Way towards new nuclei .....	319
D. Greenberger, A. Zeilinger – Quantum theory: still crazy after all these years .....	339
<b>MISCELLANEA</b>	
A.Z. Hrynkiewicz, J.A. Janik, R. Sosnowski – Significance of the Joint Institute for Nuclear Research in Dubna for Polish science .....	355
<b>RECOLLECTIONS – ANNIVERSARIES</b>	
A. Hrynkiewicz, J.Y. Ostrowski – Jubilee of physics at the Hoża street .....	375
M. Suffczyński – Georg Wulff (1863 – 1925) .....	383
<b>MEETINGS AND CONFERENCES</b> .....	391
<b>REVIEWS</b> .....	395
<b>LETTERS TO THE EDITOR</b> .....	405
<b>CHRONICLE</b> .....	407