

PTF

DWUMIESIĘCZNIK
POŚWIĘCONY
UPOWSZECHNIANIU
WIEDZY
FIZYCZNEJ

POSTĘPY FIZYKI

TOM 44
ZESZYT 2
1993

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

ZARZĄD GŁÓWNY

Prezes:	Prof. dr STEFAN POKORSKI
Wiceprezysi:	Prof. dr JERZY NIEWODNICZAŃSKI Prof. dr TADEUSZ SKALIŃSKI
Sekretarz Generalny:	Dr ZYGMUNT AJDUK
Skarbnik:	Dr LUCJAN ZEMŁO
Członkowie Zarządu:	Dr ZOFIA GOŁĄB-MEYER Prof. dr STANISŁAW K. HOFFMANN Mgr BOŻENA MOLDENHAWER Prof. dr IRENEUSZ STRZAŁKOWSKI Prof. dr JERZY WADOWCZYK Prof. dr CECYLIA WESOŁOWSKA Mgr MARIA ZABOROWSKA-KUŚMIEREK

Redaktorzy naczelni czasopism PTF

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

Przewodniczący Oddziałów Towarzystwa

Prof. dr MICHAŁ ŚWIĘCKI (Białystok)	Doc. dr BAZYLI BOŃCZAK (Łódź)
Dr ALEKSANDRA WRONKOWSKA (Bydgoszcz)	Dr JÓZEF MUSIELOK (Opole)
Dr WŁODZIMIERZ ZAPART (Częstochowa)	Prof. dr STANISŁAW K. HOFFMANN (Poznań)
Prof. dr CZESŁAW SZMYTKOWSKI (Gdańsk)	Prof. dr RYSZARD KĘPA (Rzeszów)
Dr TOMASZ GOSLAR (Gliwice)	Dr HENRYK WREMBEL (Słupsk)
Prof. dr WIESŁAWA ZAREK (Katowice)	Prof. dr TADEUSZ REWAJ (Szczecin)
Dr ADAM S. WRÓŃSKI (Kielce)	Prof. dr FRANCISZEK ROZPŁOCH (Toruń)
Prof. dr ANDRZEJ KISIEL (Kraków)	Prof. dr IRENEUSZ STRZAŁKOWSKI (Warszawa)
Prof. dr STANISŁAW HAŁAS (Lublin)	Prof. dr ZYGMUNT GALASIEWICZ (Wrocław)

ADRES ZARZĄDU

00-681 Warszawa, ul. Hoża 69
tel. 21 26 68

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

POSTĘPY FIZYKI

DWUMIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY UPOWSZECHNIANIU
WIEDZY FIZYCZNEJ

TOM 44, ZESZYT 2
1993

Zeszyt dofinansowany
przez Komitet Badań Naukowych

Wydano pod patronatem
Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

Warszawa 1993

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: 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:

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

Jacek Baranowski

*Institut Fizyki Doświadczalnej
Uniwersytet Warszawski
Warszawa*

O historii najbardziej kontrowersyjnego defektu w półprzewodnikach

**About the history of the most controversial defect
in semiconductors**

Abstract: A brief history of fundamental EL2 defect in GaAs is presented. It is explained why this defect is the most important for determination of properties of GaAs and what the puzzling properties of this defect are. It is also shown how experiments, one after another, were shaping the concept that for a metastability of the EL2 the structural change of atoms connected with the defect has to take place. The development of the theoretical ideas is presented as well. The important contribution done by Polish physicists is emphasised. It is pointed out that two crucial experiments which has determined the symmetry of the normal and metastable states of EL2 have been done in Poland.

To, że półprzewodniki zawdzięczają swoją karierę domieszkom jest znanym faktem, odnotowanym w wielu podręcznikach. Przerwa energetyczna rzędu elektronowolta oddziela stany obsadzone elektronami, tworzące pasmo walencyjne, od stanów pustych dających pasmo przewodnictwa. Obecność tej przerwy powoduje, że bardzo czyste półprzewodniki są właściwie izolatorami. Jednakże obce atomy nawet w śladowych ilościach są w stanie zmienić diametralnie własności materiału półprzewodnikowego. I tak np. domieszka krzemu w ilości jeden atom na milion cząsteczek GaAs jest w stanie spowodować, że materiał z izolującego zmienia się w przewodzący. Właściwie każdy obcy atom w kryształach półprze-

wodnika zmienia własności elektryczne lub optyczne półprzewodnika. Podobne własności mają defekty, takie jak luki, atomy międzywęzłowe lub atomy antypołożeniowe w związkach półprzewodnikowych.

Fizycy zajmujący się badaniem domieszek lub defektów wiedzą, że w celu scharakteryzowania wpływu jakiejś domieszki na własności danego półprzewodnika należy wyznaczyć położenie energetyczne poziomu domieszkowego lub defektowego w przerwie energetycznej, oraz stwierdzić czy charakter tego poziomu jest akceptorowy czy donorowy. Są to informacje podstawowe i niezbędne do zrozumienia wpływu domieszki na własności półprzewodnika. Czasami te badania uzupełniane są pomiarami wyznaczającymi przekroje czynne na przejście optyczne z tego poziomu do pasma przewodnictwa lub z pasma walencyjnego na badany poziom. Wówczas zrozumienie takiego centrum domieszkowego jest znacznie głębsze. W badaniach domieszek i defektów w półprzewodnikach robi się jednak fundamentalne założenie, które mówi, że badany układ nie jest zaburzany przez warunki doświadczalne. Inaczej mówiąc, oznacza to, że robimy założenie stabilnego położenia atomu domieszki. W półprzewodnikach, które charakteryzują się wiązaniami kowalentnymi, czyli mocnymi wiązaniami chemicznymi założenie to wydaje się tak oczywiste, że nie warto go przypominać. Atomy domieszek wbudowywane są w wysokich temperaturach, tak że ich stabilność w temperaturze pokojowej, a w szczególności w temperaturach niskich (w których dokonywana jest większość pomiarów), wydaje się nie ulegać wątpliwości. Bywają jednak centra zachowujące się tak przedziwnie, iż można podejrzewać, że atom domieszki nie jest stabilnie związany z siecią kryształu.

Warto wspomnieć historię badań jednego z takich najbardziej kontrowersyjnych centrów. Poza poznawczymi wartościami wynikającymi z tej historii, należy też przypomnieć, że kluczowe eksperymenty, które w końcu doprowadziły do rozwiązania tej zagadki, zostały wykonane w Instytucie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego na Hożej, a udział polskich uczonych w jej rozwiązaniu był bardzo istotny.

Historia ta dotyczy fundamentalnego defektu występującego w GaAs, odpowiedzialnego za półizolujące własności tego materiału, który nosi mało atrakcyjną nazwę EL2. Już na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych wiadano, że półizolacyjne własności GaAs wynikają z obecności poziomu energetycznego umiejscowionego dokładnie w środku przerwy energetycznej tego materiału. Koncentracja domieszek w GaAs wynikająca z czystości technologicznej jest na poziomie kilku razy 10^{15} cm^{-3} . Podstawowymi domieszkami obecnymi w GaAs są krzem, będący domieszką donorową o małej energii jonizacji, oraz węgiel, który jest akceptorem, też o małej energii jonizacji. Źródłem zanieczyszczeń krzemowych w GaAs jest kwarc, który jest często stosowanym materiałem

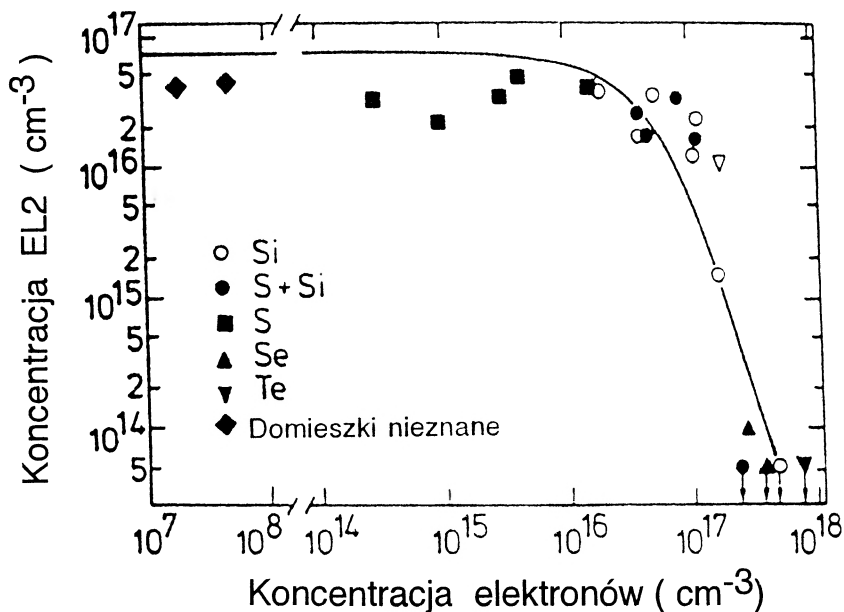
tyglowym. Innym materiałem tyglowym jest azotek boru, którego stosowanie pozwala uniknąć zanieczyszczenia GaAs krzemem. Zanieczyszczenie GaAs węglem pochodzi od grafitowych elementów grzejnych i występuje zawsze na wyżej wymienionym poziomie. Wydawałoby się więc, że czysty GaAs powinien być lekko typu n w sytuacji kiedy koncentracja krzemu byłaby większa niż węgla, lub lekko typu p gdy koncentracja zanieczyszczenia węglem byłaby większa od koncentracji krzemu. W związku z tym można by się spodziewać, że poziom Fermiego w czystym GaAs powinien znajdować się blisko dna pasma przewodnictwa albo wierzchołka pasma walencyjnego, w zależności od spełnienia wyżej wymienionych warunków. Okazuje się jednak, że czysty GaAs otrzymywany metodą Czochralskiego jest materiałem półizolacyjnym z poziomem Fermiego leżącym w środku przerwy energetycznej, kontrolowanym przez poziom o nieznanym pochodzeniu leżący właśnie w środku przerwy GaAs. Zaskakującym faktem było to, że koncentracja tego nieznanego centrum wynosiła kilka razy 10^{16} cm^{-3} , czyli o rząd wielkości więcej niż śladowe koncentracje pochodzące od krzemu czy węgla. Centrum to uzyskało mało efektowną nazwę EL2 pochodzącą od terminu „electronic level nr 2” nadaną mu przez francuskiego uczonego Martina [1].

Bardzo szybko zdano sobie sprawę z technologicznego znaczenia centrum EL2. Stwierdzono, że EL2 występując w koncentracjach większych niż węgiel, kompensuje go, tworząc materiał półizolujący. Dzięki temu centrum można było stosunkowo łatwo otrzymywać półizolacyjny arsenek galu, który stał się materiałem podłożowym dla dwuwymiarowych struktur kwantowych otrzymywanych metodą wiązek molekularnych. Tak więc dzięki tajemniczemu EL2 mogła powstać wyrafinowana i szybka elektronika, która wykorzystuje półizolacyjne podłoża GaAs.

Na początku lat osiemdziesiątych przed badaczami zajmującymi się fizyką półprzewodników stanął nowy interesujący problem dotyczący identyfikacji tego centrum. Problem był ważny z punktu widzenia opanowania technologii GaAs i nie wydawał się trudny do rozwiązania. Nikt z ówczesnych badaczy nie przypuszczał, że problem EL2 będzie przez przeszło dziesięć lat dominował na konferencjach naukowych na temat defektów w półprzewodnikach, a fizyka stojąca za tym problemem okaże się niezwykle fascynująca. Centrum EL2 okazało się najbardziej kontrowersyjne a jednocześnie najciekawsze w historii fizyki domieszek w półprzewodnikach.

Na początku nic nie zapowiadało, że centrum to ma jakiś niezwykle charakter. Pierwszym problemem, który wydawał się najbardziej istotny była identyfikacja jego natury; czy jest to nieznaną obcy atom, czy defekt w sieci arsenku galu? Pierwszą pracą, która rzuciła światło na naturę EL2 była praca, w której uczestniczyli polscy fizycy J. Łagowski, M. Kamińska i W. Walukiewicz [2].

W pracy tej podjęto pomiary koncentracji EL2 przy jednoczesnym domieszkowaniu płytkami donorami. Zasadniczy wynik tej pracy przedstawiony jest na rys. 1. Stwierdzono, że koncentracja EL2 jest stała aż do koncentracji donorów $2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, a powyżej tej wartości granicznej gwałtownie spada. Te wyniki doświadczalne świadczyły, że EL2 jest związany z defektem w sieci GaAs, a nie z niekontrolowanym domieszkowaniem.



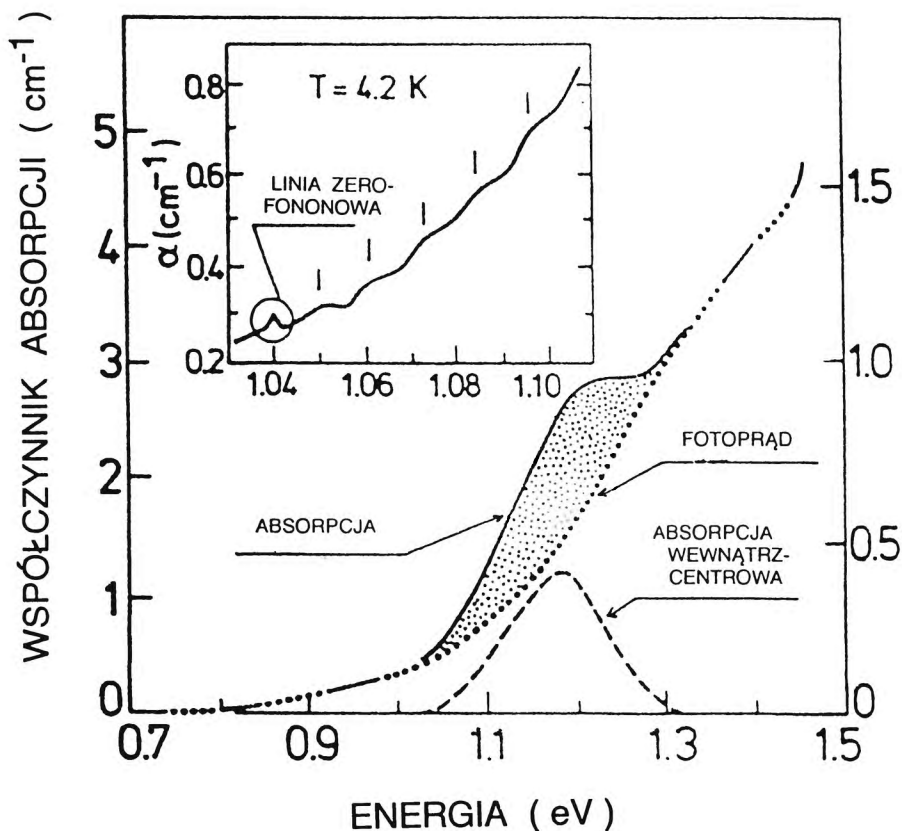
Rys. 1. Zależność pomiędzy koncentracją EL2 a koncentracją swobodnych elektronów wyznaczoną w temperaturze pokojowej [1]

Dane te, w połączeniu z wcześniej znanym faktem braku EL2 w krysztalach hodowanych z nadmiarem galu [3,4] świadczyły, że centrum EL2 jest związane z nadmiarem arsenu [2]. Kolejny krok w zrozumieniu natury EL2 dokonany został w interpretacji pomiarów elektrycznych, w których stwierdzono, że EL2 jest podwójnym donorem. W stanie neutralnym EL2 obserwuje się poziom energetyczny ok. 0.75 eV poniżej dna pasma przewodnictwa, czyli prawie dokładnie w środku przerwy energetycznej GaAs [5]. Drugi poziom energetyczny, związany z dodatnim stanem ładunkowym, zlokalizowany został przy energii 0.54 eV nad wierzchołkiem pasma walencyjnego [6]. Identyfikacja dodatniego stanu ładunkowego EL2 dokonana została w 1982 r. przez Wagnera [7]. W pomiarach rezonansu spinowego zaobserwował on cztery linie, które zinterpretował jako pochodzące od oddziaływania spinu zlokalizowanego elektronu ze spinem jądra arsenu. Ten wy-

nik świadczył, że dodatni stan ładunkowy EL2 może być związany z arsenem znajdującym się w położeniu galu. Po tym pomiarze mogło wydawać się, że problem EL2 jest rozwiązany. Arsen posiadający pięć elektronów walencyjnych umieszczony na miejscu galu jest rzeczywiście podwójnym donorem. Jego neutralny stan ładunkowy związany z dwoma sparowanymi elektronami nie jest aktywny w rezonansie spinowym, natomiast stan pojedynczo zjonizowany posiada jeden niesparowany elektron i jest oczywiście wykrywalny w pomiarach rezonansu paramagnetycznego.

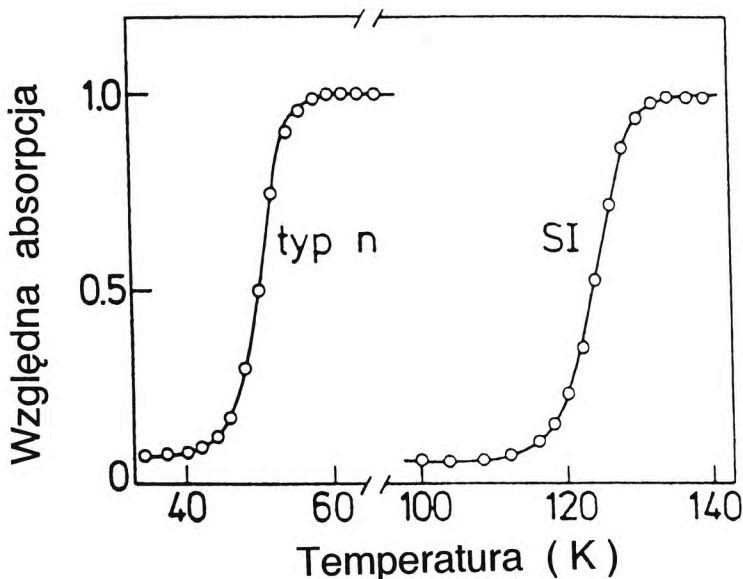
W tym stanie rzeczy EL2 byłoby jednym z lepiej zrozumiałych centrów defektowych w półprzewodnikach. Tak się jednak nie stało, a to dzięki pewnej tajemniczej metatrwałości EL2. Metatrwałość EL2 pojawia się w niskich temperaturach i jest szczególnie wyraźnie widoczna w optycznych własnościach GaAs. Współczynnik absorpcji typowego półizolującego GaAs przedstawiony jest na rys. 2. Oprócz przejść optycznych pasmo – pasmo dających krawędź absorpcji przy energii 1.45 eV, widoczne są przejścia fotojonizujące EL2, które dają charakterystyczny „ogon” absorpcji ciągnący się od krawędzi podstawowej do energii 0.8 eV, będącej wartością bliską połowie przerwy energetycznej GaAs. Zdumiewające jest to, że oświetlenie próbki (trzymanej w niskiej temperaturze) światłem z zakresu widmowego 1 eV – 1.3 eV powoduje zniknięcie całej absorpcji podkrawędziowej [8,9]. Zjawisko to przypomina jakby proces „wybielenia” próbki, oczyszczenia próbki z procesów absorpcyjnych występujących dla energii mniejszych niż przerwa energetyczna GaAs. Co mogło się stać z absorpcją fotojonizacyjną EL2? I co mogło się stać z samym EL2 podczas procesu „wybielenia” próbki? W ostatnim dziesięcioleciu wielu fizyków z rozlicznych laboratoriów na świecie szukało odpowiedzi na wyżej postawione pytania. Przede wszystkim stwierdzono, że można odzyskać absorpcję fotojonizacyjną EL2 podgrzewając próbkę do ok. 140 K w przypadku materiału półizolacyjnego, lub do 50 K w przypadku GaAs typu n. Termiczne odzyskiwanie absorpcji EL2 pierwszy raz opublikowane przez polskiego fizyka P. Trautmana [10] jest przedstawione na rys. 3. Następnym istotnym krokiem wynikłym z szeregu prac było stwierdzenie, że „wybielenie” własności optycznych GaAs wiąże się ze zniknięciem obu poziomów EL2 z przerwy energetycznej. Poziom Fermiego, który uprzednio związany był z poziomem neutralnego EL2, po procesie „wybielenia” schodził w dół i zatrzymywał się na płytkich poziomach akceptorowych. Poziomy te, uprzednio skompensowane przez elektrony z EL2, obecnie, po zniknięciu EL2, pozostawały nie skompensowane. Ewidentnie oświetlenie w niskiej temperaturze przeprowadza EL2 w jakiś stan metatrwały, który nie jest ani aktywny elektrycznie, ani optycznie, ani magnetycznie. Poziomy energetyczne występujące w GaAs w sytuacji kiedy EL2 jest w stanie normalnym i w stanie metatrwałym pokazane są na rys. 4. W stanie metatrwałym „znika”

10^{16} cm^{-3} centrów EL2. Dlaczego oświetlenie próbki anihiluje donor EL2 i co się dzieje ze stosunkowo dużą koncentracją tych centrów? Centrum EL2 stało się w ten sposób najbardziej zagadkowym spośród defektów w półprzewodnikach, a jego metatrwałość jednym z najbardziej frapujących problemów fizyki domieszek w latach osiemdziesiątych.



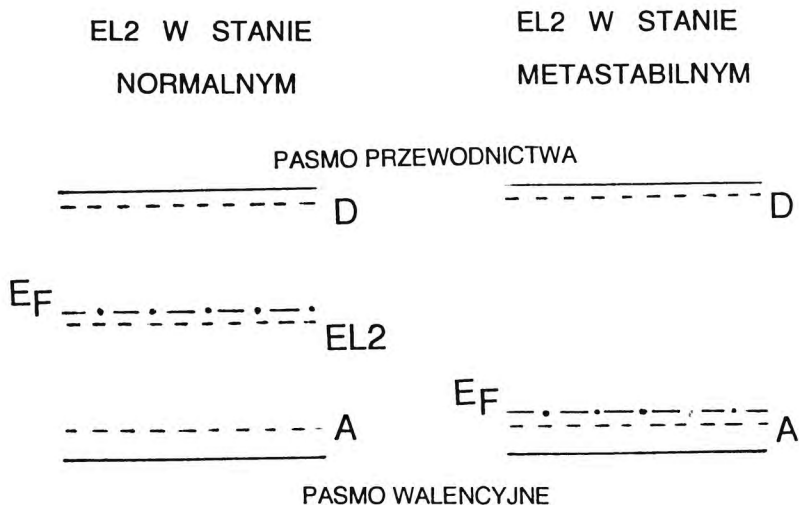
Rys. 2. Widmo absorpcji EL2, widmo fotoprądu, oraz wydzielona absorpcja wewnętrzzdomieszkowa. W górnej części rysunku pokazana jest linia zerofononowa absorpcji związanej z centrum EL2 [11]

Istotny postęp w zrozumieniu własności EL2 nastąpił w trakcie badań własności optycznych GaAs. Okazało się, że na widmo fotojonizacyjne EL2 nałożone jest dodatkowe obłe pasmo absorpcji związane z przejściem optycznym do stanu wzbudzonego EL2. Badania tego pasma prowadzone przez M. Kamińską doprowadziły do wykrycia linii zerofononowej przy energii 1.037 eV [11]. To charakterystyczne dla EL2 widmo absorpcyjne wraz z wyżej wymienioną linią ze-



Rys. 3. Termicznie aktywowany „odzysk” absorpcji EL2 zmierzony dla półzłożonego (SI) GaAs i dla GaAs typu n ($n = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$). Pomiaru dokonano w temperaturze 10 K przy energii światła 1.17 eV [10]

rofononową jest pokazane na rys. 2. Praca w której opublikowano ten wynik była pracą wspólną grupy polsko-amerykańskiej, ale samo odkrycie linii zerofononowej dokonane zostało w Instytucie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego. Następny głośny eksperyment wykonany również na Hożej był związany z rozszczepieniem linii zerofononowej poprzez ciśnienie jednoosiowe. Eksperyment ten wykonany przez M. Kamińską, M. Skowrońskiego i W. Kuskę [12] uchodzi obecnie za klasyczny i jest cytowany w prawie każdej pracy poświęconej EL2. Rozszczepienie linii zerofononowej pokazało, że jest ona związana z przejściem optycznym ze stanu A_1 do stanu T_2 , oraz że symetria badanego centrum jest tetraedryczna. Wynik Kamińskiej opublikowany w 1985 r. spotkał się jednak z pewnym sceptycyzmem w środowisku naukowym na świecie. Sceptycyzm ten wynikał z braku przekonania, że EL2 może być tak prostym izolowanym centrum umiejscowionym w węźle sieci. Większości fizyków wydawało się, że nie istnieje jakakolwiek teoretyczna możliwość wytłumaczenia dziwnej metatrwałości tak prostego centrum defektowego. Drugą wysuwaną wątpliwością był brak eksperymentalnego dowodu, że znaleziona linia zerofononowa ma coś wspólnego z EL2. Dopiero w 1986 r. W. Kuszko w bardzo subtelnym eksperymencie wykazał, że wzbudzenie optyczne w linii zerofononowej przeprowadza EL2 do stanu meta-



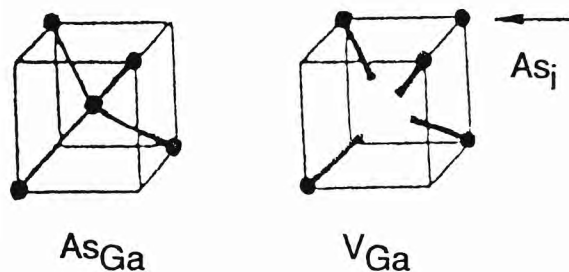
Rys. 4. Poziomy energetyczne w półizolacyjnym GaAs w sytuacji gdy EL2 jest w stanie normalnym i w stanie metatrwałym. Na rysunku D oznaczają donory, A akceptory i E_F poziom Fermiego. Rysunek odpowiada sytuacji gdy koncentracja akceptorów przewyższa koncentracje donorów i obrazuje „zniknięcie” poziomu EL2 w sytuacji metatrwałej

trwałego, dowodząc tym samym, że omawiana linia jest związana z tym centrum [13].

W 1987 r. pojawiły się prace grupy niemieckiej z Padeborn kierowanej przez prof. J.M. Spaetha, które wywołały spore zamieszanie w systematycznie porządkowanym obrazie EL2 [14,15]. W pracach tych przedstawiono wyniki ODENDOR (optycznie wykrywany podwójny rezonans elektronowo jądrowy) – bardzo czułej metody eksperymentalnej łączącej techniki mikrofalowe ze wzbudzeniami optycznymi. Interpretacja tych wyników sugerowała, że w pobliżu antypołożeniowego arsenu znajduje się arsen międzywęzłowy. Oznaczało to, że EL2 jest defektem złożonym (kompleksem). Praca ta spotkała się z dużym zainteresowaniem wynikającym z tego, że większość fizyków wierzyła, że tylko kompleks co najmniej dwóch centrów może wyjaśnić metatrwałe własności EL2. Interpretacja taka była również zgodna z wysuwanymi wcześniej koncepcjami japońskich fizyków sugerujące istnienie całej „rodziny” EL2 [16].

W drugiej połowie lat osiemdziesiątych pojawiły się więc dwa wzajemnie sprzeczne wyniki doświadczalne; ciśnieniowe rozszczepienie linii zerofononowej świadczące wprost, że EL2 jest defektem punktowym o symetrii tetraedrycznej oraz wynik ODENDOR sugerujący, że defekt EL2 jest kompleksem. Środowisko fizyków podzieliło się na dwie grupy: jedną wierzącą w wynik ODENDOR

oraz drugą, przekonaną o poprawności wyniku ciśnień jednoosiowych. Większość fizyków należała do tej pierwszej grupy. Tylko nieliczni w owym czasie mieli wątpliwości co do interpretacji wyników ODENDOR. Do tych nielicznych należała grupa fizyków z Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego. Zwracali oni uwagę na to, że eksperyment ODENDOR jest tak czuły, że może wykryć słabe oddziaływania odległych centrów nie mających wiele wspólnego z samym zjawiskiem metatrwałości EL2.



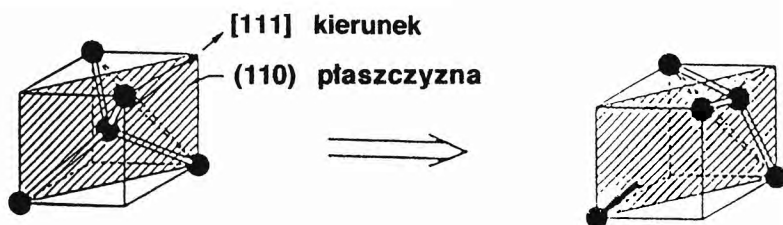
Rys. 5. Model metatrwałości EL2 zaproponowany przez autora [17] związany z przemieszczeniem się atomu arsenu z położenia galowego (antypolożeniowy As – stan normalny EL2) w pozycję międzywęzłową z pozostawioną luką galową (stan metatrwałości)

W 1986 r. pojawiła się koncepcja wytłumaczenia metatrwałości izolowanego centrum arsenu będącego w położeniu galu, zaproponowana przez autora niniejszego artykułu [17]. Koncepcja ta opierała się na idei fotodysocjacji wzbudzonego arsenu antypolożeniowego. Pobudzenie światłem tego defektu do stanu wzbudzonego prowadzi następnie do wyrzucenia arsenu z położenia galowego do pozycji międzywęzłowej. Model ten, przedstawiony na międzynarodowej konferencji defektów w półprzewodnikach w Paryżu w 1986 r., był właściwie modelem intuicyjnym, gdyż stojące za nim oszacowania były mało dokładne. Idea modelu przedstawiona jest schematycznie na rys. 5. Koncepcja ta jednak nie spotkała się z uznaniem środowiska naukowego na świecie. Przekonanie, że wiązania kowalentne są silnymi wiązaniami i że centrum domieszkowe czy defektowe związane kowalentnie z resztą kryształu musi być trwałe, było bardzo głęboko zakorzenione w świadomości fizyków. Przez dwa kolejne lata dominowało oparte na wynikach ODENDOR przekonanie, że EL2 musi być kompleksem, a jego metatrwałość wynika wyłącznie z kompleksowej natury tego centrum.

Prawdziwe załamanie wiary w trwałość wiązań kowalentnych nastąpiło dopiero w 1988 r., kiedy polsko-niemiecki zespół w osobach J. Dąbrowskiego i M. Schefflera [18], oraz niezależnie amerykański zespół: D.J. Chadi i K.J. Chang [19] opublikowały wyniki rachunków energii całkowitej dla arsenu znajdującego się w

EL2 W STANIE
NORMALNYM

EL2 W STANIE
METASTABILNYM



Rys. 6. Model metatrwałości EL2 zaproponowany przez J. Dąbrowskiego i M. Schefflera [18] związany z przemieszczeniem się atomu arsenu z położenia galowego (antypołożeniowy As – stan normalny EL2) w stan związanego międzywęzłowego atomu (stan metatrwały)

miejsu galu. Z obu tych prac wynikało, że oprócz minimum energetycznego odpowiadającego węzłowemu położeniu arsenu istnieje drugie minimum odpowiadające położeniu międzywęzłowemu tego atomu o energii całkowitej nieco wyższej. Oba minima rozdzielone są barierą energetyczną tak, że drugie wyżej wymienione minimum ma charakter metatrwały. Przewidywana teoretycznie dystorsja atomu arsenu pomiędzy położeniem stabilnym a metastabilnym wynosiła ok. 1.5 \AA , co było nadspodziewanie dużym przesunięciem. Idea tego modelu wzięta z pracy J. Dąbrowskiego i M. Schefflera jest przedstawiona na rys. 6. Z porównania rys. 5 i rys. 6 widać, że mechanizm fizyczny występujący w obu modelach jest identyczny. Oba modele przewidywały zerwanie wiązań kowalentnych i wysunięcie atomu arsenu w położenie międzywęzłowe. Jednakże model metatrwałości J. Dąbrowskiego i M. Schefflera stabilizował położenie arsenu międzywęzłowego poprzez związanie go z zerwanymi wiązaniami luki i oparty był na znacznie precyzyjniejszych rachunkach. Prace teoretyczne J. Dąbrowskiego i M. Schefflera oraz D.J. Chadiego i K.J. Changa wywołały ogromne zainteresowanie na świecie. Pokazywały one na drodze tym razem już w pełni wiarygodnych rachunków obecność niestabilności strukturalnej izolowanego defektu w kryształach tak kowalentnym jak GaAs. W środowisku fizyków zaczęła powracać wiara w możliwość wyjaśnienia metatrwałości w oparciu o izolowany defekt punktowy. Do pełnej akceptacji tej koncepcji fizycznej potrzeba było jednak przekonujących dowodów doświadczalnych.

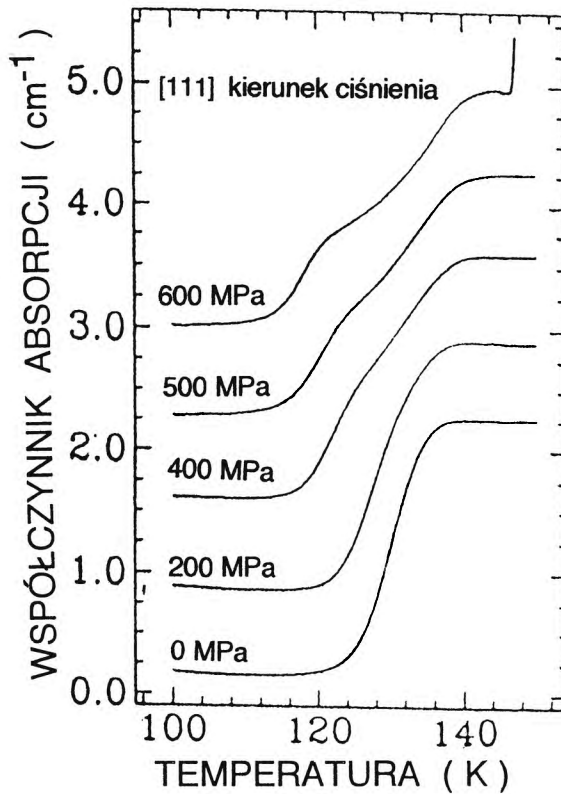
Pierwsze wyniki potwierdzające wyżej wymieniony model teoretyczny pojawiły się znów w Warszawie. Dwóch fizyków warszawskich M. Baj i P. Dreszer wy-

konując pomiary elektryczne GaAs pod ciśnieniami hydrostatycznymi stwierdziło, że EL2 w stanie metatrwałym może działać jako pułapka elektronowa [20]. Możliwość pułapkowania elektronów przez EL2 pojawiała się wyłącznie pod wysokimi ciśnieniami hydrostatycznymi rzędu 3000 atm. Oznaczało to, że EL2 w stanie metatrwałym posiada poziom energetyczny zdegenerowany z pasmem przewodnictwa, który pojawia się w przerwie międzypasmowej wyłącznie pod wpływem ciśnienia hydrostatycznego. Ten wynik doświadczalny był pewnym potwierdzeniem teorii, gdyż model J. Dąbrowskiego i M. Schefflera przewidywał obecność takiego poziomu. Interesującym dodatkowym aspektem badań Baja i Dreszera było stwierdzenie, że pod ciśnieniem hydrostatycznym pojawia się wzbudzany optycznie powrót EL2 ze stanu metatrwałego do normalnego. W tym indukowanym światłem powrocie EL2 kluczowe znaczenie ma obsadzenie wypchniętej z pasma przewodnictwa pułapki elektronowej. Proces ten jest tak efektywny, że pod dostatecznie dużym ciśnieniem nie można nawet przeprowadzić całkowicie EL2 ze stanu normalnego do metatrwałego. To samo światło przeprowadza centra EL2 pomiędzy stanami normalnymi a metatrwałymi stwarzając wrażenie, że części EL2 nie można wyprowadzić ze stanu normalnego. Ta obserwacja wyjaśniła inną zagadkę EL2. Mianowicie w plastycznie deformowanym lub naświetlanym neutronami GaAs nigdy nie udawało się całkowicie przeprowadzić EL2 do stanu metatrwałego, co nie było dobrze zrozumiałe. Jednakże w silnie deformowanym GaAs część EL2 może znajdować się w warunkach odpowiadających wysokim ciśnieniom hydrostatycznym i w związku z tym tej części nie można całkowicie przeprowadzić w stan metatrwały. Przy tej okazji należy wspomnieć, że szereg znaczących prac w dziedzinie plastycznie deformowanego GaAs wykonano w Instytucie Fizyki PAN w zespole prof. T. Figielskiego.

Następnym potwierdzeniem modelu J. Dąbrowskiego i M. Schefflera były wyniki luminescencji EL2 wykonane pod wpływem ciśnień jednoosiowych otrzymane przez fizyków kanadyjskich [21]. Wychwyty elektronu z pasma przewodnictwa następuje przez złapanie swobodnego elektronu przez potencjał kulombowski płytkiego donora, a następnie zachodzi przejście optyczne do stanu podstawowego EL2. To przejście optyczne daje charakterystyczne pasmo luminescencyjne w podczerwieni zaczynające się ostrą linią zerofononową. Ponieważ zarówno stan podstawowy donora jak i stan podstawowy EL2 mają symetrię pełnosymetryczną typu A_1 , więc odpowiadająca im linia luminescencyjna nie może ulec rozszczepieniu przy ciśnieniach jednoosiowych przykładanych w dowolnych kierunkach krystalicznych. Grupa kanadyjska w swoich pomiarach to właśnie stwierdziła. Wyniki te były w pełnej zgodności z wynikami rozszczepień linii zerofononowej uzyskanymi przez M. Kamińską [12], oraz z modelem izolowanego defektu o symetrii tetraedrycznej i nie potwierdzały hipotezy, że EL2 jest kompleksem.

Mimo tych wyników doświadczalnych, potwierdzających model EL2 jako izolowanego arsenu umiejscowionego w położeniu galu, stale brakowało eksperymentalnego określenia symetrii EL2 w stanie metatrwałym. Eksperymentalne określenie symetrii wydawało się jednak niemożliwe do wykonania, gdyż EL2 w stanie metatrwałym jest nieaktywny zarówno optycznie jak i elektrycznie i, w związku z tym, jest on nieosiągalny typowymi technikami eksperymentalnymi. Istnieje tylko jedna doświadczalna informacja o stanie metatrwałym EL2, mianowicie temperatura powrotu ze stanu metatrwałego do normalnego. Tę informację P. Trautman wykorzystał do określenia symetrii EL2 w stanie metatrwałym. Za przeprowadzonym eksperymentem kryło się następujące rozumowanie. W przypadku gdy stan metatrwały pochodzi od atomu arsenu położonego poza węzłem sieci, należy przypuszczać, że cztery równoważne kierunki [111] są równouprawnione. Jeżeli przeprowadzenie EL2 do stanu metatrwałego odbywa się bez przyłożonego zewnętrznego ciśnienia, to wówczas na każdym z kierunków [111] będzie znajdować się 25% centrów. Jeżeli przyłożyć teraz ciśnienie jednoosiowe w kierunku [111] i przeprowadzać proces odgrzewania to można przypuszczać, że 25% centrów leżących na kierunku pokrywającym się z przyłożonym ciśnieniem będzie miało nieco inną temperaturę powrotu do stanu normalnego niż pozostałe 75% centrów. Natomiast ciśnienie przyłożone w kierunku [100] nie wyróżni żadnego z przesuniętych atomów arsenu i w związku z tym nie należy spodziewać się wpływu ciśnienia na temperaturę odgrzewania. Taka była idea eksperymentu P. Trautmana, a jeden z wyników doświadczalnych opublikowanych w *Phys. Rev. Lett.* w 1992 r. [22] przedstawiony jest na rys. 7. Widać, że krawędź odzyskiwania EL2 ze stanu metatrwałego rozszczepia się w przypadku przyłożenia ciśnienia w kierunku [111]. Analogiczne pomiary dokonane w przypadku przyłożonego ciśnienia w kierunku [100] takiego rozszczepienia nie stwierdziły. Świadczyło to o tym, że EL2 w stanie metatrwałym jest zdystorsjonowanym centrum w kierunku [111], czyli że jego symetria jest trygonalna.

Stwierdzenie, że w stanie normalnym EL2 posiada symetrię tetraedryczną, a w stanie metatrwałym symetrię trygonalną jest doświadczalnym potwierdzeniem tego, że proces przejścia tego centrum ze stanu normalnego do metatrwałego jest związany ze zmianą strukturalną defektu. Wykazanie, że za przejście do stanu metatrwałego odpowiedzialne są zmiany strukturalne w otoczeniu defektu wykracza poza problem samego EL2. Pierwszy raz zostało udokumentowane, że przy przejściu defektu do stanu metatrwałego pękają silne wiązania kowalentne, tak że defekt ulega przemieszczeniu a wiązania wokół niego ulegają bardzo istotnym przekształceniom. W tym przypadku defekt EL2 odegrał rolę centrum modelowego. Dzięki pracom nad EL2 stało się zrozumiałe, że w przypadku innych defektów wykazujących własności metatrwałe, takich jak na przykład centra DX



Rys. 7. Termicznie aktywowany „odzyk” absorpcji EL2 w półizolacyjnym GaAs pod jednoosiowym ciśnieniem przyłożonym w kierunku [111]. Krzywe dla różnych wartości ciśnień są przesunięte pionowo dla przejrzystości rysunku [22]

w GaAlAs, można spodziewać się również lokalnych zmian strukturalnych.

W ostatnich kilkunastu latach, w których prowadzone były badania nad defektem EL2 opublikowano w tej dziedzinie przeszło 1500 prac. Udział polskich zespołów i polskich fizyków w tej dziedzinie był jakościowo bardzo znaczący. Wśród publikacji dotyczących EL2 prace polskie wyróżniają się zarówno pod względem wagi przeprowadzonych eksperymentów jak i koncepcji teoretycznych. Na podkreślenie zasługują szczególnie dwie, które odegrały kluczową rolę w rozstrzygnięciu problemu EL2. Jest to praca M. Kamińskiej z 1985 r., która określiła symetrię stanu normalnego, oraz ostatnio praca P. Trautmana określająca symetrię stanu metatrwałego EL2. Obie te piękne i trudne prace doświadczalne wykonane zostały na Hożej, w Instytucie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego. Świadczy to dobrze o naszym warsztacie doświadczalnym, oraz jest kontynuacją pięknych tradycji fizyki doświadczalnej, zapoczątkowanych przeszło pół wieku

temu przez prof. Stefana Pieńkowskiego.

Literatura

- [1] G.M. Martin, A. Mitonneau, A. Mircea, *Electron. Lett.* **13**, 191 (1977).
- [2] J. Łagowski, H.C. Gatos, J.M. Parsey, K. Wada, M. Kamińska, W. Walukiewicz, *Appl. Phys. Lett.* **40**, 342 (1982).
- [3] G.M. Martin, *Appl. Phys. Lett.* **39**, 747 (1981).
- [4] D.V. Lang, R.A. Logan, *J. Electrochem. Mat.* **4**, 1053 (1975).
- [5] C.H. Henry, D.V. Lang, *Phys. Rev. B* **15**, 989 (1977).
- [6] E.R. Weber, H. Ennen, U. Kaufmann, J. Windscheif, J. Schneider, T. Wosiński, *J. Appl. Phys.* **53**, 6140 (1982).
- [7] R.J. Wagner, J.J. Krebs, G.H. Stauss, A.M. White, *Solid State Commun.* **36**, 15 (1980).
- [8] P. Leyral, G. Vincent, A. Nouailhat, G. Guillot, *Solid State Commun.* **42**, 67 (1982).
- [9] G. Vincent, D. Bois, A.J. Chantre, *J. Appl. Phys.* **53**, 3643 (1982).
- [10] P. Trautman, M. Kamińska, J.M. Baranowski, *Acta Phys. Pol.* **A71**, 269 (1987).
- [11] M. Kamińska, M. Skowroński, J. Łagowski, J.M. Parsey, H.C. Gatos, *Appl. Phys. Lett.* **43**, 302 (1983).
- [12] M. Kamińska, M. Skowroński, W. Kuszko, *Phys. Rev. Lett.* **55**, 2204 (1985).
- [13] W. Kuszko, M. Kamińska, *Acta Phys. Pol.* **A69**, 427 (1986).
- [14] B.K. Meyer, D.M. Hofmann, J.R. Niklas, J.M. Spaeth, *Phys. Rev. B* **36**, 1332 (1987).
- [15] B.K. Meyer, D.M. Hofmann, J.M. Spaeth, *J. Phys. C* **20**, 2445 (1987).
- [16] M. Taniguchi, T. Ikoma, *J. Appl. Phys.* **54**, 6448 (1983).
- [17] W. Kuszko, P.J. Walczak, P. Trautman, M. Kamińska, J.M. Baranowski, *Mater. Sci. Forum (Switzerland)* **10-12**, 317 (1987).
- [18] J. Dąbrowski, M. Scheffler, *Phys. Rev. Lett.* **60**, 2183 (1988).
- [19] D.J. Chadi, K.J. Chang, *Phys. Rev. Lett.* **60**, 2187 (1988).
- [20] M. Baj, P. Dreszer, A. Babiński, *Phys. Rev. B* **43**, 2070 (1991).
- [21] M.K. Nissen, A. Villemaire, L.W. Thewalt, *Phys. Rev. Lett.* **67**, 112, (1991).
- [22] P. Trautman, J.M. Baranowski, *Phys. Rev. Lett.* **69**, 664 (1992).

Pierre-Gilles de Gennes

Collège de France

i

*École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles
de la Ville de Paris*

Paris, Francja

Miękka materia*

Soft matter

Nobel Lecture, 8 December 1991, Stockholm

Co rozumiemy pod pojęciem miękkiej materii? Amerykanie wolą nazwę „płyny złożone” i rzeczywiście ta nazwa zawiera dwie podstawowe cechy miękkiej materii:

1) **Złożoność**. Upraszczając, możemy powiedzieć że nowoczesna biologia rozwijała się począwszy od badań nad prostymi układami modelowymi (bakterie), aż do złożonych organizmów wielokomórkowych (rośliny, bezkręgowce, kręgowce). Podobnie, z gwałtownego rozwoju fizyki atomu w pierwszej połowie naszego wieku wyrósł dział wiedzy o miękkiej materii oparty na badaniach układów wieloatomowych i wielocząsteczkowych, takich jak polimery, ciekłe kryształy, substancje powierzchniowo czynne (surfactants) i zawiesiny.

2) **Elastyczność**. Tę cechę chciałbym wytłumaczyć na przykładzie pierwszych eksperymentów, z użyciem polimeru, zapoczątkowanych przez Indian z dorzecza Amazonki. Indianie ci pokrywali swoje stopy żywicą zebraną z drzew kaurukowych; po jej wyschnięciu, wokół stopy powstawała cienka warstwa ochronna, indiańska wersja naszego kalosza. Mikroskopowo, punktem wyjścia opisu zjawiska

* Wykład noblowski, wygłoszony 8 grudnia 1991 r. w Sztokholmie, został przetłumaczony za zgodą Autora i Fundacji Nobla. [Translated with permission. Copyright ©1992 by the Nobel Foundation] (przyp. Red.).

jest układ niezależnych giętkich łańcuchów polimerów. Tlen z powietrza tworząc połączenia między łańcuchami prowadzi do efektywnej zmiany jakościowej zachowania układu: z płynnej żywicy powstaje struktura sieci odporna na naprężenia – to co dziś nazywamy **gumą** (po francusku: caoutchouc, co jest bezpośrednią transkrypcją indiańskiego wyrażenia). To co uderza w tym eksperymencie to fakt, że drobna zmiana struktury chemicznej układu prowadzi do całkowitej zmiany jego własności mechanicznych. Jest to cecha typowa dla miękkiej materii.

W innych układach polimerów staramy się tworzyć bardziej sztywne struktury. Przykładem jest enzym, będący długą sekwencją aminokwasów zwiniętą w zwartą, kulistą masę. Niewielka liczba tych aminokwasów odgrywa niezwykle ważną rolę tworząc „centra aktywne”, gdzie zachodzi specjalny rodzaj katalizy (lub rozpoznawania). Interesujące zagadnienie (poruszone dawno temu przez Jacquesa Monoda) jest następujące: w każdym punkcie sekwencji możemy umieścić jeden z dwudziestu różnych aminokwasów. Chcemy utworzyć receptor, w którym aktywne jednostki mają ściśle określone umiejscowienie w przestrzeni. Nie możemy użyć jedynie jednostek aktywnych, ponieważ przy ich bezpośrednim połączeniu nie otrzymuje się właściwych położeń i orientacji. Tak więc pomiędzy dwoma aktywnymi jednostkami potrzebujemy rozdzielacza, sekwencji aminokwasów o dostatecznej różnorodności pozwalającej na odpowiednie umiejscowienie, względem siebie, centrów aktywnych na obu końcach rozdzielacza. Pytanie postawione przez Monoda brzmiało następująco: jaka jest minimalna długość rozdzielacza? Okazuje się, że na tak postawione pytanie istnieje ściśle określona odpowiedź [1]. Magiczna liczba wynosi 13–14. Poniżej 14 jednostek nie udaje się uzyskać pożądanej konformacji. Powyżej tej liczby istnieje wiele sekwencji, które mogą ją tworzyć. Argument użyty do rozwiązania problemu jest niezwykle prosty: bierze się pod uwagę tylko efekt wykluczonej objętości a pomija fakt, że do uzyskania stabilnego enzymu potrzeba, aby jego wnętrze było utworzone przez jednostki hydrofobowe, zaś zewnętrzna powłoka przez jednostki hydrofilowe. Przypuszczam jednak, że nie zmienia to magicznej liczby o dużo więcej niż jeden. Rzeczywiście, gdy przyjrzymy się rozmiarom rozdzielacza w prostym układzie białka, takiego jak miozyna, to nie odbiegają one wiele od magicznej liczby.

Wróćmy teraz do giętkich polimerów w roztworze i spróbujmy przyjrzeć się ich dziwnym własnościom mechanicznym. Eksperyment Andrew Kellera i jego współpracowników [2] jest jednym z piękniejszych przykładów badania tych własności. W tym doświadczeniu rozrzedzony roztwór spiral [zwiniętych polimerów – R.H.] jest poddany ścinaniu wzdłużnemu. Jeśli trajektoria wyjścia jest odpowiednio dobrana (w płaszczyźnie symetrii kanału wyjścia), cząsteczki są naprężane przez długi czas. Stwierdzono, że jeśli szybkość ścinania $\dot{\gamma}$ przekracza pewną

wartość progową $\dot{\gamma}_c$, następuje gwałtowna zmiana i ośrodek staje się dwójłomny. Zmianę tę nazwałem przejściem od spirali do łańcucha („coil-stretch transition”) [3]. Kiedy ścinanie zaczyna rozkręcać spiralę, to przepływ coraz silniej zaczyna na nią oddziaływać rozkręcając ją coraz bardziej, co prowadzi do bardzo gwałtownej zmiany. Widać tutaj inny fascynujący aspekt miękkiej materii jakim jest zadziwiające sprzężenie między mechaniką a konformacją. I rzeczywiście, Keller pokazał, że dla szybkości ścinania $\dot{\gamma} > \dot{\gamma}_c$ łańcuchy dość szybko pękają i to bardzo blisko ich środka – zaiście spektakularny wynik.

Inną interesującą cechą rozrzedzonego układu spiral jest jego zdolność do redukcji strat w przepływie turbulentnym. Dziś efekt ten nazywa się efektem Toma, choć właściwie został on odkryty nawet przed Tomem przez Karola Myselsa [4]. Ku mojej wielkiej radości widzę go dziś tutaj. Wspólnie z M. Taborem staraliśmy się opracować teorię skalowania dla spiral w turbulentnej kaskadzie [5], co jednak zdaniem naszych przyjaciół pracujących w mechanice nie jest realistyczne. Przyszłość pokaże jaka jest właściwa odpowiedź.

Dużo mówiłem o polimerach. Logicznym byłoby takie samo omówienie kolidów lub, jak lubię je nazywać, „skrajnie podzielonej materii”. Ponieważ jednak wystąpiłem już z tym tematem na sympozjum noblowskim w Göteborgu pominięto go w tym wystąpieniu, pomimo jego ogromnego znaczenia praktycznego.

Pozwólcie, że przejdę do omówienia substancji powierzchniowo czynnych, których cząsteczki składają się z dwóch części: polarnych główek, które lubią wodę i alifatycznych ogonków, które wody nie lubią. Benjamin Franklin przeprowadził piękny eksperyment z użyciem substancji powierzchniowo czynnej. Na stawie w Clapham Common rozlał niewielką ilość kwasu oleinowego – naturalnej substancji powierzchniowo czynnej, która tworzy gęstą błonę na powierzchni rozdziału wody i powietrza. Następnie zmierzył objętość konieczną do pokrycia całego stawu, a znając pole powierzchni stawu mógł określić grubość tej błony, wynoszącą coś około trzech nanometrów według obecnego systemu jednostek miar. Był to (z tego co wiem) pierwszy pomiar rozmiarów cząsteczki. Szczególnie lubię opisywać moim studentom doświadczenia w stylu Franklina, w czasach, gdy psują nas coraz bardziej złożone zabawki, takie jak reaktory jądrowe czy źródła promieniowania synchrotronowego.

Substancje powierzchniowo czynne pozwalają nam chronić powierzchnię wody, jak również tworzyć te piękne bańki mydlane ku radości naszych dzieci. Nasze zrozumienie błonek mydlanych zawdzięczamy wspaniałej grupie: Myselsowi, Shinodzie i Frankelowi, którzy napisali książkę na ten właśnie temat [6]. Niestety, dziś bardzo trudno ją dostać. Mam nadzieję, że jej druk zostanie wznowiony.

Dawno temu, Françoise Brochard, Jean-François Lennon i ja [7] zainteresowaliśmy się pewnymi układami **dwuwarstwowymi**, składającymi się z dwóch

warstw substancji powierzchniowo czynnej, z których każda jest skierowana w stronę otaczającej wody. Podobnym układem (jednak bardziej skomplikowanym) jest czerwone ciało krwi. Od wielu lat wiadano, że komórki te, obserwowane przy kontraście fazowym, **migoczą**. Wierzano, że migotanie tych komórek odzwierciedla niestabilność żywych organizmów w warunkach braku równowagi. W końcu rzecz okazała się prostsza; istotną cechą nierozpuszczalnych układów dwuwarstwowych jest to, że optymalizują one swoje pole powierzchni przy zadanej liczbie cząsteczek w dwuwarstwie. Tak więc energia jest stacjonarna względem pola powierzchni i napięcie powierzchniowe znika. Oznacza to, że fluktuacje kształtu tych spłaszczonych komórek, lub naczynek, są ogromne; migotanie jest tylko jednym z przykładów ruchu Browna wykonywanego przez bardzo giętki obiekt. Jean-François zmierzył korelacje przestrzenno-czasowe migotania; Françoise zaś pokazała jak można je zrozumieć w oparciu o model, w którym nie występuje napięcie powierzchniowe a tylko energia krzywizny plus siły lepkości. Jest to jeszcze jeden dobry przykład miękkiej materii.

Był to, w istocie, początkowy punkt badań nad dwuwarstwowymi układami substancji powierzchniowo czynnej (pionierem tych badań był W. Helfrich) i formalnych badań nad silnie fluktuującymi powierzchniami (random surfaces) (zwłaszcza z D. Nelsonem). Na tym polu wielkim sukcesem było wymyślenie „fazy gąbczastej” mikroemulsji [8,9]. Zabawne jest, gdy dowiadujemy się, że istnieje wspólna płaszczyzna badań dla wyrafinowanych intelektualnie teorii strun i zwykłych modeli mydeł!

Pozwólcie, że przejdę teraz do innej części naszego ogródka, do ciekłych kryształów. W tym miejscu, składam hołd dwóm pionierom tej dziedziny: 1) Georgesowi Friedelowi, który jako pierwszy zrozumiał istotę ciekłych kryształów i wyróżnił ich główne rodzaje i 2) Charlesowi Frankowi, który (po wstępnych pracach Oseena) skonstruował teorię elastyczności dla nematyków, jak również opisał pewną liczbę nematycznych defektów topologicznych (dysklinacji). W tym wystąpieniu będę mówił tylko o smektykach. Z obserwacji pewnych defektów (stożkowych), Friedel był w stanie pokazać, że smektyk składa się z ciekłych, równoodległych warstw podlegających deformacjom [10]. Tak więc, z obserwacji przeprowadzonych w skali stu mikrometrów, był w stanie poprawnie wywnioskować strukturę w skali dziesięciu angstromów – iście zadziwiająca osiągnięcie. W naturalny sposób smektyki prowadzą mnie do innej ważnej własności płynów złożonych: możliwości **tworzenia nowych form materii**. Cytowana już gąbczasta faza jest tylko jednym z przykładów. Innym uderzającym przykładem było wyznalezienie przez R.B. Meyera ferroelektrycznych smektyków (w Orsay, ok. 1975 r.). Meyer zastanawiał się nad taką architekturą cząsteczek, obdarzonych skłonnością, aby automatycznie tworzyły one fazę obdarzoną niezerowym momentem

dipolowym. W ciągu kilku miesięcy nasi miejscowi chemicy zsyntetyzowali właściwą cząsteczkę i tak oto narodził się pierwszy ciekły ferroelektryk! [11]. Dzisiaj mogą się one stać niezwykle ważnymi materiałami dla produkcji wyświetlaczy (display). Ich czas przełączania jest 10^3 razy krótszy niż w nematykach, używanych jako wyświetlacze w zegarkach.

Innym przykładem, znacznie mniej ważnym ale za to zabawnym, jest ferro-smektyk skonstruowany przez M. Veyssié i P. Fabre'a. Niech za punkt wyjścia posłuży nam płyn ferromagnetyczny – zawiesina drobinek magnetycznych. (Ferro-płyny, które mają zadziwiające własności, zostały wynalezione, dawno temu, przez R. Rosensweiga). Ferro-smektyk składa się z dwu warstw rozdzielonych ferro-płynem (club sandwich). Układ jest stabilny, gdy przyłożone pole magnetyczne H , jest równoległe do warstw. W polu prostopadłym układ nie jest już stabilny dla każdej wielkości pola. Przy małym polu nic się nie obserwuje, zaś przy przekroczeniu pewnej wielkości progowej pola, H_c , widać pod mikroskopem polaryzacyjnym rosnące figury w kształcie kwiatów [12]. Proces ten jest dwuetapowy: a) tuż powyżej wielkości progowej pola powstaje falująca chemiczna niestabilność, b) później pojawiające się defekty stożkowe mają podstawowy rozmiar określony przez niestabilność chemiczną. Aby jednak wypełnić przestrzeń potrzebne są także mniejsze defekty. Taki układ jest ostatecznie bardzo dobrym detektorem nawet bardzo słabych pól magnetycznych (~ 30 gausów).

Pozwólcie mi przytoczyć przykład jeszcze jednego zwierzątko z naszej menażerii: ziaren Janusa [rzymskiego boga początku i końca, strażnika wrót – R.H.], wytworzonych przez C. Casagrande'a i M. Veyssié. Bóg Janus miał dwie twarze. Ziarna mają dwie strony: polarną i niepolarną. Stąd, ich własności są podobne do własności substancji powierzchniowo czynnej. Różnią się jednak, gdy rozważy się ich błony na powierzchni wody i powietrza. Typowa błona substancji powierzchniowo czynnej jest nieprzepuszczalna, podczas gdy gęsta błona ziaren Janusa pozwala, dzięki istnieniu pustych przestrzeni pomiędzy nimi, na przepływ materii przez błonę. „Skóra oddycha” i może to mieć pewne znaczenie praktyczne.

Ziarna Janusa zostały wytworzone po raz pierwszy za pomocą techniki polegającej na zatopieniu kulistych cząstek do połowy w plastiku i pokryciu ich wystającej części krzemowodorem [13]. W ten sposób produkują się tylko mikroskopijne ilości materiału. Grupa badawcza Goldschmidta wynalazła znacznie lepszą metodę wykorzystującą szklane kulki **puste** w środku (łatwo dostępne na skalę przemysłową). Ich zewnętrzną powłokę pokrywa się substancją hydrofobową. W końcu kulki są zgniatane i w ten sposób otrzymuje się płytki, których jedna strona jest hydrofobowa, zaś druga hydrofilowa. Płytki te są nieregularne, ale za to można je produkować w ilościach wielu ton.

Chciałbym teraz poświęcić kilka słów stylowi badań w dziedzinie miękkiej materii. Po pierwsze istnieją możliwości wykonywania bardzo prostych eksperymentów w duchu tego przeprowadzonego przez Benjamina Franklina. Zacytuję dwa przykłady. Pierwszy dotyczy **zwilżania włókien**. Zwykle włókno po zanurzeniu w cieczy pokrywa się kropelkami i dlatego przez jakiś czas ludzie myśleli, że włókna nie są zwilżane. F. Brochard przeprowadziła teoretyczną analizę równowagi na zakrzywionych powierzchniach i doszła do wniosku, że w wielu przypadkach możemy spodziewać się warstwy zwilżającej na włóknie, pomiędzy kropelkami. J.M. di Meglio i D. Queré ustalili, w bardzo elegancki sposób, grubość takiej warstwy zwilżającej [14]. W swoim doświadczeniu wytworzyli na włóknie dwie krople, dużą i małą, położone blisko siebie. Następnie zaobserwowali powolne zmniejszanie się małej kropli i jej stopniowy przepływ do dużej kropli, tak jak można się spodziewać z teorii zjawisk powierzchniowych. Z pomiaru prędkości przepływu odtworzyli grubość warstwy zwilżającej pomiędzy kroplami. Z teorii przepływu Poiseuille'a wiadomo, że szybkość przepływu bardzo silnie zależy od tej grubości.

Badanie kolektywnych wzbudzeń linii styku faz (brzegu kropli na powierzchni ciała stałego) jest jeszcze jednym przykładem eleganckiego doświadczenia. Zaburzona linia styku faz wraca do swego równowagowego kształtu w tempie zależnym od badanej wielkości, to jest od długości fali zaburzenia. W jaki sposób możemy zaburzyć taką linię? Myślałem o bardzo skomplikowanych sztuczkach, takich jak wykorzystanie pola naprężeń wytworzonego na odparowanej powierzchni metalowego grzebienia, lub innych jeszcze gorszych sposobach. W tym momencie Thierry Ondarcuhu wystąpił z następującą prostą metodą: 1) przygotował dużą kroplę na powierzchni ciała stałego z niezaburzoną linią styku (oznaczymy ją L); 2) następnie zanurzył włókno w cieczy, otrzymując na nim zgodnie z niestabilnością Rayleigha sznurek kropelek; 3) położywszy włókno na cieple stałym przeniósł sznur kropelek, równoległe do linii L , na jego powierzchnię; 4) pochylenie powierzchni ciała stałego przesunęło linię L w stronę kropelek. W momencie zetknięcia nastąpiło zlanie się kropelek z linią L . W ten sposób powstała pofalowana linia, której szybkość relaksacji można było zmierzyć [15].

Podkreślałem do tej pory eksperyment bardziej niż teorię, choć jak wiadomo również ona jest niezbędna w zrozumieniu miękkiej materii. I czasem okazuje się, że istnieją zabawne analogie pomiędzy miękką materią a innymi działami fizyki. Głównego przykładu dostarczają prace S.F. Edwardsa [16], w których pokazał, że konformacja giętkiego łańcucha polimeru odpowiada trajektorii nierelatywistycznej cząstki. Statystyczna waga dla łańcucha odpowiada tutaj propagatorowi cząstki. W obecności zewnętrznego pola oba układy opisywane są tym samym równaniem Schrödingera! Obserwacja ta stała się kluczem do późniejszego roz-

woju całej statystyki polimerów.

Inna zabawna analogia, odkryta przez nieżyjącego już W. Mc Millana (wielkiego naukowca, którego brak wszyscy odczuwamy) i przeze mnie, łączy smektyki A i nadprzewodniki. Została ona wręcz artystycznie wykorzystana przez T. Lubenskigo i jego kolegów [17]. I tutaj została odkryta nowa forma materii! Wiadomo, że nadprzewodnik drugiego rodzaju wpuszcza do swego wnętrza pole magnetyczne w formie skwantowanych wirów. Analogiem jest smektyk z dodatkiem cząsteczek obdarzonych skrętnością, które odgrywają rolę pola. Jak przewidział w 1988 r. Lubensky, mogą one powodować w pewnych przypadkach powstanie sieci skrętnych dyslokacji w smektyku, prowadząc do powstania nowej fazy nazwanej smektykiem A* [lub TGB – twisted grain boundaries phase – R.H.]. Faza ta została odkryta w rok później przez grupę Pindaka [18] – zaiste wspaniałe to osiągnięcie.

Pozwólcie, że zakończę tę sentymentalną podróż pokrótce przypominając moich współtowarzyszy. Niektórych z nich poznałem już w drodze, jak Jean-Jacquesa – wielkiego wynalazcę ciekłych kryształów, czy Karola Myselsa – niekwestionowanego mistrza w dziedzinie substancji powierzchniowo czynnych. Inni byli ze mną przez cały czas moich badań: Henri Benoit i Sam Edwards, którzy nauczyli mnie badania polimerów; Jacques des Cloizeaux i Gérard Jannink, którzy napisali książkę zawierającą głęboką wiedzę teoretyczną na ten temat. Najbliższym gronem moich współtowarzyszy podróży po lądach i morzach są: Phil Pincus, Shlomo Alexander, Etienne Guyon, Madeleine Veyssié; i ostatnia, choć nie najmniej ważna, Françoise Brochard – sans laquelle les choses ne seraient ce qu'elles sont (bez której nic nie byłoby tym czym jest).

Końcowe strofy nie są moje, a pochodzą z eksperymentu (wg Boudina), pokazanego na rysunku, a poświęconego miękkiej materii. W polskim tłumaczeniu brzmiałoby to mniej więcej tak:

„Bawmy się na lądzie i morzu
Nieszczęsny kto sławny zostanie
Bogactwo, zaszczyty, fałszywy blichtr świata
Są niczym, jak bańki mydlane”

W dniu dzisiejszym, taka konkluzja wydaje się najwłaściwsza.

Tłumaczył *Robert Hołyst*
Instytut Chemii Fizycznej PAN
Warszawa



La Souffleuse de Savon.

Amusons-nous. Sur la terre et sur l'onde
Malheureux, qui se fait un nom !

Richesse, Honneurs, faux éclat de ce monde,
Tout n'est que boules de savon.

A Paris chez M. Dandré-Breant, rue des Noyers.

Literatura

- [1] Ostatnie wydanie tej pracy, patrz *Introduction to polymer dynamics* (Lezione Licei), Cambridge U. Press, 1990, Chap. 2.
- [2] J.A. Odell, A. Keller, w: *Polymer-flow interactions* (red. I. Rabin), AIP, Nowy Jork 1985; A. Keller, J. Odell, *Coll. Polym. Sci.* **263**, 181 (1985).
- [3] P.G. de Gennes, *J. Chem. Phys.* **60**, 5030 (1974).
- [4] Historyczny przegląd można znaleźć w: K. Mysels, *Chem. Eng. Prog.*, Symposium series, **67**, 45 (1971).
- [5] M. Tabor, P.G. de Gennes, *Europhys. Lett.* **2**, 519 (1986); P.G. de Gennes, *Physica* **140A**, 9 (1986).
- [6] K. Mysels, K. Shinoda, S. Frankel, *Soap Films*, Pergamon, London 1959.
- [7] F. Brochard, J.F. Lennon, *J. Phys. (Paris)* **36**, 1035 (1976).
- [8] G. Porte, J. Marignan, P. Bassereau, R. May, *J. Phys. (Paris)* **49**, 511 (1988).
- [9] D. Roux, M.E. Cates, *Proceedings of the 4th Nishinomya-Yukawa Symposium*, Springer (w druku).
- [10] G. Friedel, *Ann. Phys. (France)* **18**, 273 (1922).
- [11] R.B. Meyer, L. Liébert, L. Strzelecki, P. Keller, *J. Physique Lett.* **36**, L-69 (1975).
- [12] P. Fabre, C. Casagrande, M. Veyssié, V. Cabuil, R. Massart, „Ferrosmeectics: A new Magnetic and Mesomorphic Phase”, *Phys. Rev. Lett.* **64**, 539 (1990).
- [13] C. Casagrande, M. Veyssié, *C. R. Acad. Sci. (Paris)* **306II**, 1423 (1988); C. Casagrande, P. Fabre, M. Veyssié, E. Raphaël, *Europhys. Lett.* **9**, 251 (1989).
- [14] J.M. di Meglio, *C. R. Acad. Sci. (Paris)* **303II**, 437 (1986).
- [15] T. Ondarcuhu, M. Veyssié, *Nature* **352**, 418 (1991).
- [16] S.F. Edwards, *Proc. Phys. Soc. (London)* **85**, 613 (1965).
- [17] S.R. Renn, T. Lubensky, *Phys. Rev. A* **38**, 2132 (1988).
- [18] J.W. Goodby, M.A. Waugh, S.M. Stein, E. Chin, R. Pindak, J.S. Datel, *J. Am. Chem. Soc.* **111**, 8119 (1989).

RÓŻNE

Granty KBN z fizyki – I konkurs

Grants in physics of the State Research Committee

W 1991 r. rozpoczęto proces zmiany sposobu finansowania badań naukowych w Polsce. W zakresie badań podstawowych, celem reformy jest stworzenie systemu, który umożliwiłby na drodze okresowych konkursów i ocen kierowanie pieniędzy budżetowych do instytutów i zespołów, które są w stanie osiągać wyniki na światowym poziomie. Otwarte współzawodnictwo o fundusze między badaczami z tej samej dziedziny uzyskano głównie przez wprowadzenie nieznaną dotąd w Polsce instytucji indywidualnych projektów badawczych, tzw. grantów, o które ubiegać mogą się wszyscy, nie tylko pracownicy instytucji naukowych. Złożone w Komitecie Badań Naukowych projekty badawcze wybierane są do finansowania na podstawie ocen dokonanych przez zewnętrznych recenzentów, a ostateczne decyzje w sprawie rozdziału pieniędzy między zespoły naukowe podejmuje komisje, w których skład wchodzi, wyłonieni na drodze wyborów, przedstawiciele polskiego środowiska naukowego.

Informacje o grantach KBN publikowane są systematycznie w *Biuletynie KBN* (obecnie *Sprawy Nauki*). Poniżej przedstawiamy listę grantów z fizyki, które zakwalifikowane zostały do finansowania w ramach pierwszego konkursu, tzn. od 1 października 1991 r.

Przy lekturze tej listy należy pamiętać o kilku faktach.

- Podział na dziedziny fizyki jest jedynie orientacyjny i pochodzi od Redakcji. Zdajemy sobie sprawę, że jest on niedoskonały.
- W ramach działów granty ustawione są w kolejności malejących kosztów projektu.
- Podane kwoty nie uwzględniają dokonywanej rewaloryzacji.
- Liczba wykonawców ma jedynie charakter orientacyjny, gdyż nie bierze pod uwagę stopnia w jakim poszczególne osoby uczestniczą w wykonywaniu projektu oraz nie uwzględnia pracowników technicznych i administracyjnych.
- Nie istnieje jednoznaczny podział na badania podstawowe i stosowane. W związku z tym wiele grantów przyznanych przez Komisję Badań Stosowanych mogłoby być rozpatrywanych przez Komisję Badań Podstawowych i być może znalazłoby się na poniższej liście. Podobne zastrzeżenia odnoszą się do projektów badań z pogranicza dyscyplin naukowych, np. fizyki i chemii lub fizyki i matematyki.

Lista projektów została opracowana przy współpracy Pani Bożeny Makowieckiej-Królak z Sekcji Fizyki KBN.

Redakcja

Kierownik projektu liczba wykonawców; czas (w miesiącach); koszt (w mln zł)
 Tytuł projektu

**METODY MATEMATYCZNE, TEORIA POLA,
 FIZYKA STATYSTYCZNA, ASTROFIZYKA**

doc. J. Zagroździński (IF PAN)	11	36	825
Procesy typu solitonowego i inne nieliniowe w ośrodkach materialnych			
prof. Z. Pająk (IF UAM)	6	36	750
Rola sprzężeń modów rotacyjnych w indukowaniu przejść fazowych w ciałach stałych			
prof. M. Demiański (IFT UW)	12	36	600
Badanie fizyki wczesnego wszechświata			
prof. S. Pokorski (IFT UW)	8	36	600
Badanie spontanicznego naruszenia symetrii w teoriach struktury materii			
prof. J. Rembieliński (IF UŁ)	9	24	600
Struktury algebraiczne i różniczkowe związane z grupami i przestrzeniami kwantowymi oraz ich zastosowanie w fizyce kwantowej			
prof. A. Trautman (IFT UW)	8	36	600
Teorie grawitacji i pól cechowania oraz ich metody matematyczne			
prof. A. Sym (IFT UW)	7	36	525
Geometryczne i kanoniczne aspekty modeli nieliniowych			
doc. J. Wosiek (IF UJ)	6	36	525
Nieperturbacyjne badanie kwantowych teorii pola na sieciach czaso-przestrzennych			
doc. R. Alicki (IFTiA UG)	7	36	500
Quantum Probability and Stochastic Dynamics			
prof. A. Fuliński (IF UJ)	14	36	500
Własności układów sprzężonych procesów nieliniowych			
prof. J. Piasecki (IFT UW)	3	36	480
Badanie korelacji w fazach makroskopowych			
prof. A. Staruszkiewicz (IF UJ)	7	36	463
Badanie układów grawitacyjnych i asymptotycznego pola elektromagnetycznego			
prof. W. Karwowski (IFT UW)	5	36	400
Metody stochastyczne w dynamice kwantowej			
prof. E. Kapuścik (IFJ)	7	36	375
Rola zasady względności Galileusza w mechanice kwantowej			

prof. T. Lulek (IF UAM) Wigner-Racah description of structural properties of condensed matter	8	27	375
prof. R.S. Ingarden (IF UMK) Dynamika informacyjna w fizyce i biofizyce	6	36	300
prof. J. Lukierski (IFT UW \r) Grupy kwantowe	5	24	240
dr P. Pełowski (IF UMK) Badanie klasycyżno-kwantowej korespondencji w okresowo zaburzanych układach dynamicznych	5	36	240
dr P. Kosiński (IF UŁ) Geometryczna i teoriogrupowa struktura faz niecałkowalnych	4	27	225
prof. J. Kijowski (ZFT PAN) Nieperturbacyjne metody teorii pól z cechowaniem i kwantowej grawitacji	8	24	200
prof. J. Ławrynowicz (IF UŁ) Metody rozmaitości superzespolonych w równaniach układów dynamicznych fizyki ciała stałego	10	21	200
dr hab. J. Zakrzewski (IF UJ) Własności kwantowe układów fizycznych, których dynamika klasyczna ma charakter chaotyczny	4	27	200
doc. M. Cieplak (IF PAN) Automaty komórkowe w fizyce	3	36	190
dr inż. J. Kitowski (II AGH) Badanie zjawisk hydrodynamicznych metodą dynamiki molekularnej	10	12	190
prof. J. Czerwonko (IF PWr) Warunki brzegowe w cieczach Fermiego	2	36	180
prof. A. Jamiółkowski (IF UMK) Zastosowania metod teorii sterowania do badania ewolucji otwartych układów kwantowych	7	36	180
prof. A. Pękalski (IFT UW \r) Automaty komórkowe jako modele dyfuzji i relaksacji	4	24	160
prof. K. Parliński (IFJ) Przejścia fazowe i fazy niewspółmierne	3	15	125
prof. J. Łopuszański (IFT UW \r) Zagadnienia symetrii i supersymetrii w klasycznej i kwantowej mechanice i teorii pola	4	12	100
dr K. Życzkowski (IF UJ) Wykładnik Lapunowa w mechanice kwantowej	2	12	95

dr S. Ciechanowicz (IFT UWr)	2	24	90
Symetrie fundamentalne w oddziaływaniach słabych przy niskich energiach			
prof. Z. Galasiewicz (IFT UWr)	2	24	80
Własności nadprzewodzące i nadpłynne układów fermionowych			
prof. K. Wódkiewicz (IFT UW)	1	36	75
Nierówności Bella dla wielu cząstek			
prof. J. Zieliński (IF UŚI)	4	12	75
Silnie skorelowane fermiony w jedno i wieloorbitalnych modelach Hubbarda			
prof. Ł.A. Turski (ZFT PAN)	5	12	70
Mikroskopowe modele migracji cząstek na powierzchniach krystalicznych			
doc. L. Jacak (IFT UWr)	3	24	50
Fizyka anyonów			
dr inż. I. Krzyżanowski (IF PWr)	3	21	50
Fizyka nadciekłości cienkiej warstwy i nadprzewodnictwa w materiałach warstwowych			
doc. M. Kuś (ZFT PAN)	2	12	50
Zastosowanie optyczne procesów stochastycznych o skończonym czasie korelacji			
dr T. Gawron (IF PAN)	4	24	40
Teorie skalowania przypadkowych układów magnetycznych			
prof. B. Fechner (IF UAM)	2	12	30
Mixed states in disordered binary Ising magnets			
dr J. Hołyst (IF PW)	2	15	25
Dysypacja w kwantowych łańcuchach spinowych			
prof. A. Jadczyk (IFT UWr)	1	12	25
Ku kwantowej teorii przyszłości. Kwantowa geometria i informacja			
doc. M. Lewenstein (ZFT PAN)	4	12	25
Badania modeli sieci neuronowych metodami fizyki statystycznej			
dr S. Bugajski (IF UŚI)	1	12	20
Quantum mechanics on phase space			
mgr inż. A. Jaroszewicz (IF PAN)	1	12	20
Przestrzenno-czasowa dynamika jednowymiarowych układów magnetycznych			
dr M. Wolf (IFT UWr)	1	12	19.5
Multifraktalne własności procesów wzrostu			
dr S. Kopeć (IF UJ)	1	12	18.88
Przybliżone rozwiązywanie nieliniowych równań fizyki			

prof. M. Kurzyński (IF UAM)	1	12	17.5
Uniwersalny mechanizm przejść fazowych w związkach $A'A''BX_4$			
dr J. Sobczyk (IFT UW)	2	12	13.1
Fizyczne zastosowania przestrzeni krzywych algebraicznych			
dr J. Olejniczak (IF UŁ)	1	6	6
Dynamiczne pole elektryczne			

FIZYKA WYSOKICH ENERGII

prof. R. Sosnowski (IPJ)	22	36	7270
Udział w eksperymencie DELPHI			
prof. J.A. Zakrzewski (IFD UW)	44	27	6560
Projekt HERA – eksperymenty H1/ZEUS			
prof. J. Królikowski (IFD UW)	33	15	2400
Nowe techniki doświadczalne dla potrzeb eksperymentów przy LHC w CERN-ie			
prof. T. Hofmohl (IFD UW)	14	27	2100
Oddziaływanie elektronów i ciężkich jonów przy dużych energiach			
prof. S. Pokorski (IFT UW)	19	36	1425
Badanie teorii pól z cechowaniem dla oddziaływań fundamentalnych			
dr M. Gaździcki (IFD UW)	7	36	1350
Poszukiwanie plazmy kwarkowo-gluonowej w eksperymentach przy „kolajderach” relatywistycznych jonów			
prof. J. Wdowczyk (IPJ)	7	36	1300
Badanie składu masowego i oddziaływań promieniowania kosmicznego o energiach $10^{14} - 10^{17}$ eV			
prof. E. Skrzypczak (IFD UW)	8	36	1260
Zderzenia relatywistycznych jąder			
doc. R. Hołyński (IFJ)	6	36	1050
Skład, widmo energetyczne oraz oddziaływania jądrowe promieniowania kosmicznego			
doc. R. Hołyński (IFJ)	6	33	900
Badanie oddziaływań jądro-jądro przy najwyższych energiach akceleratorowych			
doc. T. Siemiarczuk (IPJ)	6	36	900
Zderzenia relatywistycznych jonów – badanie materii jądrowej w warunkach ekstremalnych (eksperyment WA-80)			
prof. A. Białas (IF UJ)	14	36	825
Badanie zjawiska intermitencji w zderzeniach wysokich energii			
dr M. Kutschera (IFJ)	12	36	825
Gęsta i/lub gorąca materia hadronowa			

prof. A. Białas (IF UJ)	8	36	750
Własności materii w efektywnych modelach chiralnych			
prof. W. Czyż (IF UJ)	11	36	675
Badanie czasowo-przestrzennej struktury produkcji cząstek w zderzeniach z jądrami atomowymi			
prof. K. Zalewski (IFJ)	11	36	675
Przewidywania modelu standardowego dla akceleratorów nowej generacji			
doc. J. Szwed (KI UJ)	10	36	600
Produkcja fotonów bezpośrednich w zderzeniach spolaryzowanych i niespolaryzowanych hadronów			
prof. M. Zrałek (IF UŚI)	6	36	600
Badanie modelu standardowego i jego uogólnień			
prof. J. Kwieciński (IFJ)	7	36	450
Struktura hadronów i oddziaływania cząstek i jąder atomowych			
prof. J. Werle (IFT UW)	8	36	375
Badanie statycznych i dynamicznych własności hadronów			
doc. L. Turko (IFT UW)	4	36	360
Nowe zjawiska w fenomenologii oddziaływań cząstek elementarnych – wysokie energie			
prof. W. Królikowski (IFT UW)	6	27	350
Badanie kwarkowo-gluonowej struktury hadronów ze szczególnym uwzględnieniem ich struktury spinowej			
doc. J. Stepianiak (IPJ)	6	24	300
Zbadanie korelacji i poszukiwanie stanów dinukleonowych w reakcjach protonów z jądrami			
dr D. Kiełczewska (IFD UW)	1	36	150
Poszukiwanie rozpadu protonu oraz badanie własności neutrin			
dr G. Wilk (IPJ)	2	24	120
Badania teoretyczne procesów wielokrotnej produkcji hadronów			

FIZYKA JĄDROWA I FIZYKA PLAZMY

dr inż. W. Dąbrowski (MIFiTJ AGH)	8	36	1200
Laboratorium dla badania detektorów półprzewodnikowych i stowarzyszonej elektroniki wielkiej skali integracji			
prof. J. Jastrzębski (ŚLCJ UW)	10	24	1200
Badanie mechanizmu reakcji jądrowych metodami spektroskopii gamma			
doc. B. Kamys (IF UJ)	10	36	1200
Breakup deuteronu wywołany protonami			

dr hab. W. Kurcewicz (IFD UW)	9	36	1200
Deformacje jąder i stany jądrowe o wysokim spinie			
prof. A. Strzałkowski (IF UJ)	10	36	1200
Poszukiwanie egzotycznych stanów mezonowych			
prof. Z. Szymański (IFT UW)	10	36	1200
Badanie struktury stanów podstawowych jąder atomowych oraz stanów jądrowych o wysokich spinach i deformacjach			
prof. J. Styczeń (IFJ)	5	36	1000
Badanie superdeformacji i wysokospinowych wzbudzeń jądrowych			
prof. J. Żylicz (IFD UW)	6	24	1000
Badania nasilenia przemiany beta typu Gamowa-Tellera			
prof. A. Budzanowski (IFJ)	11	36	900
Badanie rezonansów w układach ciężkich jonów (^{16}O , ^{12}C)			
prof. L. Jarczyk (IF UJ)	11	36	900
Badanie mechanizmów produkcji i rozpadu ciężkich hiperjąder			
dr Z. Preibisz (IPJ)	5	36	900
Badanie struktury jąder atomowych przy użyciu 30 MeV protonów z cyklotronu w Świerku			
dr M. Zadrożny (IFPiLM)	9	36	900
System diagnostyczny dla eksperymentów plazmowych			
dr R. Płaneta (IF UJ)	13	36	800
Dynamika oddziaływań jądrowych a podział ciepła w zderzeniach ciężkich jąder			
doc. J. Nassalski (IPJ)	7	24	700
Pomiar funkcji struktury zależnych (G_1) i niezależnych (F_2 , R) od spinu			
doc. A.G. Chmielewski (IChiTJ)	4	36	600
Efekty izotopowe w procesach rozdzielania			
prof. J. Styczeń (IFJ)	6	36	600
Własności „gorących” jąder atomowych			
prof. Z. Sujkowski (IPJ)	5	24	600
Badanie jonizacji wewnętrznych powłok atomowych w zderzeniach z ciężkimi jonami			
prof. W. Zipper (IF UŚI)	9	24	600
Badanie mechanizmu oddziaływania i struktury jąder w zderzeniach ciężkich jonów			
prof. R. Żelazny (ŚCO IEA)	4	36	600
Teoretyczne badania stanów zrelaksowanych w plazmie toroidalnej z przepływami			

dr M. Wójcik (IF UJ)	2	36	480
Badanie własności i redukcja wpływu naturalnych izotopów promieniotwórczych na czułość systemu detekcyjnego w eksp. GALLEX. Udział w opracowaniu wyników eksperymentu			
doc. A. Bałanda (IF UJ)	7	36	450
Spektroskopia pozytonów, d-elektronów i par pozyton elektron emitowanych w zderzeniach ciężkich jonów			
prof. A. Sobiczewski (IPJ)	4	36	400
Badania teoretyczne niestabilnych jąder atomowych			
doc. W. Waluś (IF UJ)	8	36	400
Badanie produkcji kaonów i pionów w zderzeniach ciężkich jonów			
dr J. Kierzek (IChiTJ)	3	36	360
Nowe rozwiązania aparaturowe i metodyczne w dziedzinie fizykochemicznych metod jądrowych stosowanych dla celów analitycznych			
dr hab. J. Błocki (IPJ)	3	36	300
Porządek, chaos a jądro atomowe			
prof. J. Dąbrowski (IPJ)	4	36	300
Badanie teoretyczne materii jądrowej			
dr hab. S. Taczanowski (MIFiTJ AGH)	5	36	240
Studia parametryczne reaktorów hybrydowych syntezy jądrowej			
dr Z. Jankowicz (Warszawa)	2	27	210
Teoretyczne badanie plazmy przyściennej w termojądrowych pułapkach toroidalnych			
dr inż. J. Dryzek (IFJ)	3	15	120
Budowa spektrometru do pomiaru poszerzenia dopplerowskiego linii anihilacyjnej			
dr W.A. Kamiński (IF UMCS)	2	33	120
Badania reakcji podwójnej wymiany ładunku			
dr S. Mrówczyński (IPJ)	1	36	90
Relatywistyczne równania transportu			
prof. S. Hałas (IF UMCS)	3	15	60
Eksperymentalne badanie stałej równowagi reakcji wymiany izotopowej w układzie CO ₃ =roztwór-CO ₂ gaz			
doc. B. Pomorska (IF UMCS)	5	36	60
Rozmiary i kształty jąder atomowych o $70 < A < 140$			
prof. K. Pomorski (IF UMCS)	1	36	60
Badanie rozszczepienia i zjawisk po rozszczepieniu jąder atomowych			
dr M. Ekiel-Jeżewska (ZFT PAN)	1	12	30
Fale elektromagnetyczne w relatywistycznej plazmie			

dr M. Wójcik (IF UJ)	2	36	480
Badanie własności i redukcja wpływu naturalnych izotopów promieniotwórczych na czułość systemu detekcyjnego w eksp. GAL-LEX. Udział w opracowaniu wyników eksperymentu			
doc. A. Bałanda (IF UJ)	7	36	450
Spektroskopia pozytonów, d-elektronów i par pozyton elektron emitowanych w zderzeniach ciężkich jonów			
prof. A. Sobiczewski (IPJ)	4	36	400
Badania teoretyczne niestabilnych jąder atomowych			
doc. W. Waluś (IF UJ)	8	36	400
Badanie produkcji kaonów i pionów w zderzeniach ciężkich jonów			
dr J. Kierzek (IChiTJ)	3	36	360
Nowe rozwiązania aparaturowe i metodyczne w dziedzinie fizykochemicznych metod jądrowych stosowanych dla celów analitycznych			
dr hab. J. Błocki (IPJ)	3	36	300
Porządek, chaos a jądro atomowe			
prof. J. Dąbrowski (IPJ)	4	36	300
Badanie teoretyczne materii jądrowej			
dr hab. S. Taczanowski (MIFiTJ AGH)	5	36	240
Studia parametryczne reaktorów hybrydowych syntezy jądrowej			
dr Z. Jankowicz (Warszawa)	2	27	210
Teoretyczne badanie plazmy przyściennej w termojądrowych pułapkach toroidalnych			
dr inż. J. Dryzek (IFJ)	3	15	120
Budowa spektrometru do pomiaru poszerzenia dopplerowskiego linii anihilacyjnej			
dr W.A. Kamiński (IF UMCS)	2	33	120
Badania reakcji podwójnej wymiany ładunku			
dr S. Mrówczyński (IPJ)	1	36	90
Relatywistyczne równania transportu			
prof. S. Hałas (IF UMCS)	3	15	60
Eksperymentalne badanie stałej równowagi reakcji wymiany izotopowej w układzie CO ₃ =roztwór-CO ₂ gaz			
doc. B. Pomorska (IF UMCS)	5	36	60
Rozmiary i kształty jąder atomowych o $70 < A < 140$			
prof. K. Pomorski (IF UMCS)	1	36	60
Badanie rozszczepienia i zjawisk po rozszczepieniu jąder atomowych			
dr M. Ekiel-Jeżewska (ZFT PAN)	1	12	30
Fale elektromagnetyczne w relatywistycznej plazmie			

prof. S. Wycech (IPJ)	2	12	19
Atomy egzotyczne			

FIZYKA ATOMOWA I MOLEKULARNA, OPTYKA, AKUSTYKA

prof. J. Heldt (IFD UG)	4	36	900
Wpływ pola elektrycznego i magnetycznego na promieniowanie swobodnych atomów Li, Na oraz K			
doc. S. Jurga (IF UAM)	5	36	900
Badania dynamiki i struktury układów makromolekularnych metodami NMR			
prof. M. Kolwas (IF PAN)	5	36	900
Dynamika wytwarzania światłem laserowym i ewolucji klasterów (zlepków) sodowych w środowisku gazowym			
prof. J. Szudy (IF UMK)	7	36	900
Wpływ zderzeń atomowych na kształt linii widmowych w gazach szlachetnych i parach metali			
doc. A. Warczak (IF UJ)	5	36	900
Procesy atomowe zachodzące w zderzeniach jonów o energiach rzędu MeV/N z atomami			
prof. Z.R. Grabowski (IChF PAN)	8	36	750
Rozdzielcza w czasie spektrometria stanów wzbudzonych i wolnych rodników			
dr C. Szmytkowski (WFTiMS PG)	5	36	750
Zderzenie elektronów z atomami i drobinami			
dr hab. S. Chwirot (IF UMK)	4	36	600
Electron-photon coincidence experiments on the electron impact excitation of P states of Cd and Zn atoms			
prof. S. Łęgowski (IF UMK)	7	36	600
Pomiary polaryzowalności tensorowej atomów Cd i Zn			
doc. L. Latanowicz (IF UAM)	6	36	570
Zastosowanie metody magnetycznej relaksacji różnych jąder do badania dynamiki wewnątrzcząsteczkowej			
prof. K. Jankowski (IF UMK)	8	36	525
Opracowanie nowych metod opisu efektów korelacji elektronowej w atomach i molekułach			
prof. J. Pietrzak (IF UAM)	16	36	450
Oddziaływanie elektronowo-jądrowe w molekułach i układach molekularnych w kryształach			
dr hab. C. Radzewicz (IFD UW)	5	36	450
Badanie oddziaływania bardzo silnych impulsów światła z cząsteczkami dwuatomowymi			

prof. E. Ozimek (IF UAM)	6	36	360
Amplitudowo-częstotliwościowe deformacje sygnałów w pomieszczeniach, mechanizmy ich powstawania oraz psychoakustyczna ich ocena			
dr hab. J. Waluk (IChF PAN)	4	36	360
Spektroskopia matrycowa układów fotoautomeryzujących			
prof. J. Karwowski (IF UMK)	5	36	302
SGA i jego zastosowania			
prof. W. Gawlik (IF UJ)	8	24	300
Pompowanie optyczne przy pomocy laserów			
prof. A. Leliwa-Kopystyńska (IFD UW)	7	36	300
Spektroskopia atomów i cząsteczek dwuatomowych, badanie struktur energetycznych i przekazu energii w zderzeniach			
dr inż. M. Wolszczak (ITR PŁ)	9	36	300
Spektrometria piko- i nanosekundowa: dynamika molekularna, lokalizacja i solwatacja elektronu			
prof. W. Duch (ZIS UMK)	5	24	240
Rozwój metod oddziaływania konfiguracyjnego			
dr hab. T. Grycuk (IFD UW)	3	33	240
Spektroskopia ekscimerów w układach metal(IIb) – gaz szlachetny			
dr L. Rutkowski (IF UAM)	2	36	210
Określenie funkcji opisującej reakcję pomieszczenia na zmianę częstotliwości sygnału akustycznego i jej wykorzystanie dla oceny własności akustycznych pomieszczeń			
doc. J. Nowak (IF PWr)	5	36	180
Dyfrakcyjny element optyczny			
prof. A. Rutkowski (WSP Olsztyn)	4	36	180
Zastosowanie rachunku zaburzeń do badania struktury atomów			
mgr W. Chałupczak (IF UJ)	1	24	150
Emisja stożkowa w parach baru			
dr hab. W. Alexiewicz (IF UAM)	11	24	120
Badanie dynamicznego rozpraszania światła oraz nieliniowych zjawisk elektro-optycznych			
dr hab. K. Chałasińska-Macukow (IG UW)	2	36	120
Metody korelacyjne w optycznym i komputerowym rozpoznawaniu i klasyfikacji obrazów			
prof. K. Ernst (IFD UW)	3	36	120
Zastosowanie laserów półprzewodnikowych w spektroskopii			
dr Z. Kisiel (IF PAN)	2	24	120
Milimetrowa spektroskopia rotacyjna cząstek średniej wielkości			

doc. J.K. Mościcki (IF UJ)	4	27	120
Modelowanie równowagi fazowej w roztworach pręto i dyskopodobnych molekuł			
dr A. Sęk (IA UAM)	2	36	120
Percepcja jednoczesnych zmian amplitudy i częstotliwości w warunkach modulacji mieszanej MM			
dr M. Wabia (IF PSz)	2	27	120
Nieliniowe oddziaływanie w falowodach optycznych			
prof. K. Wódkiewicz (IFT UW)	4	36	120
Kwantowe i stochastyczne fluktuacje w optyce kwantowej			
prof. L. Wolniewicz (IF UMK)	2	36	80
Własności molekularnego wodoru			
doc. T. Bancewicz (IF UAM)	7	27	75
Komputerowe oraz analityczne spektroskopowe badania oddziaływań międzymolekularnych			
prof. M. Kozierowski (IF UAM)	5	27	75
Oddziaływanie atomów z kwantowym polem elektromagnetycznym			
prof. K. Rzązewski (ZFT PAN)	3	12	40
Jonizacja atomów wodoru mikrofalami polaryzacji kołowej			
doc. A. Bechler (KF USz)	1	24	30
Rozkłady kątowe spolaryzowanych fotoelektronów			
prof. A. Raczyński (IF UMK)	2	18	20
Nieperturbacyjne efekty progowe w jonizacji jako półzderzeniu			
dr hab. E. Szaraniec (IEiE PKr)	1	18	19.5
Efekty typu dopplerowskiego w ośrodkach niejednorodnych			

METALE, MAGNETYKI, NADPRZEWODNIKI

prof. J. Janik (IFJ)	29	36	2400
Badanie korelacji czasowo-przestrzennych własności materii w mikroskopowej i realnej skali czasowej			
prof. A. Szytuła (IF UJ)	22	36	1560
Badanie własności magnetycznych i nadprzewodzących związków f-elektronowych			
prof. S. Robaszkiewicz (IF UAM)	15	36	1500
Badanie mechanizmów nadprzewodnictwa i roli podukładu anionowego w nadprzewodzących tlenkach metalicznych i innych niekonwencjonalnych nadprzewodnikach			
prof. H. Figiel (ZFCSt AGH)	16	36	1230
Właściwości magnetyczne związków ziem rzadkich z metalami przejściowymi			

prof. A. Hrynkiewicz (IFJ) Badania metodą PAC oddziaływań nadsubtelnych w związkach Hf i Ce	4	36	1200
dr A. Maziewski (KF UW-B) Badanie procesów magnesowania, struktury domenowej i fluktuacji magnetyzacji w cienkich warstwach magnetycznych	17	36	1200
prof. L. Dobrzyński (KF UW-B) Badania natury magnetyzmu stopów 3d o częściowym uporządkowaniu	11	36	1125
prof. H. Szymczak (IF PAN) Zbadanie natury centrów pinningu indukowanych promieniowaniem neutronowym w nadprzewodnikach wysokotemperaturowych (HTSC)	13	24	1100
dr R. Żuberek (IF PAN) Właściwości i natura magnetostrykcji powierzchniowej	10	24	1020
prof. L. Wojtczak (IF UŁ) Topnienie powierzchniowe w szczególności materiałów magnetycznych	13	33	1000
prof. M. Kopcewicz (IFD UW) Badanie przemian fazowych wywołanych przez implantację jonów w metalach	7	27	900
prof. O. Gzowski (WFTiMS PG) Badanie własności mechanicznych nadprzewodników wysokotemperaturowych	9	36	780
doc. A. Kołodziejczyk (IM AGH) Wysokotemperaturowe nadprzewodniki – badanie przyczyn nadprzewodnictwa i magnetyzmu	10	36	780
prof. T. Górecki (WSI Opole) Przemiany fazowe warstwy powierzchniowej fazy skondensowanej badane metodami egzoemisji elektronów, fotoemisji do elektrolitu, emisji akustycznej i radiowej oraz fotoakustyki	12	27	750
prof. R. Troć (INTiBS PAN) Magnetyzm 5f-elektronowy	7	36	750
prof. H. Lachowicz (IF PAN) Superparamagnetyzm w materiałach nanokrystalicznych	8	36	720
dr R. Gontarz (IFM PAN) Własności magnetyczne osadzanych elektrolitycznie i próżniowo warstw wielokrotnych Co/M, M=Cu, Pd, Pt, Cr	7	36	675
prof. S. Mróz (IFD UW)	8	36	675
Struktura atomowa i elektronowa powierzchni i supercienkich warstw metali			

dr inż. H. Fiedorowicz (IFPiLM)	7	36	600
Plazmowe źródła promieniowania rentgenowskiego. Badania efektywności konwersji promieniowania laserowego na promieniowanie rentgenowskie w plazmie laserowej			
doc. S. Hoffmann (IFM PAN)	6	33	600
Słabe dalekozasięgowe oddziaływania nadwymienne			
doc. M. Jałochowski (IF UMCS)	4	36	600
Metaliczne studnie kwantowe			
prof. K. Krop (IM AGH)	6	36	600
Magnetyzm powierzchni żelaza oraz jego stopów			
dr Z. Lalowicz (IFJ)	7	36	600
Badanie kwantowej i klasycznej reorientacji jonów Nd^{+4} metodami spektroskopii magnetycznego rezonansu jądrowego			
doc. D. Mączka (IF UMCS)	13	36	600
Badanie oddziaływania cząstek naładowanych z ciałem stałym			
prof. S. Szymura (KF PCz)	13	36	600
Uporządkowania magnetyczne w stopach amorficznych na bazie metali przejściowych			
dr hab. J. Żebrowski (IF PW)	4	36	600
Dynamika w układach magnetycznych: chaos deterministyczny i zjawiska powierzchniowe			
dr M. Cieplak (IF PAN)	8	36	570
Przejście metal-niemetal, dynamika sieci i oddziaływania magnetyczne w nadprzewodnikach wysokotemperaturowych			
dr M. Krupski (IFM PAN)	3	33	548
Technika wysokich ciśnień EPR – rozwój i zastosowanie			
doc. A. Oleś (IF UJ)	6	36	525
Efekty korelacji elektronowych w układach silnie skorelowanych i w nadprzewodnikach wysokotemperaturowych			
dr S. Lewandowski (IF PAN)	12	24	520
Mechanizmy josephsonowskie w nadprzewodnikach wysokotemperaturowych			
prof. M. Subotowicz (IF UMCS)	4	36	500
Epitaksyjny wzrost struktur Si-metal-Si			
dr W. Olejniczak (IF UŁ)	10	27	480
Zastosowanie tunelowego mikroskopu skanningowego			
prof. B. Wysłocki (KF PCz)	8	36	480
Wpływ zawartości krzemu na niektóre własności magnetyczne mikrokrystalicznych taśm Si-Fe			
prof. K. Łukaszewicz (INTiBS PAN)	6	36	450
Zbadanie mechanizmu przemian fazowych w ciałach stałych			

mgr inż. A. Morawski (ZWC PAN)	8	36	450
Kryształizacja wysokotemperaturowych nadprzewodników pod wysokim ciśnieniem tlenu			
dr hab. T. Skośkiewicz (IF PAN)	7	36	450
Nierównowagowe własności magnetyczne nadprzewodników wysokotemperaturowych			
doc. A. Wrzeczono (IFM PAN)	8	18	450
Otrzymanie i zbadanie własności wybranych nowych materiałów magnetycznych na bazie lantanowców z metalami 3d			
dr K. Rogacki (INTiBS PAN)	6	24	400
Zbadanie wpływu zmian struktury elektronowej nadprzewodników wysokotemperaturowych typu 1:2:3 na ich właściwości nadprzewodzące i magnetyczne			
dr hab. J. Stanek (IF UJ)	7	36	378
Badanie stanów nierównowagowych warstw powierzchniowych			
prof. J. Morkowski (IFM PAN)	6	30	375
Wpływ struktury elektronowej na własności magnetyczne i elastyczne metali przejściowych, ich stopów i warstw wielokrotnych			
prof. R. Męclewski (IFD UW)	9	24	360
Badania metodami mikroskopowymi oddziaływań w warstwach adsorpcyjnych na powierzchni metali			
doc. K. Mikke (IEA)	5	24	360
Magnetyczno-strukturalne przemiany fazowe w stopach manganu			
prof. E. Zipper (IF UŚI)	7	36	360
Własności nadprzewodnictwa małych układów			
dr B. Susła (IF PP)	8	18	357
Skonstruowanie prototypu skaningowego mikroskopu tunelowego do badań elektrochemicznych			
dr J. Appelt (IPJ)	3	24	300
Badanie procesu przetapiania powierzchni niektórych materiałów			
doc. J. Raułuszkiwicz (IF PAN)	6	24	300
Pomiar lokalnej struktury gęstości stanów elektronowych w BiSrCaCuO metodą STM+STS			
prof. J. Spałek (IFT UW)	5	36	300
Wpływ korelacji elektronowych na stany elektronowe: ciecze Fermiego, przejścia metal-izolator oraz parowanie w przestrzeni rzeczywistej w układach prawie zlokalizowanych i w nadprzewodnikach wysokotemperaturowych			
prof. J. Stankowski (IFM PAN)	3	24	300
Niestabilności i przemiany fazowe w nadprzewodnikach			

prof. M. Stęślicka (IFD UW)	6	24	300
Teoretyczne badania struktury elektronowej powierzchni kryształów			
doc. W. Soszka (IF UJ)	4	15	270
Adsorbpcja gazów szlachetnych na powierzchni metali. Badania metodami spektroskopii jonowych			
dr T. Balcerzak (IF UŁ)	4	36	240
Opracowanie teoretycznych metod opisu różnych własności ciał magnetycznych o nieuporządkowanej strukturze			
doc. J. Sołtys (IF UJ)	7	36	240
Symulacyjne badania kinetyki porządkowania atomowego i klasteryzacji w wybranych stopach metali			
dr inż. J. Wnuk (INTiBS PAN)	4	27	240
Badanie efektu fluktuacji parametru porządku powyżej temperatury przejścia nadprzewodzącego w nadprzewodnikach wysokotemperaturowych			
dr inż. U. Woźnicka (IFJ)	6	27	240
Dyfuzja neutronów termicznych w małych ośrodkach niejednorodnych			
prof. H. Stachowiak (INTiBS PAN)	6	36	229
Zastosowanie metod teorii cieczy do obliczeń struktury elektronowej układów metalicznych			
prof. A. Chełkowski (IF UŚI)	6	36	225
Otrzymywanie i badanie związków międzymetalicznych na bazie ziem rzadkich			
prof. M. Szuszkiewicz (IF WSP Opole)	10	21	200
Budowa spektrometru do pomiarów czasów życia pozytonów w defektach			
prof. L. Kowalewski (IF UAM)	6	12	150
Badanie silnie skorelowanych układów f-elektronowych			
prof. K. Królas (IF UJ)	5	18	150
Badanie rozpuszczalności Rh i Ni w srebrze metodą PAC			
dr A. Majhofer (IFD UW)	4	36	135
Modele zjawisk nieodwracalnych w nadprzewodnikach wysokotemperaturowych			
dr K. Kaczmarska (IF UŚI)	4	12	120
Własności strukturalne, magnetyczne oraz badania ESR związków międzymetalicznych $Gd_{1-x}R_xT_2Sn_2$ (R=Y, La, Lu; T=metale typu d)			
dr K. Pękala (IF PW)	5	12	120
Badanie procesów krystalizacji objętościowej w metalicznych stopach amorficznych			

prof. K. Wysokiński (IF UMCS)	3	24	110
Teoretyczna analiza własności materiałów nadprzewodzących			
mgr P. Klamut (INTiBS PAN)	2	33	105
Nadprzewodnictwo a magnetyzm elektronowych nadprzewodników wysokotemperaturowych			
prof. R. Micnas (IF UAM)	10	12	100
Własności fazy normalnej i nadprzewodnictwo układów wąskopasmowych z lokalnym parowaniem elektronowym			
doc. S. Klama (IFM PAN)	3	30	88
Optyczne i kinetyczne własności anizotropowych nadprzewodników			
dr hab. G. Sznajd (INTiBS PAN)	2	24	80
Gęstości elektronowe w przestrzeni prostej i odwrotnej			
dr L. Gładyszewski (IF UMCS)	4	18	40
Badanie powierzchni metali metodą termoemisji jonowej			
dr J. Barnaś (IF PP)	1	12	20
Magnetyczne struktury wielowarstwowe			
P. Kossacki (IF PAN)	1	12	19
Mechanizm magnesowania stopów amorficznych w silnych polach magnetycznych			

KRYSZTAŁY MOLEKULARNE I POLIMERY

prof. A. Graja (IFM PAN)	7	30	1000
Oddziaływania elektronowe w niskowymiarowych przewodnikach molekularnych			
prof. A. Kawski (IFD UG)	10	24	900
Fotofizyczne własności difenylpolienów i ich pochodnych w foliach polimerowych			
prof. J. Przedmojski (IF PW)	8	36	900
Badania przemian fazowych w ciekłych kryształach			
doc. W. Pyżuk (WCh UW)	8	21	620
Ciekłe kryształy o nowej strukturze-syntezy i własności fizykochemiczne			
dr A. Jeżowski (INTiBS PAN)	4	36	480
Wpływ domieszek typu O ₂ , N ₂ , Ar, Kr na magnetyczne i transportowe właściwości zestalonych gazów szlachetnych i molekularnych			
doc. Z. Bochyński (IF UAM)	9	36	450
Badania, metodami dyfrakcji rentgenowskiej, korelacji strukturalnych cieczy molekularnych			
prof. J. Żmija (ICh WAT)	4	27	450
Badania fizyczne nowych materiałów C.K. wysokiej czystości i dużej oporności			

dr hab. S. Wróbel (IF UJ)	7	27	238
Badanie właściwości fizycznych nowych materiałów ciekłokrystalicznych o potencjalnych zastosowaniach w nauce i technice			
dr hab. L. Longa (IF UJ)	4	36	150
Wpływ oddziaływań molekularnych na stabilność i fizyczne własności faz ciekłokrystalicznych			
dr A. Kozak (IF UJ)	4	36	120
Badanie dynamiki molekularnej oraz kinetyki zmian uporządkowania polimerowych substancji ciekłokrystalicznych metodą relaksacji dielektrycznej			
dr J. Walasek (ZF WSI Radom)	2	36	90
Lokalna orientacja i przejścia fazowe w układach polimerowo-ciekłokrystalicznych			
dr K. Szumilin (IF PW)	2	24	70
Molekularna teoria uporządkowań ciekłokrystalicznych w układach niejednoosiowych cząstek polarnych			
dr M. Kuźma (IF WSP Rzeszów)	4	36	69
Symetria fraktalowa i przejścia fazowe Peierlsa w polimerach liniowych			

PÓŁPRZEWODNIKI I IZOLATORY

prof. M. Kamińska (IFD UW)	10	36	1650
Badania defektów półprzewodnikowych A III-B V			
prof. T. Dietl (IF PAN)	12	36	1350
Low-temperature quantum effects in semiconductor structures			
prof. A. Mycielski (IF PAN)	8	36	1350
Opracowanie technologii i charakteryzacja nowych półprzewodników półmagnetycznych A II B VI z dwoma rodzajami anionów			
doc. T. Suski (ZWC PAN)	10	24	1300
Centra donorowe w GaAs i AlGaAs – badania własności fizycznych istotnych dla zastosowań			
prof. A. Kisiel (IF UJ)	11	36	1125
Eksperymentalne i teoretyczne badanie struktury elektronowej półprzewodników i związków metalicznych			
prof. R.R. Gałązka (IF PAN)	7	36	1050
Wpływ struktury elektronowej półprzewodników półmagnetycznych na ich właściwości magnetyczne			
dr W. Bała (IF UMK)	8	36	1020
Supersieci heterozłączowe otrzymane metodą epitaksji z wiązek molekularnych			

prof. J. Auleytner (IF PAN)	9	36	990
Rozwój metod badania struktury rzeczywistej warstw granicznych otrzymywanych za pomocą implantacji jonów w monokryształach Si			
prof. H. Szymczak (IF PAN)	10	36	960
Zjawiska indukowane światłem w układach niemetalicznych			
prof. B. Hilczer (IFM PAN)	7	36	958
Protonowe przewodniki superjonowe			
doc. Z. Czaplą (IFD UW)	11	30	940
Badanie przemian fazowych i własności kryształów ferroicznych			
prof. M. Szymoński (IF UJ)	12	36	900
Strukturalne i elektronowe własności cienkich warstw kryształów jonowych na podłożu półprzewodnikowym			
doc. J. Misiewicz (IF PWr)	10	36	810
Badanie struktury energetycznej, dynamiki sieci oraz zjawisk transportu w niektórych związkach II-V			
dr E. Talik (IF UŚI)	9	36	720
Otrzymywanie i własności monokryształów			
doc. M. Godlewski (IF PAN)	8	36	696
Badanie materiałów półprzewodnikowych, nadprzewodnikowych i substancji czynnych biologicznie metodami elektronowego rezonansu paramagnetycznego			
prof. J. Kossut (IF PAN)	6	24	629
Położeniowe porządkowanie się ładunków domieszkowych i atomów w półprzewodnikach			
prof. J. Baranowski (IFD UW)	6	27	600
Badania technologii otrzymywania związków półprzewodnikowych			
prof. J. Gaj (IFD UW)	6	27	600
Nowe półprzewodniki półmagnetyczne			
prof. A. Kisiel (IF UJ)	7	24	600
Rentgenowska spektroskopia absorpcyjna (XAS). Badanie wybranych związków półprzewodnikowych metodą XANES I EXAFS			
dr A. Suchocki (IF PAN)	7	36	570
Dynamika stanów wzbudzonych w domieszkowanych kryształach			
prof. M. Grynberg (IFD UW)	4	24	480
Wpływ fluktuacji potencjału na własności płytkich domieszek w skompensowanych półprzewodnikach o różnej jonowości (II-VI, III-V)			
doc. M. Lefeld-Sosnowska (IFD UW)	6	27	480
Rentgenowskie badania monokryształów półprzewodnikowych po procesach technologicznych			

doc. B.A. Orłowski (IF PAN)	4	36	450
Badania struktury elektronowej obszaru przypowierzchniowego półprzewodników metodami spektroskopii nadfioletu próżniowego i fotoemisji			
dr K. Polański (IF UŁ)	5	36	450
Funkcja dielektryczna w obszarze magnetycznych i ferroelektrycznych przemian fazowych			
prof. T. Figielski (IF PAN)	5	24	400
Fotoprzewodnictwo w reżimie tunelowania rezonansowego			
dr Z. Kaliński (IF PAN)	8	24	400
Wysokociśnieniowa synteza półprzewodników binarnych ze związkami ziem rzadkich			
doc. J. Czyżewski (IFD UWŕ)	5	36	360
Badanie utleniania metali i półprzewodników w aspekcie rozwoju metod analitycznych mikroelektroniki			
doc. Z. Surowiak (IPT UŚI)	7	27	360
Właściwości warstw ferroelektrycznych o strukturze typu perowskitu			
dr inż. M. Krasieński (IF PŁ)	5	36	270
Budowa automatycznej aparatury do badań procesów zachodzących podczas krystalizacji z roztworów wodnych w warunkach mikrograwitacji			
prof. A. Opilski (IF PŚI)	5	27	270
Badanie własności fizycznych powierzchni i granic fazowych półprzewodników			
prof. Z. Kleszczewski (IF PŚI)	5	27	240
Badanie oddziaływań akustooptycznych w ciałach stałych			
doc. T. Paszkiewicz (IFT UWŕ)	7	36	232
Badanie czynników określających własności detektorów fononowych cząstek i promieniowania			
dr A. Ratuszna (IF UŚI)	6	36	220
Struktura krystaliczna i magnetyczna w izolatorach jonowych typu ABF 3			
doc. M. Godlewski (IF PAN)	5	36	200
Procesy rekombinacji niepromienistej w kryształach i warstwach półprzewodnikowych			
doc. T. Lewowski (IFD UWŕ)	3	36	180
Badanie struktury elektronowej kontaktów metal-izolator, półprzewodnik-izolator i izolator A-izolator B metodą spektroskopii fotoelektronów			
prof. W. Zawadzki (IF PAN)	3	36	165
Teoria struktury pasmowej związków półprzewodnikowych III-V i jej wpływ na własności dwu i trzywymiarowych układów			

prof. J. Blinowski (IFT UW)	3	36	150
Badanie oddziaływań wymiennych typu p-d i d-d oraz ich wpływ na półprzewodniki półmagnetyczne			
dr W. Ryba-Romanowski (INTiBS PAN)	3	27	150
Zbadanie akcji laserowej i propagacji światła w nowych kryształach piezoelektrycznych			
dr Z. Trybuła (IFM PAN)	2	24	150
Stan szklisty w ciele stałym			
doc. J. Adamowski (MIFiTJ AGH)	2	36	115
Badania teoretyczne bistabilności donorów w półprzewodnikach			
dr E. Gałdecka (INTiBS PAN)	1	36	115
Analiza i modelowanie profilu dyfrakcyjnego monokryształów			
dr M. Pawłowska (IChNiMPRz PWr)	2	36	90
Emisyjne, absorbcyjne, strukturalne i magnetyczne własności antyferromagnetycznych izolatorów			
dr W. Zapart (KF PCz)	2	27	90
Badanie ferroelastycznych faz niewspółmiernych metodą EPR			
dr M. Surowiec (IFiChM UŚI)	2	27	45
Struktura dyslokacyjna deformowanych monokryształów związków AIII BV			
doc. W. Trzeciakowski (ZWC PAN)	2	12	25
Warunki brzegowe w heterostrukturach			
dr I. Gorczyca (ZWC PAN)	1	12	20
Wpływ ciśnienia na strukturę pasmową niedopasowanej supersieci półprzewodnikowej			
doc. M. Załużny (IF UMCS)	2	24	20
Własności elektronowe i optyczne mikrorozmiarowych układów półprzewodnikowych			
dr K. Żabińska (ZF AE Kraków)	2	12	20
Modele struktury i dynamiki powierzchni i złącz krystalicznych			

EKOLOGIA, BIOFIZYKA, FIZYKA MEDYCZNA

mgr W. Drabik (IPJ)	7	36	3000
Prototyp akceleratora 800 keV, 0.4–1 MW do oczyszczania gazów odlotowych z SO ₂ i NO _x			
dr M. Sowiński (IPJ)	5	36	3000
Komputerowy system kontroli i sterowania instalacją usuwania SO ₂ i NO _x			
doc. inż. A. Chmielewski (IChiTJ)	10	36	2000
Rozwój technologii równoczesnego usuwania SO ₂ i NO _x z gazów odlotowych wykorzystującej wiązkę elektronów			

doc. M. Mielcarski (OBRI Świerk)	7	36	900
Opracowanie metod i technologii wytwarzania zamkniętych źródeł promieniotwórczych przeznaczonych do urządzeń kontrolnych i pomiarowych stosowanych w przemyśle i ochronie środowiska oraz radioterapii kontaktowej i dojamowej			
prof. A. Śliwiński (IFD UG)	5	36	900
Fotoakustyczne badania związków kompleksowych i wybranych struktur biologicznych			
prof. inż. M. Zielczyński (ZOR IEA)	2	24	450
Rozwój rekombinacyjnych metod dozymetrii promieniowania jonizującego			
prof. J. Mikulski (IFJ)	9	36	300
Izotopy neutronodeficytowe dla medycyny. Optymalizacja metod radiometrycznych i analitycznych			
dr S. Pszona (IPJ)	6	36	300
Wyodrębnienie składowych promieniowania jonizującego tła naturalnego środowiska charakteryzującego się wysokim LET			
prof. J. Łoskiewicz (IFJ)	6	24	200
Determination of the influence of the humidity and ash content changes on neutron inelastic scattering measurement of coalcalorific value			
doc. M. Słapa (IPJ)	3	36	180
Krzemowy dawkomierz personalny. Opracowanie projektu			
prof. D. Frąckowiak (IF PP)	8	12	150
Anizotropowe modele układów biologicznych			
doc. W. Stręk (INTiBS PAN)	5	27	120
Zbadanie wpływu stereoselektywności na transfer energii między jonami Eu(III) i Tb(III) w kryształach aminokwasów			
dr K. Dworecki (IF WSP Kielce)	1	12	20
Interferometryczne badania stanu przymembranowych warstw dyfuzyjnych			

INNE

mgr A. Thielmann (GEVA Sp. z o.o.)		24	250
Zastosowanie procesora równoległego do obróbki danych w fizyce doświadczalnej			
dr L. Lipiński (INTiBS PAN)	3	36	225
Realizacja Międzynarodowej Skali Temperatury 1990 w zakr. temp. 0.65–24.5 K			
prof. M. Piłat (IF UMCS)	6	6	20
Optymalizacja studiowania fizyki			

IMPREZY NAUKOWE

prof. S. Pokorski (IFT UW) Międzynarodowa Warszawska Konferencja Fizyki Cząstek Elementarnych	600
prof. Z. Sujkowski (IPJ) XXII Międzynarodowa Letnia Szkoła Fizyki Jądrowej na Mazurach	250
prof. Z. Galasiewicz (IFT UW)	240
Szkoła fizyki teoretycznej w Karpaczu	
doc. A. Lipiński (IF PŁ) Organizacja konferencji Kryształy Molekularne 91	25

WSPOMNIENIA – ROCZNICE

Andrzej K. Wróblewski

*Instytut Fizyki Doświadczalnej
Uniwersytet Warszawski
Warszawa*

Fizyka wysokich energii w Polsce: pierwsze 50 lat

High energy physics in Poland: the first 50 years

Abstract: High energy physics in Poland started in 1933 when Stanisław Ziemecki and Konstanty Narkiewicz-Jodko performed measurements of the latitude effect for cosmic rays. Subsequently, experiments with cosmic rays were carried out in balloon flights and in a deep salt mine. Other Polish pioneers in this field were Ignacy Adamczewski, Czesław Białobrzeski, Marian Mięśowicz, Szczepan Szczeniowski and Jan Wesołowski. The ambitious „Star of Poland” project of a stratospheric balloon flight to study cosmic rays up to an altitude of 30000 meters was not successful, first because of a fire accident and then of the outbreak of World War II.

The destruction of laboratories during the war has slowed down the development of high energy physics in Poland by at least twelve years. However, in the late forties Marian Mięśowicz started important cosmic ray studies in Cracow. In 1952 research using nuclear emulsions was initiated in Warsaw by Marian Danysz and Jerzy Pniewski. Two years later Marian Mięśowicz and Jerzy Gierula began similar research in Cracow. In the late fifties Aleksander Zawadzki in Łódź started comprehensive studies of extensive air showers. Already in 1963 the number of experimental and theoretical papers on high energy physics published in Poland exceeded 100. Strong experimental and theoretical groups have been established in Cracow, Łódź, and Warsaw. To supplement research with emulsions and bubble chambers the construction of electronic detectors for on-line experiments has been instituted. Thus, in the early eighties Polish high energy physicists were ready to participate in large projects such as DELPHI at LEP and ZEUS and H1 at HERA.

The discovery of hypernuclei by Danysz and Pniewski in 1952 may be regarded as the most important achievement of physics in post-war Poland.

1. Wprowadzenie

Artykuł niniejszy jest rozszerzoną wersją tekstu opracowanego z okazji posiedzenia ECFA (European Committee for Future Accelerators) w Sali Senatu Uniwersytetu Warszawskiego w dniu 11 września 1992 r. Członkom ECFA został przedstawiony szkic historii fizyki wysokich energii w Polsce. Ta dziedzina fizyki zarówno doświadczalnej jak teoretycznej od wielu już lat rozwija się u nas bardzo dobrze, a osiągnane wyniki były i są w wielu wypadkach na poziomie ścisłej czołówki światowej.

Okazuje się, że tradycja badań w tej dziedzinie sięga początku lat 1930-tych. Już wtedy – co wykazane jest niżej – fizycy polscy podjęli próbę wysunięcia się na czoło badań. Niestety wybuch wojny uniemożliwił realizację tych planów.

Pierwsze dziesięciolecia fizyki wysokich energii to oczywiście badania promieniowania kosmicznego. Przez długie lata pozostawało ono jedynym źródłem cząstek wysokiej energii pozwalających sondować strukturę materii. Dlatego też aż do lat 1950-ych historia fizyki wysokich energii to historia badań promieniowania kosmicznego.

Materiały do opracowania historii fizyki wysokich energii w Polsce w okresie przedwojennym są skąpe. W zarysie historii fizyki w Polsce [1] te zagadnienia są skwitowane zaledwie paroma zdaniem. Nieco więcej szczegółów zawierają artykuły poświęcone fizyce okresu międzywojennego [2-5] i książka [6].

Artykuły biograficzne [7-21] i wspomnienia naszych wybitnych fizyków [22-26] zawierają wiele materiału, ale trzeba z nich korzystać ostrożnie ze względu na możliwość opuszczeń i niedokładności ¹.

Jak się okazuje, nawet tak poważne wydawnictwo jak *Science Abstracts* (od 1941 r. znane jako *Physics Abstracts*) nie jest wolne od niedoskonałości, albowiem w okresie przedwojennym dość wybiórczo zamieszczało informacje o publikowanych artykułach (nie chodziło bynajmniej o rangę czasopism, ponieważ opuszczone były np. niektóre prace z *The Physical Review*!). Podaję to jako ostrzeżenie dla innych, którzy zechcą wykorzystać to źródło dla swych zainteresowań historią fizyki.

Pozostaje więc metoda żmudna, ale najpewniejsza: przeszukiwanie czasopism i śledzenie prac oryginalnych. W ten sposób udało się zestawić listę 17 oryginalnych publikacji polskich autorów na temat promieniowania kosmicznego do 1939 r. włącznie [42-58].

Dużo lepiej przedstawia się sytuacja jeśli chodzi o okres 1945–63. Istnieje

¹ Dla przykładu, podana w artykule biograficznym o Stanisławie Ziemeckim [7] „pełna” lista publikacji zawiera tylko 6 z jego 12 prac na temat promieniowania kosmicznego.

kilka przeglądowych artykułów podsumowujących osiągnięcia polskich fizyków [29-34], a przede wszystkim dostępne są wykazy prac opublikowanych w tym okresie [37-40]. Spisy te zawierają trochę błędów, powtórzeń i włączają niektóre prace popularne i przeglądowe, ale są nieocenionym źródłem informacji.

Ostatni wreszcie okres, 1964–81, obejmujący stosunkowo niedawną przeszłość, został w tym artykule potraktowany dość skrótowo, tak jak na to pozwala nieduża perspektywa historyczna.

2. Początkowe lata

Pionierem badań promieniowania kosmicznego w Polsce był Stanisław Ziemecki (1881–1956) [7]. Urodził się w Warszawie w rodzinie znanego lekarza Landaua i za namową ojca rozpoczął studia medyczne na Uniwersytecie Warszawskim, potem jednak przeniósł się na Wydział Przyrodniczy, gdzie studiował m.in. pod kierunkiem znanego krystalografa rosyjskiego G. Wulffa. Po ukończeniu studiów w Warszawie wyjechał za granicę i przez rok pracował w laboratorium fizycznym w Genewie, a następnie przez dwa lata w Getyndze, w laboratorium W. Voigta, gdzie zajmował się optyką. Po powrocie do kraju w 1908 r. Ziemecki pracował najpierw jako nauczyciel w gimnazjum Mikołaja Reja, aż do 1920 r., w którym zaczął wykładać w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Od 1909 r. prowadził też wykłady i był kierownikiem Zakładu Fizyki w Wyższej Szkole Budowy Maszyn i Elektrotechniki im. Wawelberga i Rotwanda. W obu tych instytucjach pracował aż do wybuchu wojny w 1939 r.

Pierwsze prace Ziemeckiego² dotyczyły optyki, ale od początku interesowały go zagadnienia budowy materii i promieniotwórczości. Wielkim osiągnięciem Ziemeckiego było opracowanie wraz z Marianem Grotowskim, Marią Sadzewiczową i Wacławem Wernerem dwutomowego dzieła *Z dziejów rozwoju fizyki*. Pierwsze wydanie tego dzieła ukazało się w latach 1913–14, a drugie, przerobione i uzupełnione, zatytułowane *Dzieje rozwoju fizyki w zarysach*, w 1931 r. Ziemecki był autorem działów „Optyka” i „Budowa materii”, które w II wydaniu miały niemal 500 stron.

Jako temat wykładu habilitacyjnego wygłoszonego w Politechnice Warszawskiej w 1931 r. wybrał Ziemecki właśnie „Promienie kosmiczne”. Widocznie już wtedy miał zamiar poświęcić się badaniom w tej dziedzinie.

² Ziemecki publikował początkowo pod nazwiskiem Landau. Potem zmienił nazwisko na Ziemecki, ale jeszcze na początku lat trzydziestych figurował w spisach osobowych jako Landau-Ziemecki [41].

Trzeba pamiętać, że na początku lat 1930-tych wyobrażenia o naturze i właściwościach promieniowania kosmicznego były jeszcze dość mgliste. Na przykład, w 1927 r. fizyk holenderski Jacob Clay zmierzył natężenie promieni kosmicznych podczas podróży z Holandii na Jawę [59] i stwierdził pewne zmniejszenie tego natężenia na mniejszych szerokościach geograficznych. Wynik ten potwierdził w swych następnych podróżach. Ale następne pomiary, wykonane m.in. przez Roberta Millikana w 1928 i 1930 r. zdawały się nie potwierdzać wniosku Claya. Millikan traktował nawet swoje wyniki jako dowód, że pierwotne promieniowanie kosmiczne nie jest elektrycznie naładowane. Istnienie zjawiska szerokościowego wydawało się więc wątpliwe i wyjaśnienie tego zagadnienia było istotnym problemem badawczym [60].

Ziemecki postanowił wykorzystać szansę, jaką dawało przygotowanie polskiej wyprawy wysokogórskiej w Andy, ponieważ kierownikiem wyprawy został dr Konstanty Narkiewicz-Jodko ³, jego współpracownik z Zakładu Fizycznego SGGW. Wyprawa miała wyruszyć w 1933 r. statkiem z Europy do Ameryki Południowej.

Aparaturę zestawiono w Warszawie. Użyto zakupionej w Brunszwiku 4-litrowej komory jonizacyjnej typu Kolhörstera z elektrometrem z nicią kwarcową. Grubą na 9 cm osłonę żelazną w celu eliminacji naturalnego tła gamma wykonano w warsztatach mechanicznych Szkoły im. Wawelberga i Rotwanda. Solidnie wykonany przyrząd dobrze zniósł podróż morską na S.S. Asturias z Londynu do Buenos Aires i z powrotem. Wyniki pomiarów zostały opisane w 1934 r. w pracy [42].

W chwili publikacji tej pracy znane już były wyniki pomiarów Comptona⁴ [61]. Narkiewicz-Jodko i Ziemecki stwierdzili, że otrzymana przez nich krzywa: „Zdaje się wskazywać na zmiany natężenia wraz z szerokością geograficzną, których rząd odpowiada rezultatom otrzymanym przez A.H. Comptona”. Ale po dokładnej analizie swych wyników autorzy stwierdzili, że tego typu przyrząd,

³ Konstanty Narkiewicz-Jodko (1901–1963) był wychowankiem Uniwersytetu Warszawskiego i początkowo zajmował się optyką pod kierunkiem Stefana Pieńkowskiego w Zakładzie Fizyki Doświadczalnej UW przy ul. Hożej 69. Po 1930 r. został współpracownikiem Ziemeckiego w SGGW. Jednak fizyka tylko w małej części zajmowała tego człowieka o bardzo rozległych zainteresowaniach. Był on ponadto, a może przede wszystkim, alpinistą, podróżnikiem i polarystą. Miał na swym koncie wiele wypraw i wspinaczek w Tatrach, Alpach (1931–32), Andach (1933–34) i górach Islandii. Brał też udział w II polskiej wyprawie na Spitzbergen (1936) [71].

⁴ Ogłoszone w 1933 r. wyniki pomiarów Arthura H. Comptona wyjaśniły sprawę. Zjawisko szerokościowe, tj. zależność natężenia promieniowania kosmicznego od szerokości geomagnetycznej spowodowane przez pole magnetyczne Ziemi, jest mniej wyraźne dla promieniowania wtórnego. Pole magnetyczne najsilniej wpływa na cząstki pierwotnego promieniowania o najmniejszej energii, a te dają najmniej cząstek wtórnych w atmosferze. Zjawisko szerokościowe jest więc wyraźne na większych wysokościach i ledwo dostrzegalne na poziomie morza.



Po lewej Stanisław Ziemecki (1881–1956), po prawej Konstanty Narkiewicz-Jodko (1901–1963)

analogiczny do używanego przez Claya, nie może dać zadowalających wartości efektu geomagnetycznego. „W myśl powyższego – piszą w streszczeniu polskim swej pracy – wydaje się niewątpliwe, że wbrew powszechnemu mniemaniu wyniki uzyskane przez J. Claya w jego trzech pierwszych podróżach z Amsterdamu na Jawę nie mogły dać wystarczającego dowodu oddziaływania pola magnetycznego ziemskiego na promienie kosmiczne”.

Istotnie, wielkość efektu ogłoszona przez Claya znacznie przekraczała to, co wiemy dziś o zjawisku szerokościowym.

Praca [42] była pierwszą polską oryginalną pracą na temat promieniowania kosmicznego. Jej streszczenie znalazło się w *Science Abstracts*.

Następnym tematem, którym zajął się Ziemecki, było pochłanianie promieni kosmicznych przez sól kuchenną. Jak pisał w streszczeniu polskim swej pracy [43]: „Badaniom absorpcji promieni kosmicznych poświęcono ogromną ilość prac; na nich w znacznej mierze próbowano oprzeć poglądy na naturę tych promieni. Prace te są jednostronne, gdyż dotyczą prawie wyłącznie powietrza i wody; tylko nieliczne inne ciała były badane i to w grubościach nie przewyższających kilkadziesiąt centymetrów. Mając na względzie niedostateczność dotychczasowych danych faktycznych, podjąłem wyznaczenie współczynnika absorpcji promieni

kosmicznych przez NaCl. Aczkolwiek Polska posiada wspaniałe złoża soli w Wieliczce i Bochni, nie nadają się one do tego rodzaju pomiarów, przede wszystkim dlatego, że sól przykryta jest z wierzchu grubymi warstwami gliny, ilów, gipsu, piaskowca, poza tym jest dość niejednorodna. Co dotyczy jednolitości i czystości materiału, nader korzystne warunki napotkałem w kopalni soli w Wapnie w województwie poznańskim. Kopalnia ta jest znacznie głębsza od Wielickiej. Niezbyt wielki w wymiarach poprzecznych słup soli zaczyna się na głębokości 200 m, a sięga miejscami znacznie poniżej 1000 m. Sól jest czysta, drobnokryształiczna, najczęściej zupełnie wolna od soli potasowych; kopalnia sucha. Tym sposobem wewnątrz kopalni znalazłem doskonale warunki do wyznaczenia promieniowania pozostałego aparatu Kolhörstera, którym posługiwałem się w pomiarach absorpcji...”

Do pomiarów został użyty opisany wyżej przyrząd, który mimo odbycia podróży przez Atlantyk po 1.5 roku nadal nie wykazywał żadnych wad. Pomiarы zostały wykonane w sierpniu i wrześniu 1934 r. Poza wyznaczeniem współczynnika absorpcji dla promieni kosmicznych, nieoczekiwanym wynikiem była wskazówka, że na głębokości 406 m istnieje jakieś promieniowanie przenikliwe. Do pomiarów w kopalni Wapno wrócił Ziemecki w 1938 r. ze swym nowym współpracownikiem, Szczepanem Szczeniowskim [12].

Szczepan Szczeniowski (1898–1979) urodził się w Warszawie i studiował fizykę na Uniwersytecie Warszawskim, a potem pracował w Zakładzie Fizyki Doświadczalnej UW zajmując się optyką i rozpraszaniem promieni X. Przez rok pracował w University of Chicago pod kierunkiem A.H. Comptona. Potem poświęcił się fizyce teoretycznej. W 1930 r. objął Katedrę Fizyki Teoretycznej na Uniwersytecie Jana Kazimierza we Lwowie, a w 1937 r. przeniósł się do Wilna, gdzie kierował Katedrą Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Stefana Batorego. Z prac Szczeniowskiego duże znaczenie miało wykonanie doświadczenia nad braggowskim odbiciem elektronów od sieci krystalicznej, co było drugim historycznie dowodem realności idei de Broglie’a o falowych właściwościach materii (1928 r.)

Szczeniowski i Ziemecki wykonali w kopalni Wapno pomiary tzw. prądów pozostałych przy użyciu komór jonizacyjnych zawierających powietrze i argon przy różnych ciśnieniach. Uzyskane wyniki dały możliwość prostej interpretacji anomalnych wyników pomiarów ogłoszonych przez Claya i Corlina. Okazało się, że anomalia ta była efektem aparaturowym. Jak pisali autorzy w polskim streszczeniu swej pracy [53]: „Redukcja ciśnienia, które początkowo wynosiło 30 atm., wywoływała spadek prądu pozostałego. Szczegółowe obserwacje wizualne wykazały, że w komorach ciśnieniowych prąd pozostały ulega bardzo znacznym fluktuacjom, różnice wartości natężenia dochodzić mogą do kilkuset procent wartości średniej. Dostrzeżono poza tym osobliwe zjawisko odwrócenia kierunku prądu, które naj-

wyraźniej występuje przy niższych ciśnieniach. Badania autorów nad prądem pozostałym dają możliwość prostej interpretacji anomalnego przebiegu krzywych jonizacji, zaobserwowanego przez Claya i Corlina na głębokościach przewyższających 250 m. Z badań omówionych w powyższej pracy wynika też wniosek, że we wszelkich pomiarach, nawet wysokościowych, konieczne jest dokładne wyznaczenie natężenia prądu pozostałego, mierzonego w określonych warunkach doświadczalnych.”

Pierwszorządne znaczenie miały zainicjowane przez Ziemeckiego dokładne pomiary natężenia promieniowania kosmicznego w lotach balonowych. Oczywiście pomiary takie były wykonywane już dawniej, począwszy od historycznego lotu Victora Hessa [62], z 7 sierpnia 1912 r., w którym promieniowanie kosmiczne zostało odkryte. Jednakże w 1934 r. fizyk niemiecki G.A. Suckstorff wykonał pomiary, z których wyciągnął wniosek, że w górnych warstwach troposfery, na wysokości od 7000 do 9700 metrów, promieniowanie kosmiczne zmienia się gwałtownie z wysokością oscylując w granicach kilkudziesięciu procent. Interpretowano to jako wskazówkę, że w górnych warstwach atmosfery występują nieznanne pierwiastki promieniotwórcze pochodzenia pozaziemskiego.

Ziemecki ze względu na wiek nie mógł już sam brać udziału w lotach, ponieważ wymagało to specjalnego przygotowania i bardzo zdrowego organizmu. Załogę balonu „Warszawa II” z otwartą gondolą stanowili wspomniany już dr Konstanty Narkiewicz-Jodko i znany pilot balonowy Zbigniew Burzyński (1902–71), rekordzista świata i dwukrotny zdobywca pucharu Gordona-Bennetta.

Odbyły się trzy loty: 26 marca i 18 czerwca 1936 r. oraz 14 maja 1938 r. Podczas pierwszego z tych lotów ustanowiony został nie pobity do dziś rekord wysokości dla balonów kategorii VI (pojemność w granicach 2200–3000 metrów sześciennych) z otwartą gondolą. Osiągnięta wtedy została wysokość 10 853 metry [63].

Dzięki wprowadzonym udoskonaleniom przyrządy użyte w tych lotach były co najmniej dwudziestokrotnie bardziej czułe od przyrządu Suckstorffa. W trzecim locie używano dwóch komór jonizacyjnych wypełnionych kryptonem i azotem. W żadnym z lotów nie stwierdzono istnienia nagłych skoków natężenia promieniowania kosmicznego.

W tych pracach brał też udział Szczeniowski [49,52,58]. Wnioskiem z badań było, że w pomiarach Suckstorffa występowały jakieś efekty aparaturowe; jego przyrząd nie był dostosowany do szybkich pomiarów.

Tematykę promieniowania kosmicznego podjął też prof. Czesław Białobrzeski (1878–1953) w kierowanym przez siebie Zakładzie Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Warszawskiego [6,8]. Białobrzeski wstąpił się przede wszystkim jako teoretyk. W 1913 r. jako pierwszy zwrócił uwagę na wpływ ciśnienia promieniowania

wyraźniej występuje przy niższych ciśnieniach. Badania autorów nad prądem pozostałym dają możliwość prostej interpretacji anomalnego przebiegu krzywych jonizacji, zaobserwowanego przez Claya i Corlina na głębokościach przewyższających 250 m. Z badań omówionych w powyższej pracy wynika też wniosek, że we wszelkich pomiarach, nawet wysokościowych, konieczne jest dokładne wyznaczenie natężenia prądu pozostałego, mierzono go w określonych warunkach doświadczalnych.”

Pierwszorządne znaczenie miały zainicjowane przez Ziemeckiego dokładne pomiary natężenia promieniowania kosmicznego w lotach balonowych. Oczywiście pomiary takie były wykonywane już dawniej, poczynając od historycznego lotu Victora Hessa [62], z 7 sierpnia 1912 r., w którym promieniowanie kosmiczne zostało odkryte. Jednakże w 1934 r. fizyk niemiecki G.A. Suckstorff wykonał pomiary, z których wyciągnął wniosek, że w górnych warstwach troposfery, na wysokości od 7000 do 9700 metrów, promieniowanie kosmiczne zmienia się gwałtownie z wysokością oscylując w granicach kilkudziesięciu procent. Interpretowano to jako wskazówkę, że w górnych warstwach atmosfery występują nieznanne pierwiastki promieniotwórcze pochodzenia pozaziemskiego.

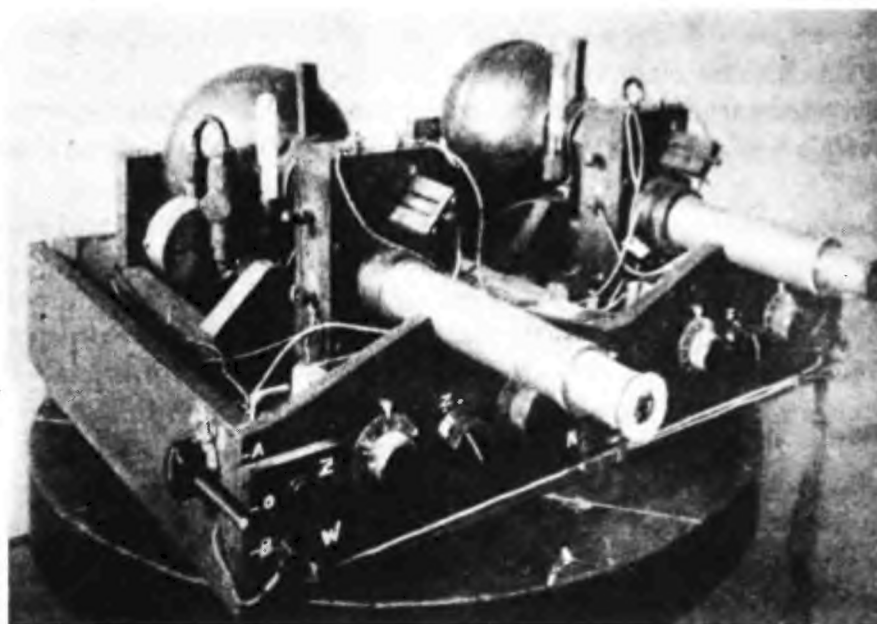
Ziemecki ze względu na wiek nie mógł już sam brać udziału w lotach, ponieważ wymagało to specjalnego przygotowania i bardzo zdrowego organizmu. Załogę balonu „Warszawa II” z otwartą gondolą stanowili wspomniany już dr Konstanty Narkiewicz-Jodko i znany pilot balonowy Zbigniew Burzyński (1902–71), rekordzista świata i dwukrotny zdobywca pucharu Gordona-Bennetta.

O odbyły się trzy loty: 26 marca i 18 czerwca 1936 r. oraz 14 maja 1938 r. Podczas pierwszego z tych lotów ustanowiony został nie pobity do dziś rekord wysokości dla balonów kategorii VI (pojemność w granicach 2200–3000 metrów sześciennych) z otwartą gondolą. Osiągnięta wtedy została wysokość 10 853 metry [63].

Dzięki wprowadzonym udoskonaleniom przyrządy użyte w tych lotach były co najmniej dwudziestokrotnie bardziej czułe od przyrządu Suckstorffa. W trzecim locie używano dwóch komór jonizacyjnych wypełnionych kryptonem i azotem. W żadnym z lotów nie stwierdzono istnienia nagłych skoków natężenia promieniowania kosmicznego.

W tych pracach brał też udział Szczeniowski [49,52,58]. Wnioskiem z badań było, że w pomiarach Suckstorffa występowały jakieś efekty aparaturowe; jego przyrząd nie był dostosowany do szybkich pomiarów.

Tematykę promieniowania kosmicznego podjął też prof. Czesław Białobrzeski (1878–1953) w kierowanym przez siebie Zakładzie Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Warszawskiego [6,8]. Białobrzeski wstąpił się przede wszystkim jako teoretyk. W 1913 r. jako pierwszy zwrócił uwagę na wpływ ciśnienia promieniowania



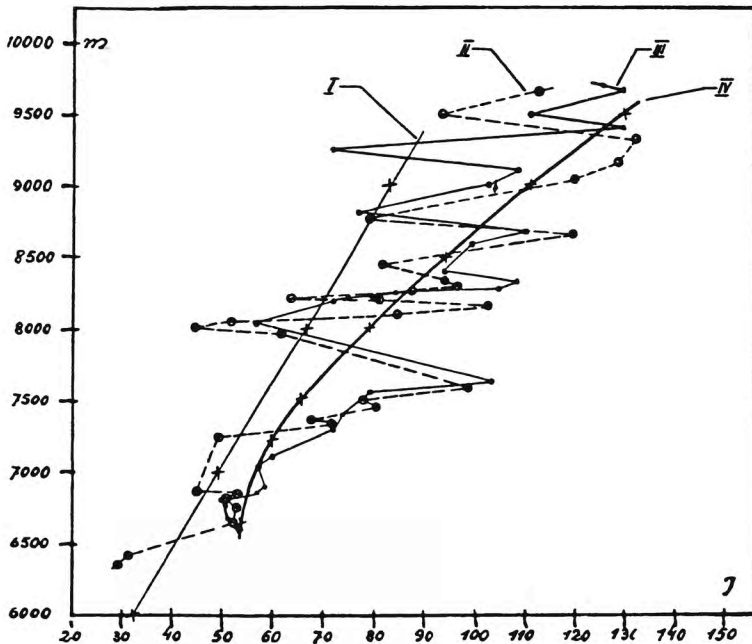
Komory jonizacyjne Ziemeckiego używane do badań promieni kosmicznych w lotach balonowych Narkiewicza-Jodko

na równowagę wewnętrzną gwiazd (dopiero trzy lata później do takich samych wyników doszedł Arthur Eddington).

Białobrzeski zajmował się także badaniami doświadczalnymi. Jego pracownia (utworzona w 1921 r. jako Katedra Fizyki Teoretycznej UW i przemianowana w 1931 r. na Zakład) mieściła się przy ul. Oczki 3, niedaleko Zakładu Fizyki Doświadczalnej UW na Hożej 69, kierowanego przez prof. Stefana Pieńkowskiego. W zakładzie Białobrzeskiego prowadzono badania w dziedzinie optyki i przewodnictwa elektrycznego.

Czesław Białobrzeski zajmował się badaniami doświadczalnymi zjawiska jonizacji w dielektrykach ciekłych i gazowych jeszcze jako profesor Uniwersytetu Kijowskiego w latach 1914–20. W 1935 r. Białobrzeski i Ignacy Adamczewski rozpoczęli badania efektów jonizacji wywoływanych w dielektrykach ciekłych przez promieniowanie kosmiczne. Aktualnym wówczas zagadnieniem były tzw. uderzenia Hoffmanna (Hoffmannstösse) [67], nagłe przyrosty prądu w kondensatorze gazowym, osłoniętym warstwą ołowiu lub aluminium⁵. Adamczewski i

⁵ Dziś wiemy, że był to wynik produkcji wielkiej liczby jonów w ulewach cząstek wytworzonych przez promienie kosmiczne w osłonie kondensatora.



Natężenie promieniowania kosmicznego na różnych wysokościach według pomiarów Narkiewicza-Jodko i Ziemeckiego (ciągła krzywa IV). Krzywe łamane II i III oznaczają wyniki Suckstorffa, a krzywa I – wyniki uzyskane wcześniej przez Kolhörstera (z pracy [47])

Białobrzesci badali to zjawisko w dielektrykach ciekłych, co powodowało większą liczbę zliczeń niż przy użyciu gazu. Wyniki tych badań ogłoszono w czterech pracach [45, 46, 48, 50].

Ignacy Adamczewski (ur. 1907 r.) ukończył studia fizyczne w Uniwersytecie Warszawskim i pracował w tej uczelni od r. 1932. Niezależnie od wspomnianych wyżej prac nad dielektrykami, jako pierwszy w Polsce rozpoczął badania promieni kosmicznych przy użyciu emulsji jądrowych. Było to tuż po pionierskiej pracy Marietty Blau i H. Wambacher [64], w której po raz pierwszy zobaczono ślady rozbicia jąder atomów emulsji przez promienie kosmiczne. Adamczewski szybko zapoznał polskich czytelników z nową techniką pisząc artykuł popularny [65]. O swych pracach z użyciem klisz jądrowych tak pisał po wojnie [66]: „W Polsce badania tego samego typu zostały podjęte przeze mnie jeszcze w roku 1938, w pracowni prof. Białobrzesciego w Warszawie. Sprowadziłem wtedy dwie partie po 10 tuzinów klisz „K” z Agfa i przeprowadzałem badania w Warszawie i na Kasprowym Wierchu w Zakopanem w obserwatorium P.I.M. Otrzymałem kilka tysięcy takich rozbić atomów w najprzeróżniejszych warunkach (przy badaniu

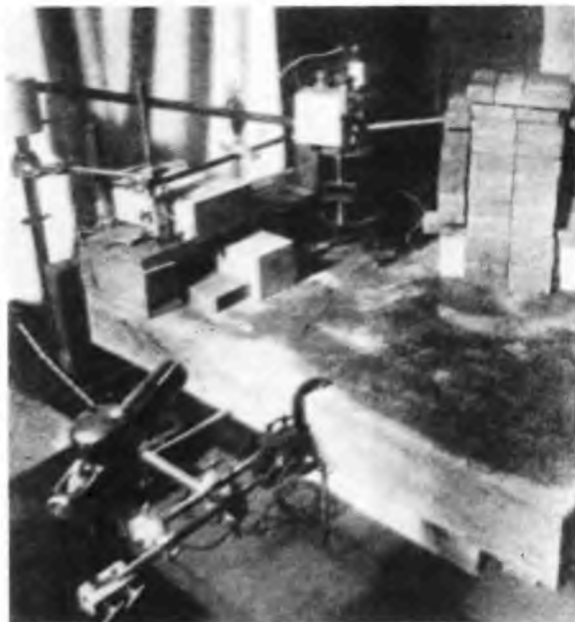


Po lewej Szczepan Szczeniowski (1898–1979), po prawej Czesław Białobrzeski (1878–1953)

absorbpcji w ołowiu, aluminium, parafinie, przy różnym ustawieniu klisz itd.).”

Trzecim ośrodkiem badań promieniowania kosmicznego w Warszawie stała się niedługo przed wojną Pracownia Radiologiczna Towarzystwa Naukowego Warszawskiego, kierowana przez profesora Wolnej Wszechnicy Polskiej Ludwika Wertensteina (1887–1945) [5]. Wertenstein był bardzo wybitnym fizykiem, uczniem Marii Skłodowskiej-Curie i Ernesta Rutherforda. Pod kierunkiem Wertensteina wykonano wiele cennych prac na temat promieniotwórczości, m.in. odkryto dwa nowe izotopy sztucznie promieniotwórcze. Asystentka Pracowni Radiologicznej Zofia Wasiutyńska podjęła z Wertensteinem badania możliwości przemian protonów w neutrony w promieniowaniu kosmicznym. Wyniki tej pracy ogłoszono w *Nature* [56]. Tematyką tą zajmowały się także w Pracowni Radiologicznej Halina Chęcińska i Halina Templówna (Herzogowa).

Badania promieniowania kosmicznego w ośrodku krakowskim rozpoczął Jan Wesołowski (1902–82). Studia fizyczne ukończył on na Uniwersytecie Jagiellońskim i w 1931 r. rozpoczął pracę w Zakładzie Fizyki UJ. Wówczas w zakładzie tym pod wpływem prof. Konstantego Zakrzewskiego rozwijano przede wszystkim badania w zakresie fizyki molekularnej oraz badania polaryzacji dielektrycznej i momentów dipolowych. Tych zagadnień dotyczyły też pierwsze prace Wesołow-



Wnętrze pawilonu do badań promieniowania kosmicznego w zakładzie Częstawa Białobrzzeskiego

skiego. Ale spektakularne odkrycia w fizyce mikroświata sprawiły, że wkrótce postanowił on zmienić kierunek badań. Jak opowiadał po latach [25]: „Te zagadnienia mnie bardzo pasjonowały od samego początku... Tak się szczęśliwie złożyło, że w 1937 r. odwiedził środowisko krakowskie prof. P. Auger, znany badacz w dziedzinie promieniowania kosmicznego, ten od elektronów Augera. Otóż ta wizyta prof. Augera nie była przypadkowa. Wiedział on, że w pobliskiej kopalni soli w Wieliczce istnieją wyjątkowo sprzyjające warunki do badań własności promieniowania kosmicznego pod powierzchnią ziemi... W roku 1937/38 odbyłem praktykę w jego laboratorium w Paryżu. Zbudowaliśmy wówczas aparaturę do badań w kopalni i rozpocząłem w Salinach wielickich w 1938 r. badania układami liczników Geigera-Müllera. W tym okresie badania promieniowania kosmicznego na dużej głębokości dopiero się zaczynały. Literatura naukowa zawierała kilka pozycji, a w Polsce były to pierwsze badania w dziedzinie promieniowania kosmicznego prowadzone za pomocą koincydencyjnej aparatury licznikowej. Te badania trwały do dnia wybuchu wojny.”

Marian Mięśowicz potwierdza priorytet Jana Wesołowskiego pisząc [13]: „Można zatem uważać Wesołowskiego za pioniera badań nad promieniowaniem kosmicznym w Krakowie, które później rozwinęły się na szerszą skalę.”



Po lewej Ignacy Adamczewski (ur. 1907), po prawej Mieczysław Wolfke (1883–1947)

3. „Gwiazda Polski”

W 1936 r. podjęto w Polsce niezwykle ambitną próbę przygotowania lotu stratosferycznego, którego celem miało być pobicie absolutnego światowego rekordu wysokości oraz wiele eksperymentów naukowych. Profesor Marian Mięśowicz wspominał [23], że: „To wymyślili wojskowi z wojsk balonowych, którzy brali udział w różnych międzynarodowych imprezach balonowych i chcieli zdobyć rekord świata w wysokości lotu. Oni byli bardzo dobrzy i chyba mieli szansę... Ale inicjatorom wojskowym powiedziano, że byłoby możliwe zorganizowanie takiego lotu, jeżeli byłby jakiś, poza rekordem, cel naukowy. Nawiązali więc kontakt z prof. Mieczysławem Wolfkem z Politechniki Warszawskiej, który pierwszy zasugerował badanie promieni kosmicznych...”⁶

⁶ Współczesny historyk, Andrzej Glass, podaje nieco odmienną wersję pisząc: „Z inicjatywy prof. M. Wolfkego z Politechniki Warszawskiej w 1936 r. został utworzony Komitet Organizacyjny Polskiego Lotu Stratosferycznego, który doprowadził do budowy w 1938 r. stratostatu Gwiazda Polski.” [72].



Po lewej Ludwik Wertenstein (1887–1945), po prawej Jan Wesolowski (1902–1982)

Mieczysław Wolfke (1883–1947) był fizykiem o sławie światowej [10,11]. Studiował w Liège i na Sorbonie, potem pracował w Uniwersytecie Wrocławskim u Otto Lummera i w Zurychskiej ETH u Alberta Einsteina. Od 1922 r. był profesorem w Politechnice Warszawskiej. Największym chyba osiągnięciem Wolfkego było odkrycie helu II wraz z Willemem Keesomem w 1927 r. Był też prekursorem holografii publikując w 1920 r. podstawową pracę na ten temat – ale to zostało zapomniane i zasadę holografii odkrył ponownie Dennis Gabor w 1948 r.

Wolfke był fizykiem bardzo wszechstronnym, zajmował się optyką instrumentalną i atomową, fizyką kwantową i kriogeniką. Według opinii Szczepana Szczeniowskiego [24]: „Jeśli chodzi o Warszawę, to tu największym autorytetem naukowym był Wolfke. Pieńkowski był raczej organizatorem. Rzeczywiście postawił Zakład Fizyki na bardzo dobrym poziomie. Organizacyjnie instytut był na poziomie europejskim, jeśli chodzi o wyposażenie i organizację pracy...”

Tak więc Wolfke, a nie Pieńkowski, stał się animatorem projektu. Powołano radę naukową i techniczną, do której poza Wolfkem należeli m.in. Marian Mięśowicz, Mieczysław Jeżewski, Szczepan Szczeniowski, Stanisław Ziemecki, a także wybitni technicy, na przykład profesorowie Politechniki Warszawskiej: aerodynamik Czesław M. Witoszyński (1875–1948), specjalista w teorii sprężystości Maksymilian T. Huber (1872–1950) i geodeta Edward Warchałowski

(1885–1953). Jako doradcę technicznego zaproszono także ówczesnego posiadacza rekordu świata w wysokości lotu balonem, Amerykanina Alberta M. Stevensa [68].

Trzeba pamiętać, że w tamtych latach zdobywanie stratosfery budziło ogromne zainteresowanie, zbliżone do tego, jakie towarzyszyło 30 lat później pierwszym lotom kosmicznym. Pionierem balonowych lotów stratosferycznych był August Piccard, który 27 maja 1931 r. osiągnął wysokość 15 781 m na balonie wyposażonym po raz pierwszy w szczelną gondolę metalową, a w sierpniu następnego roku poprawił ten rekord na 16 700 m. W następnych latach rekord ten był parokrotnie poprawiany, przy czym nie brakło tragedii. Radziecki balon stratosferyczny, którego załogę stanowili Fiedosjenko, Usyskin i Wasjenko, osiągnął 30 stycznia 1934 r. wysokość 22 000 m, gdy oderwała się od niego gondola i cała załoga poniosła śmierć. Wielki amerykański balon Explorer I, o pojemności 85 000 m³, miał podobną awarię po osiągnięciu 18 230 m, ale na szczęście trzej uczestnicy lotu, Anderson, Kepner i Stevens, na wysokości 1200 m zdołali się uratować wyskakując na spadochronach z pędzącej w dół gondoli.

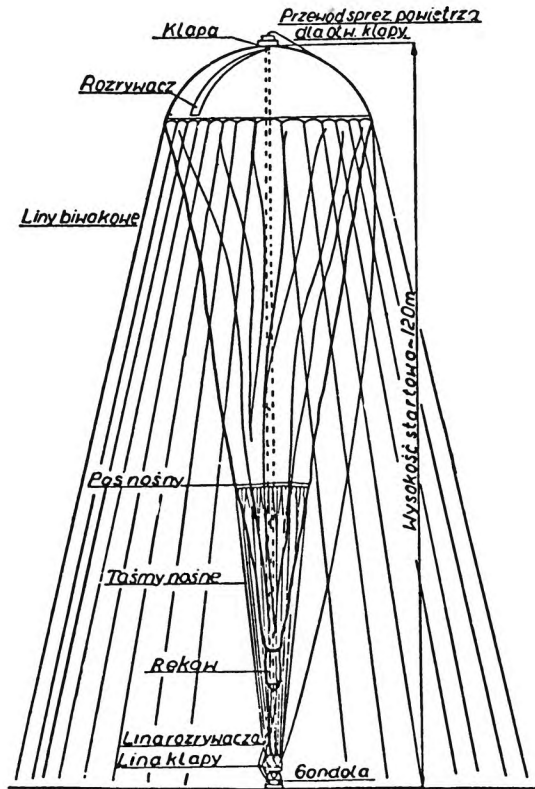
Skonstruowano wtedy następny wielki balon Explorer II o pojemności 105 000 m³, na którym 11 listopada 1935 r. Stevens i Anderson⁷ osiągnęli 22 066 m.

Ten właśnie rekord chcieli pobić Polacy. Planowano osiągnięcie wysokości 30 km. Obliczono, że do tego celu należy mieć balon o pojemności 124 800 m³. Tak gigantycznego balonu załogowego nie próbowano zbudować nigdy przedtem ani potem. Zadania podjęła się Wojskowa Wytwórnia Balonów i Spadochronów w Legionowie. Konstruktorem powłoki był inż. J. Paczosa, a gondoli – inż. J. Szał. Załogę balonu, któremu nadano nazwę „Gwiazda Polski”, mieli stanowić wspomniani wyżej pilot Zbigniew Burzyński i fizyk Konstanty Narkiewicz-Jodko.

Szczegóły techniczne można znaleźć w artykule [69]. Tu podamy tylko, że wysokość balonu wynosiła około 120 m, a całość gumowanej jedwabnej powłoki ważyła 1269 kg. Dwumetrowej średnicy gondola została wykonana z lekkiego i wytrzymałego hydronalu (stop Al i Mg z domieszkami Mn, Ti i Si) i pusta ważyła 140 kg.

Niezwykle starannie przygotowano aparaturę, która w sumie, z zasilającymi bateriami, miała ciężar aż 1360 kg. Wróćmy ponownie do wspomnień Mariana Mięśowicza [23]: „Świetny fizyk prof. Wertenstein, który zrobił na mnie wielkie wrażenie, u siebie w domu zorganizował systematyczne seminaria aparaturowe. Tam spotkałem się z prof. Sołtanem, Ziemeckim i innymi. Jako temat główny ustalony został rozkład wysokościowy promieni kosmicz-

⁷ Ten rekord pobił dopiero Amerykanin Kittinger, który 30 czerwca 1957 r. wzbił się do 29 300 m na balonie o pojemności 110 000 m³.



Schemat balonu „Gwiazda Polski” przed startem (wg Z. Burzyńskiego [69])

ných dla trzech kątów zenitalnych... Zbudowaliśmy bardzo, na owe czasy, nowoczesną aparaturę. Aparaturę licznikową ok. 30 liczników i kilku układów koincydencyjnych... [Budowaliśmy to] my dwaj z prof. Jeżewskim i ze wspianym mechanikiem Wojtowem. We dwójkę z Wojtowem robiliśmy aparaturę i liczniki. Prócz tego prof. Ziemecki przygotowywał aparaturę komorową, a aparaturę fotograficzną opracował mechanik od prof. Ziemeckiego, Lewandowski”⁸.

Poza wspomnianym układem koincydencyjnym liczników Geigera-Müllera i dwiema komorami jonizacyjnymi, aparatura obejmowała naczynia do pobierania próbek powietrza na różnych wysokościach, termopary i barometry oraz aparaty fotograficzne do zdjęć nieba i ziemi. Przygotowano też kolekcję drobnoustrojów

⁸ Tadeusz Lewandowski brał też przedtem udział w pomiarach wykonywanych w kopalni Wapno [43,44]. Por. też wspomnienie o nim w *Postępkach Fizyki* 37, 106 (1986).



Stanisław Ziemecki z komorami jonizacyjnymi zbudowanymi do lotu w gondoli „Gwiazdy Polski” (zdjęcie z 1938 r.)

aby zbadać wpływ na nie niezwykłych warunków. Szczepan Szczeniowski [24] wspomina też o emulsji jądrowej, ale nie ma tego w wykazie podanym przez Burzyńskiego [69].

Warto podkreślić, że w tym przedsięwzięciu brali udział fizycy z trzech ośrodków: Krakowa, Warszawy i Wilna (Szczeniowski). Całość miała kosztować pół miliona ówczesnych złotych (ponad 100 000 dolarów). Dla porównania podajmy, że tyle kosztował jeden bombowiec typu „Łoś” i nie była to też suma bardzo wielka w porównaniu z wydatkami uczelnianymi⁹.

Start miał nastąpić z Polany Chochołowskiej we wrześniu 1938 r. Wydano z tej okazji piękny znaczek pocztowy. Przygotowania się jednak przeciągnęły i gotowość do startu osiągnięto dopiero 1 października. Zbigniew Burzyński wspominał [68]: „12 października wydawało się w Chochołowskiej, że w ciągu najbliższej nocy i następnego ranka pogoda będzie odpowiednia. Przystąpiono do

⁹ W 1936 r. położono kamień węgielny pod budowę gmachów chemii dla Uniwersytetu Warszawskiego przy ul. Pasteura; całość kosztów budowy oceniano wtedy na 5 milionów zł [70]. Wyprawa stratostatu „Gwiazda Polski” była finansowana przez Ligę Obrony Powietrznej Państwa (z 50-groszowych składek jej członków).



Po lewej – gondola „Gwiazdy Polski”; w środku przy butli stoi Zbigniew Burzyński, po prawej – znaczek pocztowy wydany we wrześniu 1938 r. z okazji lotu „Gwiazdy Polski”

bezpośrednich przygotowań i około godziny 22.00 zaczęto napełniać stratostat wodorem, z obliczeniem gotowości startowej na świt 13 października. Lecz około godziny 24.00 powiał z początku słaby, po godzinie mocniejszy wiatr. Przerwano napełnianie, już prawie ukończone, i przy coraz to wzmagającym się, porywistym wietrze zaczęto wypuszczać gaz z powłoki przez klapę. Operacja ta musiała trwać parę godzin. Im mniej było gazu w powłoce, tym wiatr silniej rzucał nią i falował. Chwilami prawdopodobnie powietrze dostawało się przez klapę do wnętrza.

Gdy w górnej czaszy powłoki nie pozostało więcej niż około 500 m^3 gazu, dał się słyszeć suchy trzask i buchnął krótki płomień. Kłapa wyleciała w powietrze i opadła obok, górna część powłoki leżała w osmalonych strzępach. Nikt z ludzi nie został uszkodzony.”

Marian Mięśowicz wspominał [23]: „To był dramatyczny, ale piękny widok szczytów tatrzańskich oświetlonych niebieskim światłem wybuchu. Nigdy tego nie zapomnę. Na szczęście gondola z aparaturą były w odległości kilkudziesięciu metrów i nie zostały uszkodzone. Na drugi dzień wymontowaliśmy troskliwie całą

aparaturę i w ten sam dzień sprawdziliśmy jej funkcjonowanie w Krakowie.”

Gondola balonu „Gwiazda Polski” została przeniesiona do Warszawy i umieszczona na przechowanie w dużej sali laboratoryjnej nowego budynku Instytutu Aerodynamicznego Politechniki Warszawskiej.

Na szczęście spaliła się tylko dziesiąta część powłoki, toteż została ona odbudowana w ciągu zimy 1938/39. Zamiast palnego wodoru zaplanowano tym razem użycie helu, który sprowadzono ze Stanów Zjednoczonych. Szczepan Szczeniowski wspominał [24], że odbył podróż do Francji i Anglii w celu konsultacji z innymi badaczami promieniowania kosmicznego.

Odbudowana „Gwiazda Polski” miała wystartować we wrześniu 1939 r. ze Sławska w Gorganach (w południowej części Beskidów Wschodnich).

4. Upadek i odbudowa (1939–50)

Patrząc z perspektywy czasu na pierwsze lata fizyki wysokich energii w Polsce musimy stwierdzić, że rozwijała się ona bardzo dobrze. Rosła liczba aktywnych badaczy, podejmowano aktualne tematy i stosowano nowoczesną aparaturę.

Wybuch wojny 1 września 1939 r. uniemożliwił ponowną próbę lotu „Gwiazdy Polski”. Gdyby lot ten doszedł do skutku, to uzyskane wyniki tak starannie przygotowywanych kompleksowych badań promieni kosmicznych na wysokościach ponad 20 km przyniosłyby naszym fizykom miejsce w czołówce światowej.

Wybuch wojny przerwał także badania będące w toku. Ignacy Adamczewski, który prowadził wspomniane wyżej badania emulsyjne, wspominał, że [66]: „Wojna zastała mnie przy badaniu, segregowaniu i obliczaniu tego bogatego materiału. Niestety wszystkie te wyniki uległy całkowitemu zniszczeniu częściowo w zakładzie, częściowo w domu. Zachowały się jedynie klisze przechowywane na Kasprowym Wierchu, ale i te w dużej mierze uległy uszkodzeniu, wyrzucone z kaset i pudełek przez urzędujących w obserwatorium pracowników niemieckich.”

Przerwane także zostały pomiary promieniowania kosmicznego w Wieliczce. Jak wspominał Jan Wesolowski [25]: „Te badania trwały do dnia wybuchu wojny. W czasie wojny Niemcy zniszczyli wszystko, rozwalili aparaty, które były zainstalowane na różnych głębokościach w kopalni. . .”

Zamknięcie wyższych uczelni i instytutów naukowych podczas okupacji zostało połączone z zakazem zajmowania się nauką w ogóle. Miało to przeszkodzić podejmowaniu nawet takich prac, które mogły być prowadzone w prywatnych mieszkaniach. Oczywiście starano się w miarę możliwości wykańczać rozpoczęte przed wojną prace. Niestety, znaczna część tekstów uległa zniszczeniu. Wydany

po wojnie zbiór [37] obejmuje łącznie tytuły i streszczenia 626 prac naukowych, w tym 38 z fizyki. Omawianej tu tematyki dotyczą dwie prace Adamczewskiego [73,74] i praca Jeżewskiego i Mięśowicza [75]. Ta ostatnia, po odtworzeniu ukazała się już po wojnie [76]. Prace Adamczewskiego nie mogły być już odtworzone. Interesująca była zwłaszcza praca [73], zawierająca wyniki badań promieni kosmicznych przy jednoczesnym użyciu komory jonizacyjnej wypełnionej heksanem oraz koincydencyjnego układu liczników Geigera-Müllera.

Dodatkowym utrudnieniem była izolacja. Marian Mięśowicz wspominał [23]: „Tutaj warto zwrócić uwagę, że przecież nie mieliśmy żadnego kontaktu ze światem. Pomógł mi mój »tajny« student, który był gońcem w niemieckiej księgarni i który wykradł dla mnie stamtąd znakomitą książkę Heisenberga *Kosmische Strahlung*. . . Książkę tę referowałem na inauguracyjnym naszym czwartkowym powojennym konwersatorium już chyba w lutym 1945 r.”¹⁰

Najwcześniej zatem wznowiono badania w ośrodku krakowskim. Według Mięśowicza [23]: „W szkole na Krzemionkach zachowała się aparatura »balonowa«. Przed wszystkim zdobywaliśmy sprzęt elektroniczny z różnych poniemieckich urzędzeń wojskowych, które nam udostępniano, lub które się kupowało »na tandecie«.” Jan Wesołowski przypominał [25]: „Po wojnie usiłowałem wznowić badania w Wieliczce. Z zapasowych urzędzeń elektronicznych, które udało mi się wynieść z Zakładu, zanim Niemcy Zakład objęli, zbudowałem skromną aparaturkę, która pracowała w kopalni w 1946 r., kiedy to¹¹ w Krakowie odbywał się Międzynarodowy Zjazd Promieniowania Kosmicznego.

W zniszczonej Warszawie nie było na razie możliwości badań. Czesław Biało-brzeski skoncentrował się na filozoficznych problemach fizyki i nie wrócił już do tematyki promieni kosmicznych, podobnie jak Stanisław Ziemecki, który w 1945 r. został kierownikiem Katedry Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie i Szczepan Szczeniowski, który objął Katedrę Fizyki Doświadczalnej w Uniwersytecie Adama Mickiewicza w Poznaniu. Ignacy Adamczewski objął Katedrę Fizyki w Politechnice Gdańskiej. Wszyscy ci fizycy musieli przede wszystkim zająć się odbudową laboratoriów, pisaniem podręczników i nauczaniem.

Jednakże fizyka wysokich energii pozostawała w centrum zainteresowania. Najlepszym tego dowodem jest tematyka Zjazdu Dyskusyjnego Fizyków w Warszawie w dniach 9–11 maja 1947 r. (ten zjazd potem nazwano X Zjazdem Fizyków Polskich, pierwszym po wojnie). Na zjeździe wygłoszono 5 referatów plenarnych

¹⁰ Książka ta została wydana w 1943 r.

¹¹ Zjazd ten odbył się w 1947 r., a nie w 1946 r. (patrz niżej).

[77] i wszystkie były poświęcone tematyce mezonu i promieni kosmicznych: M. Mięśowicz – Stan metodyki badań promieni kosmicznych, M. Mięśowicz – Mezon w promieniach kosmicznych, A. Sołtan – Badania doświadczalne nad właściwościami mezonu, S. Szczeniowski – Teoria mezonu swobodnego, J. Błaton – Obecny stan mezonowej teorii sił jądrowych.

Nie zachowały się tytuły 14 referatów z prac własnych. Wiadomo jednak, że jeden z nich został wygłoszony przez Jana Wesołowskiego, który referował swoje wyniki z Wieliczki, „lecz spotkał się z ogólnym niedowierzaniem” [35].

W dniach 6–12 października 1947 r. odbył się w Krakowie zjazd pod nazwą I Międzynarodowa Konferencja IUPAP Promieni Kosmicznych. To ważne wydarzenie odbyło się w Polsce dzięki staraniom prof. Jana Weyssenhoffa. Przybyło ok. 20 znakomitych fizyków z Anglii, Brazylii, Czechosłowacji, Holandii, Francji, Irlandii, Stanów Zjednoczonych, Węgier i Włoch. Ponadto w konferencji brało udział ponad 50 fizyków polskich [35,36]. Dla Polaków była to jedyna w swoim rodzaju okazja zetknięcia się z najwybitniejszymi uczonymi.



Uczestnicy Zjazdu w Krakowie w 1947 r.: na pierwszym planie od lewej stoją Patrick Blackett rozmawiający z Janem Błatonem (zwrócony bokiem), John Archibald Wheeler i Walter Heitler; za Heitlerem w drugim rzędzie Lajos Janossy



Uczestnicy Zjazdu w Krakowie w 1947 r.: w pierwszym rzędzie z prawej siedzą Patrick Blackett i Jacob Clay; obok Blacketta stoi ze schyloną głową Heitler, a za nim w rozmowie od prawej John Archibald Wheeler, Louis Leprince-Ringuet i Lajos Janossy. W ostatnim rzędzie pierwszy od prawej Tadeusz Skaliński, trzeci od prawej Leonard Sosnowski, drugi od lewej Ignacy Adamczewski

Wystarczy powiedzieć, że do Krakowa przyjechali wtedy: Auger, Bernardini, Blackett, Clay, Heitler, Janossy, Leprince-Ringuet i Wheeler. Centralnym punktem konferencji był referat Cecila Powella „Dowód istnienia mezonów o różnych masach”, w którym ten przyszły laureat Nagrody Nobla przedstawił swe odkrycie mezonu π , tuż po jego dokonaniu. Podczas zjazdu podjęto też kilka ważnych decyzji dotyczących terminologii [36].

Jerzy Rayski wspominał [35]: „Ustalono, że obrady toczyć się będą w dwóch językach – francuskim i angielskim. W rzeczywistości jednak wszyscy mówili po angielsku, a tylko jedni Francuzi po francusku. Najwidoczniej nie mogą oni zapomnieć, że niegdyś język francuski dominował w świecie i uparczywie starają się bronić straconej pozycji. Zabawne wrażenie sprawiało więc, gdy w czasie dyskusji wywiązywał się dialog między Anglosasem a Francuzem i obaj mówili do siebie w swoim własnym języku, rozumiejąc się zresztą nawzajem doskonale.”

Pamiętajmy, że był to rok 1947!

Jedna z sesji odbyła się pod ziemią w kopalni w Wieliczce, gdzie praco-

wała aparatura Mięśowicza i Wesołowskiego. Dwoje uczonych węgierskich, Jenó Barnóthy i jego żona Madeline Forró-Barnóthy, przedstawiło wyniki swych pomiarów natężenia promieni kosmicznych w jednej z węgierskich kopalni na głębokości 1000 m. Te wyniki zdawały się wskazywać na istnienie w promieniowaniu kosmicznym pewnych bardzo przenikliwych cząstek, wytwarzających wtórne promieniowanie o natężeniu zmieniającym się w sposób kapryśny w miarę wzrostu głębokości [35]. Podobne zjawisko zaobserwował także w Wieliczce Wesołowski i przedstawiał wyniki na wspomnianym wyżej zjeździe fizyków polskich w Warszawie w maju tegoż roku.

Właśnie wyjaśnienie tego zagadkowego efektu państwa Barnóthy stało się wkrótce znaczącym sukcesem grupy krakowskiej. Wprawdzie w 1948 r. Jan Wesołowski przeniósł się do Uniwersytetu Wrocławskiego [25] i zaczął się zajmować zastosowaniami fizyki jądrowej do badań różnych właściwości ciał¹², ale do Mariana Mięśowicza dołączyli Leopold Jurkiewicz (1906–66) [9], Jerzy Gierula (1917–75) [14] i Jerzy M. Massalski. Prace Mięśowicza i współpracowników [79,80], w których wykazano, iż wspomniany efekt pochodzi od naturalnej promieniotwórczości otoczenia, były szeroko cytowane.

Marian Mięśowicz (1907–92), wychowanek Uniwersytetu Jagiellońskiego [21,23], zajmował się początkowo mikrofalami, a następnie ciekłymi kryształami. W tej ostatniej tematyce dokonał w latach 1930-tych ważnych odkryć i jego ówczesne prace są do dziś cytowane. Tematyką promieniowania kosmicznego zainteresował się, jak podano wyżej, przy okazji projektu „Gwiazdy Polski”. W latach powojennych, równoległe do badań w fizyce wysokich energii, prowadził także ważne prace z zakresu zastosowań fizyki jądrowej.

Leopold Jurkiewicz był wychowankiem Uniwersytetu Warszawskiego i pracował w UW do wybuchu wojny. W 1945 r. został pracownikiem Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie i pod kierunkiem Mięśowicza wykonał pracę doktorską na temat promieni kosmicznych. Jego udział w badaniach grupy Mięśowicza był jednak niedługi, gdyż wkrótce prof. Jurkiewicz poświęcił się bez reszty problematyce zastosowań fizyki jądrowej do celów przemysłowych.

Jerzy Gierula był wychowankiem Uniwersytetu Jagiellońskiego, na którym odbywał studia częściowo konspiracyjnie podczas wojny. Poza krótkim okresem pracy w Warszawie, gdy był profesorem Wojskowej Akademii Technicznej, był związany z ośrodkiem krakowskim. Niemal wszystkie jego prace były wykony-

¹² Na XII Zjeździe Fizyków Polskich w Warszawie (29.X. – 3.XI. 1949 r.) Wesołowski przedstawił jeszcze referat pod tytułem „Efekt temperaturowo-barometryczny pęków promieniowania kosmicznego powstających w grubych warstwach atmosfery”. Krótkie streszczenie w *Postęпах Fizyki* [78] jest jedynym śladem tej pracy. Wykaz [38] nie zawiera także pracy Wesołowskiego na ten temat.



Jeden z pierwszych zespołów Katedry Fizyki II AGH w Krakowie. Siedzą od lewej: J.M. Massalski, S. Wojtow, M. Mięśowicz, Olena Blatonowa. Stoją od lewej K. Przewłocki, L. Jurkiewicz, J. Gieruła, A. Oleś, S. Jasiński, T. Florkowski, K. Ostrowski

wane techniką emulsji jądrowych.

Ignacy Adamczewski, który objął Katedrę Fizyki w Politechnice Gdańskiej, planował początkowo kontynuować swe badania przy użyciu emulsji. W 1947 r., gdy wspominał zniszczone podczas wojny klisze i wyniki badań, pisał, że „Część, którą możliwie da się uratować, jest obecnie tematem prac. Niezależnie od tego zostały obecnie zamówione nowe klisze tego samego typu u Ilforda i badania będą przeprowadzane w dalszym ciągu prawdopodobnie przez kilka zakładów fizycznych w Polsce.” [66].

Adamczewski napisał obszerny artykuł przeglądowy do *Postępów Fizyki* [81] i przeprowadził nowe naświetlenia klisz jądrowych. Na XII Zjeździe Fizyków Polskich w Warszawie (29.X. – 3.XI. 1949 r.) jego współpracownik Sylwester Bernasik wygłosił referat „Przykłady przemian jądrowych zaobserwowanych w kliszach Ilford C2 grubości 100 mikronów, eksponowanych na Kasprowym Wierchu” [82].

Na następnym, XIII Zjeździe Fizyków Polskich w Krakowie (4.XII. – 9.XII. 1950 r.) wygłoszone zostały dwa referaty ludzi z zespołu Adamczewskiego. Tematem pierwszego [83] była „Statystyka gwiazdek jądrowych”, oparta na ok. 3000



Po lewej Marian Mięśowicz (1907–1992), po prawej Jerzy Gierula (1917–1975)

przeanalizowanych zdarzeń. Drugi referat [84] nosił tytuł „Badania gwiazdek podwójnych w emulsjach fotograficznych do badań jądrowych”. Poza wymienionymi streszczeniami w *Postęпах Fizyki*, po pracach tych nie ma żadnego innego śladu. Brak jest prac na ten temat w spisie [38] i późniejszych [39,40]. Widocznie tematykę tę w Gdańsku porzucono. Wiadomo, że prof. Adamczewski skoncentrował się na badaniach dielektryków i swojemu rozmówcy w 1988 r. [22] nawet nie wspominał o badaniach promieniowania kosmicznego. Dziś wiadomo, że emulsje naświetlone na wysokości Kasprowego Wierchu (1985 m) nie mogły zawierać zbyt ciekawego materiału.

W zrujnowanej Warszawie nieprędko podjęto prace z fizyki wielkich energii. Jerzy Pniewski w swych wspomnieniach [26] podaje, że w 1947 r. Marian Danysz wraz z Ludwikiem Natansonem rozpoczęli „analizowanie pierwszych klisz z fotograficzną emulsją jądrową, naświetloną promieniami kosmicznymi na Kasprowym Wierchu. Klisze te Natanson otrzymał w darze od Cecila Powella z Bristolu”. O wynikach tych prac brak jest jednak publikacji. Wkrótce Danysz wyjechał do Anglii, podobnie jak Pniewski, a Natanson, jako profesor Uniwersytetu Łódzkiego, zajął się fizyką jądrową.

W Zakładzie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Łódzkiego, Aleksander Zawadzki (ur. 1918) rozpoczął budowę układu doświadczalnego do badań wielkich



Po lewej Leopold Jurkiewicz (1906–1966), po prawej Aleksander Zawadzki (ur. 1918 r.)

pęków promieniowania kosmicznego i już na XII Zjeździe Fizyków Polskich w 1949 r. przedstawił referat „Układ koincydencyjno-selekcyjny (hodoskop)” [85]. Pomiary nastąpiły jednak później.

Tak więc, do 1950 r. jedynym poważnym ośrodkiem badań promieni kosmicznych w Polsce był ośrodek krakowski kierowany przez Mariana Mięśowicza. Wspomniane wyżej prace [79,80], wysłane do druku już w 1949 r., były jednak zapowiedzią, że fizycy polscy zaczynają coraz energiczniej uczestniczyć w badaniach w tej dziedzinie.

5. Pierwsze sukcesy (1951–63)

Przełomową rolę w dalszym rozwoju fizyki wysokich energii w Polsce odegrało utworzenie w Warszawie i Krakowie silnych grup eksperymentalnych korzystających z techniki emulsji jądrowych. Grupa warszawska zawdzięcza swe powstanie Marianowi Danyszowi, a jej współtwórcą był Jerzy Pniewski; grupę krakowską utworzył Marian Mięśowicz.

Marian Danysz (1909–83) [15] studiował na Politechnice Warszawskiej, gdzie

uzyskał dyplom inżyniera elektryka. Pracę naukową rozpoczął w Pracowni Radiologicznej TNW [5] pod kierunkiem Wertensteina i tam wspólnie z Michałem Żywem odkrył promieniotwórczy izotop fluoru. Po wojnie wykładał początkowo elektrotechnikę w Państwowej Szkole Inżynierskiej im. Wawelberga i Rotwanda i dopiero w 1947 r. związał się z Uniwersytetem Warszawskim. W 1949 r. uzyskał magisterium z fizyki i na początku następnego roku wyjechał na stypendium naukowe do Liverpoolu, skąd po paru miesiącach przeniósł się do znakomitego laboratorium Cecila Powella w Bristolu. Tam Danysz zapoznał się z nowoczesną techniką emulsji jądrowych. W 1951 r. wraz z Owenem Lockiem i Gideonem Yekutielim wysunął hipotezę istnienia nowej cząstki elementarnej [86,87].

Jak potem pisał Danysz [88]: „Hipoteza cząstki ζ^0 została wysunięta w związku z zaobserwowaną korelacją pędów par mezonów π w zderzeniach szybkich cząstek... Stwierdzono mianowicie, że często przy emisji dwóch mezonów π w zbliżonych kierunkach energie kinetyczne tych mezonów różnią się tylko nieznacznie od siebie. Mówiąc inaczej – stwierdzono uprzywilejowaną emisję par mezonów π z małą energią kinetyczną... Obserwowany nadmiar występuje dla par o kątach rozwarcia odpowiadających (dla mezonów π) energiom względnym w zakresie od 1 do 5 MeV. Szukając prostego wyjaśnienia wysunięto jako roboczą hipotezę możliwość istnienia nietrwalej neutralnej cząstki. Cząstka taka musiałaby się rozpadać z emisją dwóch mezonów π , z czasem życia krótszym od 10^{-14} s i niewielkim wydzieleniem energii...”

Masę hipotetycznej cząstki oceniono na 556 mas elektronowych, to znaczy ok. 284 MeV. Praca Danysza i współpracowników wywołała spore zainteresowanie. Inni autorzy interpretowali także swoje wyniki jako wskazujące na istnienie naładowanych odpowiedników cząstki ζ^0 .

Dziś wiemy, że hipoteza o istnieniu tej cząstki była fałszywa. Korelacje zaobserwowane w Bristolu były w istocie przejawem korelacji Bosego-Einsteina między identycznymi bozonami, które później odkryto w innych badaniach i nazwano „efektem Goldhaberów” [89].

Jerzy Pniewski (1913–89) [17,26], studiował matematykę i fizykę na Uniwersytecie Warszawskim, a potem został asystentem Pieńkowskiego i rozpoczął badania w dziedzinie optyki. Po wojnie jako prawa ręka Pieńkowskiego odbudowywał zniszczony ośrodek fizyki na Hożej. W końcu 1948 r. wyjechał na dwuletni staż do Liverpoolu, gdzie zajął się fizyką jądrową, dokładniej spektroskopią beta. Tam też zaprzyjaźnił się z Marianem Danyszem.

W maju 1952 r. Danysz wrócił do Warszawy przywożąc ofiarowany przez Powella blok emulsji naświetlonych promieniami kosmicznymi w locie balonowym. Opierając się na wzorach bristolskich postanowił stworzyć na Hożej zespół analizujący oddziaływania cząstek wielkiej energii. Udało mu się namówić do

współpracy Jerzego Pniewskiego, który – jak pisał – z żalem porzucił spektroskopię beta. W drugiej połowie września 1952 r. Danysz i Pniewski znaleźli w emulsji dziwne oddziaływanie, które zinterpretowali jako rozpad jądra atomowego zawierającego zamiast jednego neutronu hiperon Λ , wówczas jeszcze mało znany i nazywany cząstką V_1^0 [90,91]. Historia odkrycia pierwszego hiperjądra została pięknie opisana przez Pniewskiego [26].

Chociaż bardzo trudno jest porównywać znaczenie różnych odkryć i to w różnych działach fizyki, to jednak można twierdzić, że odkrycie Danysza i Pniewskiego było najważniejszym w fizyce wysokich energii w Polsce, a może nawet w całej powojennej historii polskiej fizyki. Za tę pierwszą i dalsze prace na temat hiperjąder obaj odkrywcy byli wielokrotnie wysuwani do Nagrody Nobla z fizyki, niestety bez skutku.

Pierwszymi członkami warszawskiej grupy emulsyjnej byli Pelagia Ciok, Ewa Skrzypczak, Teresa Saniewska oraz wykładający wtedy w WAT Jerzy Gierula. W następnych latach dołączali Andrzej Filipkowski, Janusz Zakrzewski, Jerzy Bogdanowicz, Erwin Marquit i autor tego artykułu, którego praca magisterska w 1954 r. dotyczyła fizyki hiperjąder.

Warszawa stała się stolicą fizyki hiperjąder. Marian Danysz wygłosił pierwszy na ten temat referat przeglądowy na konferencji w Pizie [92], a Andrzej Filipkowski, Jerzy Gierula i Iwo Przemysław Zieliński (1926–91) ogłosili pierwsze zestawienie światowych wyników na temat hiperjąder [93].

Niestety tempo rozwoju grupy warszawskiej zostało zahamowane, gdy w 1953 r., po śmierci Pieńkowskiego, Jerzy Pniewski musiał odłożyć na bok pracę naukową i zająć się kierowaniem instytutem uniwersyteckim. Wkrótce potem, w 1956 r., Marian Danysz został wicedyrektorem Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej. Pod nieobecność Danysza i Pniewskiego grupą warszawską kierował wówczas Jerzy Gierula.

W 1954 r. Marian Mięśowicz zorganizował w Krakowie przy Katedrze Fizyki II AGH grupę kliszową „korzystając z doświadczeń organizacyjnych laboratorium warszawskiego” [34]. Pierwszymi członkami tego zespołu byli Władysław Wolter i Olena Błatonowa, a później Tomir Coghén i Alina Jurakówna [23], Roman Hołyński i Jerzy Bartke oraz Jerzy Gierula, który po powrocie z Warszawy objął kierownictwo grupy.

Tematyka badań zespołu krakowskiego poszła jednak w kierunku związanym z prowadzonymi już w Krakowie pracami licznikowymi na temat kaskad elektronowych promieniowania kosmicznego. W badaniu kaskad elektromagnetycznych bardzo wysokich energii (ponad 10^{14} eV) uzyskano wkrótce bardzo ciekawy wynik, stwierdzając wpływ gęstego ośrodka na prawdopodobieństwo elementarnego procesu wypromieniowania fotonów gamma przez elektrony bardzo wysokich energii

[94,95]. Zbadano także efekt kompensacji ładunków dodatniego i ujemnego elektronu w parach elektronowych bardzo wysokich energii [96].

Dalsze badania oddziaływań na najwyższej energii zarejestrowanych w emulsji, prowadzone przez grupę krakowską przy współudziale niektórych fizyków z Pragi i Warszawy, doprowadziły do opracowania nowego modelu wielorodnej produkcji cząstek. Krakowski model dwucentrowy [97] stał się na wiele lat użyteczną hipotezą roboczą w analizie danych eksperymentalnych, a polskie prace na ten temat doczekały się cytowania w monografiach (np. [98]).

W Warszawie badania emulsyjne były skoncentrowane na tematyce związanej z hiperjądrami. Duże znaczenie dla ówczesnych badań energii wiązania hiperjader miało bardzo precyzyjne wyznaczenie masy hiperonu Λ [99]. Powrót Pniewskiego od zajęć administracyjnych do badań eksperymentalnych i powrót Danysza z Dubnej spowodowały duże ożywienie pracy. Wprawdzie Pniewski początkowo zajął się badaniem fragmentacji jąder przy użyciu emulsji jądrowych, a Danysz interesował się bardziej oddziaływaniami przy wyższych energiach, ale za namową Zakrzewskiego obaj ponownie skupili uwagę na fizyce hiperjader. Wkrótce dokonali oni następnego ważnego odkrycia, izomerii hiperjądrowej [100].

Ukoronowaniem sukcesów warszawskiej grupy emulsyjnej było odkrycie w 1963 r. pierwszego hiperjądra podwójnego, zawierającego dwa związane hiperony Λ [101]. Jerzy Pniewski w swych wspomnieniach [26] przypomniał, że to „Zakrzewski, pierwszy zwrócił uwagę na jeden z przypadków znalezionych przez nasz personel techniczny, sugerując, że może on być kandydatem na hiperjądro podwójne. Trzy miesiące intensywnej pracy zespołu, w skład którego poza nami trzema wchodził młodzi fizycy – Krystyna Garbowska i Tadeusz Pniewski, dowiodły, że był to pierwszy dobrze udokumentowany przypadek hiperjądra z dwoma hiperonami Λ ”.

W tym czasie fizycy warszawscy prowadzili już badania emulsyjne w ramach tzw. Europejskiej Współpracy K^- wykorzystując emulsje naświetlone wiązką mezonów K^- z akceleratora w CERN-ie¹³. Gdy w marcu 1963 r. w St. Cergue w Szwajcarii odbyła się pierwsza konferencja międzynarodowa poświęcona fizyce hiperjader (Jerzy Pniewski referował tam w imieniu zespołu międzynarodowego szczegóły odkrycia i analizy hiperjądra podwójnego), wiodąca pozycja ośrodka warszawskiego w tej specjalności była już mocno ugruntowana. Szczegóły historii badań hiperjader można znaleźć w artykułach Pniewskiego [102,103].

Tymczasem problematyka i technika badań doświadczalnych uległa rozsze-

¹³ Europejska Współpraca K^- , powstała na przełomie lat 50-ych i 60-ych, obejmowała laboratoria z Bristolu, Brukseli, Dublinu, Londynu i Warszawy, a następnie również z Belgradu i Berlina.

zeniu. W 1959 r. Ryszard Sosnowski, który początkowo zajmował się fizyką jądrową, zmienił zainteresowania, przyłączył się do zespołu Danysza i Pniewskiego i zaczął organizować w Warszawie badania przy użyciu nowej techniki, jaką były wówczas komory pęcherzykowe. W rok później do powstającej grupy komorowej włączył się Lech Michejda (1935–71) [19], wówczas jeszcze student trzeciego roku fizyki, ale z dyplomem magistra inżyniera Politechniki Warszawskiej. Pierwszą pracę wykonaną w Warszawie nową techniką był pomiar rozpraszania elastycznego ujemnych pionów na protonach. Zdjęcia pochodziły z naświetlenia komory propanowej wiązką mezonów z akceleratora w Dubnej (część fotografii przeanalizowali współpracujący fizycy z Budapesztu).

W następnych latach badania przy użyciu techniki komorowej rozwinęły się w Polsce na dużą skalę. W Krakowie grupę komorową zorganizował Oleg Czyżewski (1930–71) [18], który podczas pobytu w Dubnej zebrał materiał doświadczalny do swej pracy doktorskiej na temat oddziaływań pionów z jądrami węgla w komorze propanowej. Praca ta, obroniona na Uniwersytecie Jagiellońskim w 1961 r., była pierwszą w Polsce rozprawą opartą na danych uzyskanych nową techniką. W grupie krakowskiej zaczęto też analizować zdjęcia z komory ksenonowej odznaczającej się dużą wydajnością rejestracji kwantów gamma (potem podobne prace zaczęto też w Warszawie).

Ogromne znaczenie dla rozwoju fizyki wysokich energii w Polsce miały kontakty z Europejskim Ośrodkiem Badań Jądrowych (CERN) w Genewie. Dzięki wysiłkom Danysza, który jako wicedyrektor ZIBJ w Dubnej był w stanie pokonać różnorakie bariery utrudniające wówczas kontakty z ośrodkami zachodnimi, fizycy polscy zaczęli od 1960 r. wyjeżdżać do Genewy na roczne i dłuższe staże naukowe. Najpierw gościli w CERN-ie Maria Szeptycka i Jerzy Bartke z Krakowa, Ryszard Sosnowski z Warszawy i Jan Rzewuski z Wrocławia, a potem wyjeżdżali Grzegorz Białkowski, Oleg Czyżewski, Jan Danysz, Tomasz Hofmokl i autor tego artykułu.

Te pobyty w CERN-ie, będącym wtedy bardzo dynamicznie rozwijającym się ośrodkiem, owocowały nie tylko możliwościami nauki i zdobycia doświadczenia, lecz także nawiązaniem znajomości z fizykami z innych krajów i uzyskiwaniem materiału doświadczalnego, który mógł być opracowywany w Polsce. Już od 1961 r. w Krakowie i Warszawie rozpoczęły się pomiary na uzyskanych z CERN-u filmach z komory wodorowej. Skoncentrowano się na badaniach oddziaływań z produkcją wielu cząstek. Tematyka ta stała się wkrótce polską specjalnością, ponieważ w większości laboratoriów na świecie studiowano wtedy prostsze w opisie reakcje z małą liczbą cząstek w stanie końcowym.

Innym działem, w którym udział polskich fizyków był bardzo znaczący, była fizyka cząstek dziwnych przy wysokich energiach. Oceniano, że na początku

lat sześćdziesiątych ok. 80 procent prac z tego działu miało polskich autorów lub współautorów [32]. Wśród ważnych osiągnięć z tego okresu warto wymienić odkrycie zależności średniego pędu poprzecznego wtórnych hadronów od ich pędu podłużnego (tzw. efekt mewy) oraz od ich masy.

Bardzo dobrze rozwijał się też ośrodek łódzki, kierowany przez Aleksandra Zawadzkiego. Po zbudowaniu i sprawdzeniu świetnej aparatury licznikowej do badań wielkich pęków promieniowania kosmicznego rozpoczęto poszukiwania wielkich pęków wytworzonych przez fotony bardzo wysokich energii. Kilkuletnie badania przyniosły sukces. Stwierdzenie istnienia w pierwotnym promieniowaniu kosmicznym fotonów bardzo wysokiej energii było ważnym rezultatem także dla astrofizyki.

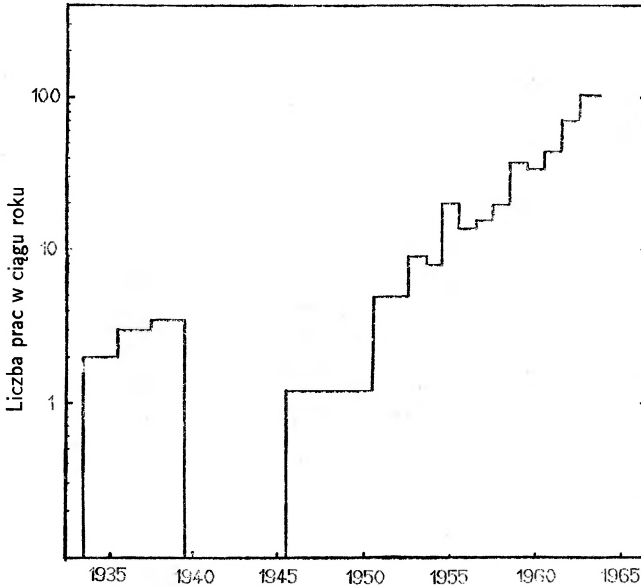
Warto też dodać, że rozprawa Zawadzkiego o hodoskopowym badaniu promieniowania kosmicznego [104] była pierwszą monografią z fizyki wysokich energii opublikowaną w Polsce.

Podsumowując stan badań doświadczalnych w fizyce wysokich energii w pierwszym dwudziestolecu powojennym Marian Mięśowicz mógł już stwierdzić [34]: „W Polsce zostały zorganizowane trzy placówki pracujące w dziedzinie fizyki wysokich energii na poziomie światowym. Są to laboratoria: warszawskie, krakowskie oraz łódzkie. Rezultaty osiągnięte w dziedzinie hiperjader oraz w dziedzinie wielorodnej produkcji cząstek w zderzeniach najwyższych energii są poważnymi osiągnięciami nauki polskiej. . . Z prac o wielkim znaczeniu naukowym trzeba jeszcze wymienić poszukiwania fotonów gamma wysokich energii w pierwotnym promieniowaniu kosmicznym. Praca ta jest jeszcze w toku i dotychczasowe rezultaty nie są jeszcze ostateczne.”

Dotąd była mowa o badaniach doświadczalnych. Badania w teorii cząstek elementarnych i oddziaływań wysokich energii rozpoczęły się w Polsce dopiero kilka lat po wojnie [30]. Charakteryzując dorobek polskich fizyków w tej dziedzinie trzeba mieć na uwadze to, że – jak to podkreślił Józef Werle [33]: „. . . teoria cząstek elementarnych jest wyjątkowo źle określonym działem fizyki. Jeśli włączy się do niej wszystkie teoretyczne rozważania dotyczące systematyki, sprzężeń, struktury cząstek elementarnych oraz reakcji, w których one uczestniczą, to okaże się, że wiele zagadnień fizyki jądrowej – w szczególności fizyki jądrowej wysokich energii – należy do fizyki cząstek elementarnych. Równie trudno przeprowadzić linię podziału między badaniami kwantowej teorii pola a teorią cząstek elementarnych. Wiele prac z kwantowej teorii pola ma pośredni związek z teorią cząstek elementarnych, choć w większości przypadków związek ten jest dość luźny. . . ”

Pierwsze teoretyczne prace z fizyki cząstek i wysokich energii w Polsce wykonywali Jerzy Rayski w Krakowie, Jan Łopuszański i Jan Rzewuski we Wrocławiu oraz Wojciech Królikowski i Józef Werle w Warszawie [38]. Prace Rayskiego doty-

czyły propozycji unitarnych wielowymiarowych i nielokalnych teorii. Łopuszański napisał kilka prac na temat teorii kaskad. Rzewuski zajmował się m.in. macierzą *S*. Królikowski rozpoczął badania nad klasyfikacją cząstek elementarnych i symetriami oddziaływań silnych i słabych. Werle zajął się ogólną relatywistyczną teorią oddziaływań wielocząstkowych.



Liczba prac z fizyki cząstek elementarnych i wysokich energii opublikowanych przez polskich autorów w latach (1934–1963)

W następnych latach pojawiło się wielu uzdolnionych młodych teoretyków, którzy rozwijali także badania fenomenologiczne silniej powiązane z doświadczeniem. Modelami mechanizmu zderzeń przy wysokich energiach zajmowali się Wiesław Czyż, Andrzej Kotański i Józef Namysłowski w Krakowie oraz Józef Werle, Andrzej Krzywicki i Ryszard Rączka w Warszawie. Inni teoretycy warszawscy (Grzegorz Białkowski, Andrzej Jurewicz, Leszek Łukaszuk, Michał Święcki i Jerzy Wrzecionko) badali zastosowanie związków dyspersyjnych. Ponadto Andrzej Deloff, Jerzy Szymański¹⁴ i Jerzy Wrzecionko rozwijali teorię hiperjader. Podsumowując swój przeglądowy artykuł Józef Werle mógł stwierdzić [33], że: „Prace polskie stały średnio rzecz biorąc na dobrym światowym poziomie i odstęp

¹⁴ Ten utalentowany teoretyk (ur. 1933 r.) zginął tragicznie w 1961 r. podczas pobytu w Dubnej.

dzielący nasze ośrodki od przodujących ośrodków zagranicznych uległ dalszemu zmniejszeniu.”

Przed II wojną światową prace z fizyki wielkich energii publikowało 7 polskich autorów, przy czym na ogólną liczbę 17 prac [42-58], aż 12 było autorstwa lub współautorstwa Ziemeckiego, 6 – Narkiewicza-Jodko i 5 – Szczeniowskiego. Po wojnie, przed 1951 r. opublikowało prace tylko 6 autorów. Potem liczba autorów zaczyna szybko rosnąć. W latach 1953–54 na liście opublikowanych prac mamy 11 nazwisk, w 1955 r. – 18, w 1958 – już 28, a w latach 1961–63 – aż 92 nazwiska [38-40].

Z wykresu przedstawiającego liczbę prac z fizyki wielkich energii opublikowanych przez polskich autorów w latach 1934–63 widać wyraźnie, że wojna i zniszczenia spowodowały ok. dwunastoletnie opóźnienie rozwoju tej gałęzi fizyki w Polsce.

6. Normalny rozwój

Na początku lat sześćdziesiątych spora liczba fizyków polskich zdobyła wiedzę i doświadczenie podczas długoterminowych staży naukowych w CERN-ie. Po ich powrocie do kraju laboratoria w Krakowie i Warszawie¹⁵ zwiększyły zakres badanych zagadnień i powiększyły liczebność zespołów. Obok działających od wielu lat grup emulsyjnych, dobrze już znanych w świecie, walczyć o uznanie międzynarodowe zaczęły teraz grupy komorowe.

Technika komór pęcherzykowych stała się na pewien okres dominująca w eksperymentalnej fizyce wysokich energii. Zbieranie materiału doświadczalnego było dość powolne, wymagało bowiem przeglądania setek tysięcy zdjęć celem wyszukania interesujących zdarzeń do pomiarów. Aby szybciej uzyskiwać wyniki zaczęto organizować współprace kilku (potem kilkunastu) laboratoriów, między które rozdzielano filmy z komór pęcherzykowych. Wyniki uzyskane przez poszczególne grupy trzeba było potem scalić, przeanalizować w jednolity sposób i przygotować wspólną publikację.

Współpraca między różnymi laboratoriami zaczęła się, jak wspomniano wy-

¹⁵ Przynależność instytucjonalna eksperymentatorów była następująca: w Krakowie byli oni zatrudnieni w Zakładzie V Instytutu Fizyki Jądrowej (początkowo był to Krakowski Oddział Instytutu Badań Jądrowych) oraz w Międzyresortowym Instytucie Fizyki i Techniki Jądrowej Akademii Górniczo-Hutniczej; w Warszawie byli to pracownicy Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego oraz Zakładu VI Instytutu Badań Jądrowych; potem powstała także grupa zorganizowana przez Zbigniewa Strugalskiego w Instytucie Fizyki Politechniki Warszawskiej, pozostała ona jednak związana przez cały czas z tematyką komór ksenonowych uprawianą w Dubnej i nie była włączona we współpracę międzynarodową z ośrodkami zachodnimi.

żej, już w latach pięćdziesiątych, ale jej skala była stosunkowo niewielka¹⁶. Dopiero znaczny rozwój techniki komór pęcherzykowych bardzo przyspieszył tworzenie dużych współprac międzynarodowych. Początkowo grupy komorowe z Krakowa i Warszawy miały swą własną tematykę badawczą, wkrótce jednak stały się częścią wielkiego systemu międzynarodowego. We wrześniu 1964 r. ukazała się pierwsza praca na temat produkcji cząstek dziwnych w zderzeniach π^+p przy pędzie 8 GeV/c; w nagłówku jej widniała: Współpraca CERN-Warszawa. Wkrótce dołączył się Kraków, potem Aachen (Akewizgran) i Berlin (Zeuthen). Tak powstała znana Współpraca ABCCW, przekształcona potem we Współpracę ABBCCHW po dołączeniu się grup z Bonn i Heidelbergu. Organizatorem tej współpracy i jej rzecznikiem (ang. spokesman) był pracujący w CERN-ie Szkot Douglas R.O. Morrison.

Aż do początku lat osiemdziesiątych ta współpraca, zwana także „morrisonowską”, była jednym z najbardziej znanych zespołów w dziedzinie badań oddziaływań hadronów przy energiach uzyskiwanych w akceleratorach CERN-u. Skład współpracy ulegał zmianom, przez długi czas uczestniczyły w niej także Londyn (Imperial College) i Wiedeń, ale Kraków i Warszawa należały do stałych członków. W kilkudziesięciu opublikowanych raportach tej współpracy zbadano systematycznie wszystkie aspekty oddziaływań silnych dostępne badaniu tą techniką. Wyniki doświadczalne uzyskane przy znaczącym udziale fizyków z Krakowa i Warszawy są cytowane do dziś.

Włączenie się polskich grup komorowych do szerokiej współpracy międzynarodowej wymagało rozwinięcia techniki obliczeniowej. Pomiarы zdarzeń zarejestrowanych w emulsjach można było wykonywać ręcznie pozostawiając inwencję operatorowi. Podobnie było w pierwszym stadium naszych prac komorowych, gdy pomiary dotyczyły niewielu oddziaływań. Lecz zwiększenie szybkości pomiarów i liczby analizowanych zdarzeń wymagało użycia komputerów zdolnych do wspomagania operatora lub nawet kierowania jego czynnościami. W laboratoriach zagranicznych instalowane były maszyny wielodostępne i zdolne do przerywania wykonywanego programu z chwilą pojawienia się informacji z urządzeń pomiarowych „na linii”; ta informacja była na bieżąco analizowana, a ewentualne błędy operatora były mu natychmiast sygnalizowane.

Wtedy to właśnie w Instytucie Fizyki Doświadczalnej UW zrodziła się szalona inicjatywa budowy własnego komputera. Oto co później pisał na ten temat Lech Michejda [105]: „W roku 1965 nie było możliwości zakupienia dla Insty-

¹⁶ Warto jednak odnotować, że już w końcu lat pięćdziesiątych Uniwersytet Chicagowski zorganizował największe naświetlenie stratosferyczne dużego bloku emulsji jądrowych, który został następnie podzielony w celu analizy między 33 laboratoria z 15 krajów. Zwykle jednak współprace grup emulsyjnych były mniejsze.

tutu Fizyki maszyny spełniającej takie wymagania. Nie spełniały ich maszyny produkowane wówczas w Polsce. W takiej sytuacji...profesor Jerzy Pniewski spotkał się ze strony konstruktora-elektronika, inżyniera Jacka Karpińskiego, z propozycją zbudowania potrzebnej maszyny...Po uzyskaniu akceptacji profesora Pniewskiego, przy poparciu profesora M. Danysza i kierownika grupy komór doc. R. Sosnowskiego, dobrał on sobie zespół dwunastu bardzo młodych ludzi, inżynierów elektroników, techników, programistów i rozpoczął pracę nad budową maszyny dla Instytutu Fizyki.

W ciągu czterech lat budowano maszynę wyęzoną pracą w kilku niedużych pokojach, korzystając z ograniczonych możliwości zaopatrzeniowych i bardzo skromnej aparatury laboratoryjnej, częściowo zbudowanej samodzielnie, a częściowo pożyczonej. Trzeba było opracować »technikę cyfrową«, schematy logiczne – zespalające w jedną całość około 12 000 tranzystorów, 60 000 diod i setki tysięcy innych elementów, opracować technologię szeregu elementów konstrukcyjnych, na przykład łączówek do obwodów drukowanych, a także opracować odpowiednie metody starzenia i selekcji elementów, co było szczególnie ważne ze względu na decyzję stosowania elementów półprzewodnikowych produkcji polskiej. W roku 1968 zasadnicze prace przy budowie maszyny zakończono. Nazwano ją KAR-65...”

Komputer KAR-65 służył warszawskiej grupie komorowej przez kilkanaście lat. Maszyna pracowała z szybkością ok. 100 000 operacji na sekundę i operowała słowami o długości 26 bitów. Jej podstawowym zadaniem było sterowanie pracą operatora przy urządzeniach pomiarowych, ale dzięki wielodostępności umożliwia także wykonywanie zwykłych obliczeń. Obecnie ten zabytek polskiej myśli technicznej można oglądać w Muzeum Techniki w Warszawie, gdzie został przekazany po niemal dwudziestoletniej pracy.

Zarówno w Krakowie jak w Warszawie kontynuowały działalność grupy emulsyjne. W Krakowie studiowano oddziaływania promieni kosmicznych, a potem także oddziaływania w emulsji cząstek przyspieszonych w akceleratorach. Wiodącą ideą było testowanie modelu dwucentrowego („fire-balls”). W Warszawie kontynuowano badanie hiperjąderek w ramach Europejskiej Współpracy K⁻. W obu laboratoriach zaczęto jednak również eksperymentowanie bardziej aktywne.

W drugiej połowie lat sześćdziesiątych Jerzy Pniewski zorganizował w Warszawie zespół, z którym zajął się poszukiwaniem stanów wzbudzonych hiperjąderek. Szczególnie ważną rolę w tym zespole odegrali Henryk i Jadwiga Piekarczowie. Zbudowano w Warszawie odpowiednią aparaturę detekcyjną i w końcu 1968 r. podjęto eksperyment w ZIBJ w Dubnej. Eksperyment ten nie przyniósł oczekiwanego sukcesu ze względu na zbyt małe natężenie wiązki w przestarzałym akceleratorze. Druga próba, podjęta we współpracy z grupą fizyków z Heidel-



Marian Danysz (z lewej) i Jerzy Pniewski (z prawej) przy komputerze KAR-65 skonstruowanym przez Jacka Karpińskiego (w środku)

bergu, przy użyciu znacznie lepszej wiązki w CERN-ie, doprowadziła już w 1970 r. do identyfikacji niektórych linii hiperjądrowych. Eksperyment był jeszcze kontynuowany przez następne pięć lat we współpracy z grupą fizyków z Lyonu i zakończył się wielkim sukcesem. Był to początek spektroskopii hiperjądrowej, rozwijającej się do dziś, choć już bez udziału Polaków [26].

Obok znaczącego wyniku fizycznego uzyskano dowód, że nasi fizycy wysokich energii nie są skazani wyłącznie na analizę emulsji czy zdjęć z komór, lecz są zdolni do budowy skomplikowanej aparatury detekcyjnej, którą można następnie z powodzeniem wykorzystywać do eksperymentowania „na wiązce” przy wielkich akceleratorach.

W Krakowie Krzysztof Rybicki, który przedtem zajmował się badaniem zdarzeń zarejestrowanych w emulsjach, rozpoczął tworzenie zespołu do budowy komór do detekcji cząstek. Budowane w Krakowie przy wielkim wkładzie Michała Turały komory iskrowe, a potem dryfowe i proporcjonalne zostały następnie wykorzystane do eksperymentów prowadzonych w CERN-ie, zwłaszcza w znanej Współpracy ACCMOR (Amsterdam – CERN – Cracow – Munich – Oxford –

Rutherford).¹⁷

W Łodzi, po wyjeździe do Francji Aleksandra Zawadzkiego¹⁸, kontynuowano badania promieniowania kosmicznego pod kierunkiem Jerzego Wdowczyka. Najważniejszym wynikiem uzyskanym w latach siedemdziesiątych było stwierdzenie szybkiego rozwoju wielkich pęków w atmosferze, którego nie dało się wyjaśnić obecnością w promieniowaniu pierwotnym ciężkich jąder.

Nie ma tu miejsca na bardziej szczegółowe omawianie wszystkich eksperymentów, w których brali udział polscy fizycy wysokich energii, ani też na wymienianie wszystkich osiągniętych wyników. O zakresie prowadzonych prac może świadczyć załączone zestawienie tych badań, w których grupy z Krakowa i Warszawy występowały jako części międzynarodowych współprac. Warto podkreślić, że najściślejsze związki łączyły nas zawsze z CERN-em, o czym świadczy liczba eksperymentów w tym zestawieniu; wykorzystywane były jednak także możliwości akceleratorów w ZSRR i USA. Wiele wyników uzyskanych przy znaczącym udziale polskich fizyków stanowi trwały wkład do fizyki wysokich energii i po dziesięciu, dwudziestu czy więcej latach są one nadal cytowane.

W 1968 r. Oleg Czyżewski został jako pierwszy Polak zaproszony do wygłoszenia przeglądowego referatu „raporterskiego” na konferencji w Wiedniu, kolejnej z serii tzw. konferencji „rochesterskich”, najbardziej prestiżowych w naszej dziedzinie. Następnie referaty raporterskie na konferencjach z tej serii wygłaszali: autor tego artykułu (Kijów, 1970), Kacper Zalewski (Londyn, 1974) i Ryszard Sosnowski (Tokio, 1978). Referatów wygłaszanych na zaproszenie na mniejszych konferencjach było bardzo wiele.

Pomyślnie przebiegał też rozwój teoretycznej fizyki wysokich energii w Polsce. Rósł szczególnie potencjał grup w Instytucie Fizyki UJ i w Instytucie Fizyki Jądrowej oraz w Instytucie Fizyki Teoretycznej UW i w Instytucie Badań Jądrowych w Warszawie. Pojawiły się młode talenty, zwłaszcza Andrzej Białas i Kacper Zalewski w Krakowie i Stefan Pokorski w Warszawie (dziś już członkowie Polskiej Akademii Nauk).

Teoretycy są w sytuacji pod pewnym względem trudniejszej niż eksperymentatorzy. Gdy eksperymentator wykona jakiś pomiar ważnej wielkości fizycznej, to jego praca ma szansę cytowania w literaturze przedmiotu przez lata. Teoretycy badają wiele modeli, z których tylko nieliczne wytrzymują próbę doświadczenia.

¹⁷ Od Współpracy tej odłączył się w 1979 r. Oxford, a przyłączył się Bristol (kilka lat później także Valencia), ale skrót ACCMOR utrzymano.

¹⁸ Zawadzki wyjechał do Paryża we wrześniu 1968 r. w związku z chorobą przebywającą tam siostry. Pozostał we Francji już na stałe utrzymując jednak ściśle kontakty z fizykami łódzkimi.

Często zdarza się, że pojawienie się nowego wyniku doświadczalnego (zwłaszcza nieoczekiwanego) wywołuje lawinę prac teoretycznych, z których większość zostaje szybko odrzucona i zapomniana, chociaż bywa chwilowo licznie cytowana. Dlatego też zdarza się względnie rzadziej niż w wypadku doświadczenia, że prace teoretyczne są cytowane po upływie długiego okresu.

Lista eksperymentów, w których uczestniczyły grupy fizyków polskich do początku lat 1980-ych. W spisie nie wymieniono Europejskiej Współpracy K^- , o której była obszerniej mowa w tekście, a także eksperymentów z naświetlaniem emulsji przez grupę krakowską protonami o energii 20 GeV w AGS (Brookhaven) i protonami o energii 200 GeV w FNAL. Fizycy krakowscy przeprowadzali też licznikowe badania promieni kosmicznych na Mt. Aragac na Kaukazie.

 Rodzaj eksperymentu

 Oficjalna nazwa współpracy

CERN

5 GeV/c π^- He	Clermont-Ferrand – Lyon – Uppsala – Warsaw
8 GeV/c π^+ p	Aachen – Berlin – CERN – Cracow – Warsaw
16 GeV/c π^+ p	Aachen – Berlin – Bonn – CERN – Cracow – Heidelberg – Warsaw
16 GeV/c π^- p	Aachen – Berlin – Bonn – CERN – Cracow – Heidelberg – Warsaw
21 GeV/c π^- d	Cambridge – Cracow – Warsaw
110 GeV/c K^- p	Aachen – Berlin – CERN – Cracow – London – Vienna – Warsaw
63, 93 GeV/c π, K	Amsterdam – CERN – Cracow – Munich – Oxford – Rutherford (WA 3)
100 GeV/c π	Amsterdam – CERN – Cracow – Munich – Oxford – Rutherford (NA 11)
150, 300 GeV π^- , p A^a	Bari – Cracow – Liverpool – Munich – Nijmegen
200 GeV p, \bar{p} A^a	Bari – Cracow – Liverpool – Munich – Nijmegen
γN	Athens – CERN – London – Orsay – Paris (E. P.) – Collège de France – Saclay – Southampton – Strasbourg – Warsaw (NA 14)
ISR 416 (SFM)	Annecy – CERN – Collège de France – Heidelberg – Karlsruhe – Warsaw
ISR 418 (SFM)	Ames – Bologna – CERN – Dortmund – Heidelberg – Berkeley – Lund – Warsaw
ISR 419 (SFM)	CERN – Heidelberg – Warsaw
ISR 420 (SFM)	Ames – Bologna – CERN – Heidelberg – Warsaw
ISR 101	Bombay – Bucharest – Cracow
νN	CERN – Dortmund – Heidelberg – Saclay – Warsaw

Dubna

3.3 GeV/c dp	Dubna – Warsaw
3–9 GeV/c πX_e	Dubna – Warsaw
4.2 GeV/c/N A^a	Alma-Ata – Baku – Belgrade – Bucharest – Cracow – Dubna – Moscow – Prague – Sofia – Tashkent – Tbilisi – Ulan-Bator – Varna – Warsaw – Yerevan
4.5 GeV/c/N A^a	Alma-Ata – Dubna – Moscow – Tbilisi – Warsaw
Kilka GeV/c/N He	Dubna – Leningrad – Moscow

IHEP Serpukhov

40 GeV/c $\pi^- N$	Bucharest – Budapest – Cracow – Dubna – Hanoi – Serpukhov – Sofia – Tashkent – Tbilisi – Ulan-Bator – Warsaw
40 GeV/c π^-, K^-	Berlin – Budapest – Dubna – Prague – Sofia – Tbilisi – Warsaw (RISK)
40 GeV/c $\pi^- A$	Bologna – Dubna – Milano – Moscow – Warsaw
60 GeV/c $\pi^- N$	Alma-Ata – Budapest – Cracow – Dubna – Moscow – Sofia – Tashkent
67 GeV/c pN	Alma-Ata – Cracow – Dubna – Leningrad – Moscow – Tashkent – Ulan-Bator

FNAL

100 GeV/c $\pi, K A^a$	Bari – Brown – FNAL – MIT – Warsaw
205, 360 GeV/c $\pi^- d$	Cracow – Davis – Seattle – Warsaw
150 GeV/c μN	Cornell – Cracow – East Lansing – FNAL – Seattle

Promienie kosmiczne

Pamir	Alma-Ata – Dushanbe – Łódź – Moscow – Tbilisi – Tashkent
JACEE	Baton Rouge – Cracow – Huntsville – Kobe – Osaka – Seattle – Tokyo

^aA – różne tarcze jądrowe

Dobrą wskazówką świadczącą o wysokiej pozycji polskich teoretyków w fizyce wysokich energii może więc być fakt, że wiele ich prac wytrzymało próbę czasu. Autor tego artykułu zastosował niezwykle ostre i wymagające kryterium w celu wyselekcjonowania takich prac. Miały to być prace, które zostały zacytowane w monografiach książkowych po upływie co najmniej 10 lat od daty publikacji. Po przejrzaniu 62 monografii opublikowanych w latach 1967–92 [108] okazało się, że tak ostro zdefiniowaną próbę czasu wytrzymały następujące prace (po myślniku podany jest czas (liczba lat) od publikacji do ostatnich cytowań)¹⁹:

- J. Rayski, *Acta Phys. Polon.* **9**, 129 (1948) — 40,
 J. Rayski, *Phys. Rev.* **75**, 1961 (1949) — 38, 39,
 R. Jost, J. Rayski, *Helvetica Phys. Acta* **22**, 457 (1949) — 20,
 J. Blaton, *Konlg. Danske Viden. Selskab Math.-Fysika* **24**, 6 (1950) — 36,

¹⁹ Spośród polskich autorów wymienionych prac nie żyje już Jan Blaton (1907–49), który zginął tragicznie w Tatrach; zajmował się on głównie magnetyzmem i optyką, ale jego praca o dynamice zderzeń dotyczy także fizyki jądrowej i fizyki wysokich energii. Krakowski teoretyk Wojciech Furmański, przebywający teraz na stałe w USA, niestety odszedł od fizyki wysokich energii. Barbara Gorczyca wyjechała za granicę, Adam Guła porzucił fizykę wysokich energii. Natomiast Andrzej Białas, Elżbieta Białas, Wiesław Czyż, Andrzej Kotański, Jan Kwieciński, Bogdan Muryn, Jerzy Rayski i Kacper Zalewski w Krakowie, Aleksander Bartnik, Iwo Białynicki-Birula, Leszek Łukaszuk, Stefan Pokorski, Ryszard Rączka, Kazimierz Rzążewski i Grzegorz Wilk w Warszawie, Jan Łopuszański we Wrocławiu nadal aktywnie działają, choć nie wszyscy są jednakowo silnie związani z fizyką wysokich energii i cząstek elementarnych.

- W. Czyż, G.C. Sheppey, J.D. Walecka, *Nuovo Cim.* **34**, 404 (1964) — 10,
 A. Białas, B.E.Y. Svensson, *Nuovo Cim.* **42**, 908 (1964) — 11,
 A. Barut, R. Rączka, *Proc. Roy. Soc.* **A287**, 519 (1965) — 22,
 L. Łukaszuk, A. Martin, *Nuovo Cim.* **52A**, 122 (1967) — 23,
 A. Białas, A. Guła, B. Muryn, *Acta Phys. Polon.* **32**, 443 (1967) — 19,
 A. Kotański, K. Zalewski, *Nucl. Phys.* **B4**, 559 (1968) — 18,
 A. Białas, K. Zalewski, *Nucl. Phys.* **B6**, 449, 465, 478 (1968) — 18,
 C.B. Chiu, A. Kotański, *Nucl. Phys.* **B7**, 615; **B8**, 553 (1968) — 10,
 B. Gorczyca, *Acta Phys. Polon.* **33**, 471 (1968) — 18,
 J. Kwieciński, *Lett. Nuovo Cim.* **3**, 619 (1972) — 15,
 S. Pokorski, R.O. Raitio, G.H. Thomas, *Nuovo Cim.* **7A**, 828 (1972) — 15,
 L. Łukaszuk, B. Nicolescu, *Lett. Nuovo Cim.* **8**, 405 (1973) — 17,
 A. Białas, E. Białas, *Acta Phys. Polon.* **B5**, 373 (1974) — 15,
 S. Pokorski, L. Van Hove, *Acta Phys. Polon.* **B5**, 229 (1974) — 15,
 S. Pokorski, L. Van Hove, *Nucl. Phys.* **B86**, 243 (1975) — 10, 11,
 S. Sohlo, G. Wilk, *Lett. Nuovo Cim.* **13**, 375 (1975) — 14,
 I. Białynicki-Birula, *Acta Phys. Austr. Suppl.* **XVIII**, 111 (1977) — 14,
 E.A. Bartnik, K. Rzążewski, *Phys. Rev.* **D18**, 4308 (1978) — 11,
 W. Furmański, W. Petronzio, S. Pokorski, *Nucl. Phys.* **B155**, 253 (1979) — 10, 11, 11,
 A. Białas, E. Białas, *Phys. Rev.* **D20**, 2854 (1979) — 10,
 B. Curci, W. Furmański, R. Petronzio, *Nucl. Phys.* **B175**, 27 (1980) — 10,
 C. Michael, G. Wilk, *Z. Phys.* **C10**, 169 (1981) — 10.

Charakterystyka fizyki wysokich energii w Polsce w tym okresie byłaby niepełna gdyby nie wspomnieć o organizacji w Polsce dużych imprez międzynarodowych. W 1961 r. fizycy krakowscy rozpoczęli organizację corocznej letniej szkoły teoretycznej w Zakopanem. Od 1977 r. organizowane są przez fizyków warszawskich doroczne międzynarodowe konferencje fizyki wysokich energii w Kazimierzu nad Wisłą. Obie imprezy zdobyły już sobie wysoką opinię w świecie. Ponadto fizycy polscy byli współorganizatorami pierwszej konferencji na temat oddziaływań z produkcją wielu cząstek, jaka odbyła się w Paryżu w 1970 r., a następnie zorganizowali trzecią konferencję, w Zakopanem w 1972 r., i do dziś biorą bardzo aktywny udział w ustalaniu programu dorocznych konferencji z tej serii.

Warto też dodać, że w 1979 r. zorganizowano w Jabłonie pod Warszawą Międzynarodową Konferencję Fizyki Hiperjader i Kaonów Niskich Energii. Była to siódma kolejna konferencja międzynarodowa poświęcona fizyce hiperjader, zainicjowanej przez Danysza i Pniewskiego.

W 1971 r. Grzegorz Białkowski²⁰ i Ryszard Sosnowski wydali pierwszy polski podręcznik akademicki z fizyki wysokich energii. Współpraca teoretyka i eksperymentatora przyniosła stojące na wysokim poziomie, niemal 700-stronicowe dzieło

²⁰ Grzegorz Białkowski (1932 – 89), późniejszy rektor Uniwersytetu Warszawskiego, był początkowo bardzo aktywnym badaczem teorii związków dyspersyjnych i modeli oddziaływań cząstek przy bardzo wysokich energiach [20]. Potem jednak aktywność jego w tej dziedzinie słabła w miarę zaabsorbowania sprawami dydaktyki fizyki (opracowywanie podręczników szkolnych) i spełniania ważnych obowiązków administracyjnych. Jako rektor UW w trudnym politycznie okresie położył wielkie zasługi dla uczelni.

[106], które niestety zostało już częściowo zdezaktualizowane wskutek nadzwyczaj szybkiego rozwoju tej dziedziny. Natomiast w 1965 r. Ewa Skrzypczak wydała pierwszą w Polsce książkę popularnonaukową z tej dziedziny [107].



Po lewej Oleg Czyżewski (1930–1971), po prawej Lech Michejda (1935–1971)

Trzeba także wspomnieć o wielkich stratach, jakie fizyka wysokich energii w Polsce poniosła latem 1971 r. Najpierw, 8 sierpnia zginął tragicznie Lech Michejda (utonięcie), a po miesiącu, 9 września, zmarł nagle na serce Oleg Czyżewski, przebywający wówczas w CERN-ie w Genewie. Obaj byli niezwykle utalentowanymi fizykami i odeszli w okresie rosnącej aktywności intelektualnej. Michejda miał zaledwie 36 lat, a Czyżewski tylko 41. Ich dorobek został obszernie przedstawiony w artykułach wspomnieniowych [18,19]. Tu dodamy tylko, że wyrazem hołdu środowiska dla Lecha Michejdy i Olega Czyżewskiego było poświęcenie ich pamięci III Międzynarodowej Konferencji Reakcji Wielociałowych, która odbyła się w Zakopanem w czerwcu 1972 r.

7. Uwagi końcowe

Na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych nastąpiły w fizyce doświadczalnej wysokich energii w Polsce dwie zasadnicze zmiany.

Po pierwsze, tematyka badań, obejmująca w poprzednim okresie oddziaływania silne, została rozszerzona na oddziaływania słabe i elektromagnetyczne. I tak, grupa fizyków warszawskich (Adam Para, Halina Abramowicz, Jan Królikowski) rozpoczęła działalność we Współpracy CDHS (CERN – Dortmund – Heidelberg – Saclay), w której badano oddziaływania neutrin z materią. Dzięki ich wkładowi Współpraca ta zmieniła wkrótce nazwę na CDHSW, gdzie ostatnia litera oznaczała Warszawę. Druga grupa fizyków z Warszawy (Jan Nassalski, a potem Barbara Badełek, Jacek Ciborowski, Ewa Rondio) weszła do Europejskiej Współpracy Mionowej (EMC – skrót od European Muon Collaboration), w której badano zderzenia mionów z nukleonami; wkrótce dołączyli tam także Piotr Malecki i Jan Figiel z Krakowa. Inni fizycy, z Krakowa (Bogdan Niczyporuk, Andrzej Eskreys), a potem także z Warszawy (Roman Nowak, Roman Walczak) rozpoczęli pracę w DESY, gdzie przedmiotem badań były zderzenia wiązek przeciwbieżnych e^+e^- (eksperymenty LENA i TASSO). Dziś badanie oddziaływań słabych i elektromagnetycznych jest tematyką dominującą wśród polskich eksperymentatorów.

Po drugie, zespoły eksperymentalne w Krakowie i Warszawie były już dobrze przygotowane, aby przy udziale inżynierów i techników wykonywać w naszych pracowniach aparaturę detekcyjną do wielkich eksperymentów nowej generacji, jakie zaczęto przygotowywać w latach osiemdziesiątych. I znów, konstrukcja części wielkich detektorów DELPHI przy akceleratorze LEP w CERN-ie oraz ZEUS i H1 przy akceleratorze HERA w DESY w Hamburgu, stała się głównym wysiłkiem grup doświadczalnych w Krakowie i Warszawie.

Tak więc, fizyka wysokich energii w Polsce weszła w swe drugie pięćdziesięciolecie zupełnie odmieniona, co wróży jej dalszą wielką żywotność.²¹

²¹ Chcę wyrazić podziękowanie profesorowi Krzysztofowi Rybickiemu z Instytutu Fizyki Jądrowej w Krakowie, pani profesor Cecylii Wesołowskiej z Politechniki Wrocławskiej, profesorowi Jerzemu Wdowczykowi z Uniwersytetu Łódzkiego, panu dyrektorowi Jerzemu Jasiukowi z Muzeum Techniki w Warszawie i pani Wandzie Głazek z Polskiego Towarzystwa Fizycznego za pomoc w zdobyciu archiwalnych zdjęć i materiałów, które wykorzystałem w tym opracowaniu. Profesorowi Januszowi Zakrzewskiemu z Instytutu Fizyki Doświadczalnej UW dziękuję za cenne uwagi dotyczące tekstu.

Literatura

- [1] T. Piech, *Zarys historii fizyki w Polsce*, PAU, Kraków 1948.
- [2] *Studia poświęcone Marii Skłodowskiej-Curie i Marianowi Smoluchowskiemu*, red. A. Teske, Ossolineum, Wrocław-Warszawa-Kraków 1968.
- [3] I. Stroński, *Szkic historyczny polskich badań z zakresu nukleoniki w latach 1896–1939/45*, w: [2], str. 86.
- [4] B. Średniawa, *Szkic historii fizyki polskiej w okresie międzywojennym 1918–1939*, w: [2], str. 133.
- [5] J. Hurwic, „Pracownia Radiologiczna im. Mirosława Kernbauma przy Towarzystwie Naukowym Warszawskim. W 40 rocznicę śmierci Ludwika Wertensteina”, *Postępy Fizyki* **37**, 151 (1986).
- [6] J. Szpecht, *Wśród fizyków polskich*, Państwowe Wydawnictwo Książek Szkolnych we Lwowie 1939.
- [7] A. Teske, „Stanisław Ziemecki (1881–1956)”, *Postępy Fizyki* **7**, 123 (1956).
- [8] J. Hurwic, „Czesław Białobrzegi (1878–1953)”, *Postępy Fizyki* **38**, 225 (1987).
- [9] J.M. Massalski, „Leopold Jurkiewicz (1906–1966)”, *Postępy Fizyki* **17**, 233 (1966).
- [10] M. Suffczyński, „Mieczysław Wolfke (w 25 rocznicę śmierci)”, *Postępy Fizyki* **23**, 599 (1972).
- [11] K. Wolfke, „Wspomnienie o Ojcu, Mieczysławie Wolfke”, *Postępy Fizyki* **31**, 551 (1980).
- [12] H. Cofta, „Szczepan Szczeniowski (1897–1979)”, *Postępy Fizyki* **31**, 253 (1980).
- [13] M. Mięśowicz, „Jan Wesołowski (1902–1982)”, *Postępy Fizyki* **34**, 207 (1983).
- [14] J.A. Janik, „Jerzy Gierula (1917–1975)”, *Postępy Fizyki* **26**, 565 (1975).
- [15] J.A. Zakrzewski, „Wspomnienie o Marianie Danysz”, *Postępy Fizyki* **38**, 59 (1987).
- [16] J.A. Zakrzewski, „Wspomnienie o Jerzym Pniewskim”, *Kwart. Hist. Nauki i Techn.* **35**, (2) 103 (1991).
- [17] J.A. Zakrzewski, „Wspomnienie o Jerzym Pniewskim”, *Postępy Fizyki* **43**, 279 (1992).
- [18] M. Mięśowicz, „Oleg Czyżewski (1930–1971)”, *Postępy Fizyki* **23**, 3 (1972).
- [19] „Wspomnienie o Lechu Tadeuszu Michejdzie w pierwszą rocznicę śmierci”, *Postępy Fizyki* **23**, 605 (1972).
- [20] S. Pokorski, „Wspomnienie o Grzegorzku Białkowskim”, *Postępy Fizyki* **43**, 287 (1992).
- [21] A. Oleś, „Marian Mięśowicz – członek honorowy PTF”, *Postępy Fizyki* **39**, 141 (1988).
- [22] „Rozmowa z profesorem Ignacym Adamczewskim”, *Postępy Fizyki* **39**, 543 (1988).
- [23] „Rozmowa z profesorem Marianem Mięśowiczem”, *Postępy Fizyki* **35**, 47 (1984).
- [24] „Rozmowa z profesorem Szczepanem Szczeniowskim”, *Postępy Fizyki* **35**, 405 (1984).
- [25] „Rozmowa z profesorem Janem Wesołowskim”, *Postępy Fizyki* **34**, 499 (1983).
- [26] J. Pniewski, „Wspomnienia autobiograficzne”, *Kwart. Hist. Nauki i Techn.* **33**, (2) 257 (1988).
- [27] *Energia jądrowa w Polsce w latach 1955–1960*, red. J. Hurwic, PWN, Warszawa 1963.
- [28] *Energia jądrowa w Polsce w latach 1961–1963*, red. J. Hurwic, PWN, Warszawa 1966.
- [29] M. Danysz, M. Mięśowicz, „Fizyka promieni kosmicznych i cząstek elementarnych”, w: [27], str. 81.
- [30] J. Werle, „Teoria jądra atomowego i cząstek elementarnych”, w: [27], str. 91.
- [31] M. Mięśowicz, „Oddziaływania jądrowe najwyższych energii”, w: [28], str. 69.
- [32] A. Wróblewski, J. Zakrzewski, „Oddziaływania jądrowe w zakresie wysokich energii akceleratorowych”, w: [28], str. 79.

- [33] J. Werle, „Teoria cząstek elementarnych”, w: [28], str. 99.
- [34] M. Mięśowicz, „Stan badań doświadczalnych nad fizyką cząstek elementarnych i oddziaływań jądrowych wysokich energii w Polsce”, *Postępy Fizyki* **15**, 367 (1964).
- [35] J. Rayski, „Reportaż z międzynarodowego zjazdu fizyków w Krakowie”, *Problemy* **3**, nr 10-11, 554 (1947).
- [36] M. Mięśowicz, „Wspomnienie o I Międzynarodowej Konferencji Promieni Kosmicznych w Krakowie (1947)”, *Postępy Fizyki* **29**, 513 (1978).
- [37] *Wykaz prac z działu nauk matematyczno-przyrodniczych wykonanych w Polsce w okresie okupacji niemieckiej w latach 1939–1945*, PAU, Kraków 1947.
- [38] „Oryginalne prace naukowe fizyków polskich ogłoszone w latach 1945–1954”, *Postępy Fizyki* **6**, 12 (1955).
- [39] „Wykaz prac opublikowanych w latach 1955–1960”, w: [27], str. 255-320.
- [40] „Wykaz prac opublikowanych w latach 1961–1963”, w: [28], str. 441-584.
- [41] *Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Spis wykładów i skład osobowy w roku akademickim 1931/32*, Warszawa 1931, str. 21, 61.
- [42] K. Narkiewicz-Jodko, S. Ziemecki, „Cosmic Ray Observations on the Atlantic Ocean”, *Acta Phys. Polon.* **3**, 297 (1934).
- [43] S. Ziemecki, „Rock Salt Absorption of Cosmic Rays”, *Nature* **134**, 773 (1934).
- [44] S. Ziemecki, „Rock Salt Absorption of Cosmic Rays”, *Acta Phys. Polon.* **4**, 183 (1935).
- [45] C. Białobrzeski, I. Adamczewski, „Application des diélectriques liquides à l'étude des sauts d'ionisation provoqués par les rayons cosmiques”, *Bull. Acad. Polon.* **3-4**, 120 (1935).
- [46] C. Białobrzeski, I. Adamczewski, „Cosmic Ray Bursts in Liquid Dielectrics”, *Nature* **136**, 109 (1936).
- [47] S. Ziemecki, K. Narkiewicz-Jodko, „Variation of Cosmic Ray Intensity with Height in the Atmosphere”, *Nature* **137**, 944 (1936).
- [48] I. Adamczewski, „Number of Ions Produced in Dielectric Liquids by Cosmic Rays”, *Nature* **137**, 994 (1936).
- [49] S. Ziemecki, K. Narkiewicz-Jodko, „Continuous Variation of the Cosmic Ray Intensity in the Higher Layers of the Troposphere”, *Bull. Acad. Polon.* **7A**, 318 (1936).
- [50] C. Białobrzeski, „L'ionisation des diélectriques liquides par les rayons X. Application des diélectriques liquides à l'étude des rayons cosmiques”, *J. Phys. Radium* **7**, 326 (1936).
- [51] S. Ziemecki, „Use of Krypton-filled Ionisation Chambers for Cosmic Ray Measurements”, *Nature* **140**, 150 (1937).
- [52] S. Szczeniowski, S. Ziemecki, K. Narkiewicz-Jodko, „Ionisation by Cosmic Rays”, *Bull. Acad. Polon.* **6-7A**, 273 (1938).
- [53] S. Szczeniowski, S. Ziemecki, „Residual Currents and Deep Water Measurements of Cosmic Rays”, *Acta Phys. Polon.* **7**, 59 (1938).
- [54] S. Szczeniowski, S. Ziemecki, „Fluctuations of Residual Currents at Great Depths”, *Phys. Rev.* **54**, 233 (1938).
- [55] S. Szczeniowski, K. Narkiewicz-Jodko, S. Ziemecki, „Specific Ionization of Gases by Soft Cosmic Rays, Residual Currents and Deep Water Measurements”, *Nature* **142**, 208 (1938).
- [56] Z. Wasiutyńska, L. Wertenstein, „Search for Exchange Phenomena in Cosmic Rays”, *Nature* **142**, 475 (1938).
- [57] S. Szczeniowski, K. Narkiewicz-Jodko, S. Ziemecki, „Specific Ionisation Characterizing Cosmic Rays”, *Nature* **142**, 1010 (1938).

- [58] S. Ziemecki, „Ionization in the Troposphere”, *Nature* **143**, 979 (1939).
- [59] J. Clay, *Proc. Roy. Acad. Amsterdam* **30**, 1115 (1927).
- [60] B. Rossi, *Cosmic Rays*, McGraw-Hill, New York 1964; tłum. polskie A.K. Wróblewski: *Promieniowanie kosmiczne*, PWN, Warszawa 1968, str. 78-98.
- [61] A.H. Compton, *Phys. Rev.* **43**, 387 (1933).
- [62] V.F. Hess, *Phys. Zs.* **12**, 998 (1911); **13**, 1084 (1912).
- [63] E. Banaszczak, *Karuzela pod gwiazdami*, Iskry, Warszawa 1960.
- [64] M. Blau, H. Wambacher, *Nature* **140**, 585 (1937).
- [65] I. Adamczewski, *Mathesis Polska* **5-6**, 65 (1938).
- [66] I. Adamczewski, „Promienie kosmiczne rozbijają atomy”, *Problemy* **3**, nr 8-9, 472 (1947).
- [67] G. Hoffmann, *Ann. Phys.* **82**, 413 (1927).
- [68] Z. Burzyński, *Balonem przez kontynenty*, MON, Warszawa 1956, str. 161-169.
- [69] Z. Burzyński, „Polski stratostat z roku 1938”, *Technika lotnicza*, nr. 3, str. 81-85 (1953).
- [70] *Dzieje Uniwersytetu Warszawskiego 1915-1939*, red. A. Garlicki, PWN, Warszawa 1982, str. 251.
- [71] Z. i W.H. Paryscy, *Encyklopedia Tatrzańska*, Sport i Turystyka, Warszawa 1973, str. 329.
- [72] *Polska technika lotnicza do roku 1939*, tom 1: Źródła osiągnięć; red. A. Glass, IHNOT PAN, Warszawa 1992, str. 40.
- [73] I. Adamczewski, „Aparature for Simultaneous Measurements of ‘Showers’ and ‘Ionisation Bursts’ – Secondary Effects of Cosmic Rays”, w zbiorze [37], str. 145.
- [74] I. Adamczewski, „Explosions of Atomic Nuclei in Emulsion of Photographic Plates (Special Types) Effected by Cosmic Rays”, w zbiorze [37], str. 145.
- [75] M. Jeżewski, M. Mięśowicz, „Étude des compteurs de Geiger-Müller”, w zbiorze [37], str. 159.
- [76] M. Jeżewski, M. Mięśowicz, „Études des compteurs de Geiger-Müller”, *Annales Ac. Sci. Techn.* **7**, 41 (1946).
- [77] Program zjazdu dyskusyjnego fizyków w dniach 9-11 maja 1947, Archiwum PTF.
- [78] J. Wesołowski, *Postępy Fizyki* **1**, 160 (1950/51).
- [79] M. Mięśowicz, L. Jurkiewicz, J.M. Massalski, „On Some Low Ionizing Radiation Observed by Measurements of Cosmic Rays at Great Depths”, *Phys. Rev.* **77**, 380 (1950).
- [80] M. Mięśowicz, L. Jurkiewicz, J.M. Massalski, „On Some Photon Radiation Observed by Measurements of Cosmic Radiation at Great Depths”, *Acta Phys. Polon.* **10**, 69 (1950).
- [81] I. Adamczewski, „Metoda klisz fotograficznych w badaniach fizyki jądrowej i fizyki promieni kosmicznych”, *Postępy Fizyki* **1**, 210 (1950/51), **2**, 6 (1951).
- [82] S. Bernasik, *Postępy Fizyki* **1**, 160 (1949/50).
- [83] I. Adamczewski, S. Bernasik, *Postępy Fizyki* **2**, 168 (1951).
- [84] Z. Sobczyński, *Postępy Fizyki* **2**, 168 (1951).
- [85] A. Zawadzki, *Postępy Fizyki* **2**, 165 (1951).
- [86] M. Danysz, W.O. Lock, G. Yekutieli, „The Possibility of Establishing the Existence of Neutral Particles of Very Short Lifetime”, *Bristol Conf. Report* 1951, str. 30.
- [87] M. Danysz, W.O. Lock, G. Yekutieli, „Evidence for the Existence of Neutral Particles of Very Short Lifetime”, *Nature* **169**, 364 (1952).
- [88] M. Danysz, „Prace bieżące w H.H. Wills Physical Laboratory w Bristolu”, *Materiały z konferencji fizyków w Spale*, PWN, Warszawa 1974, str. 137.
- [89] G. Goldhaber, S. Goldhaber, W. Lee, A. Pais, *Phys. Rev.* **120**, 300 (1960).

- [90] M. Danysz, J. Pniewski, „Delayed Disintegration of a Heavy Nuclear Fragment”, *Philos. Mag.* **44**, 348 (1953).
- [91] M. Danysz, J. Pniewski, „Delayed Disintegration of a Heavy Fragment Emitted in Nuclear Explosion”, *Bull. Acad. Pol. Sci., Cl. III* **1**, 42 (1953).
- [92] M. Danysz, „Hyperfragments”, *Pisa Conference Report* 1955, str. 457 oraz *Nuovo Cimento Suppl.* **4**, 609 (1956).
- [93] A. Filipkowski, J. Gierula, P. Zieliński, „Survey of the Hyperfragment Experimental Data”, *Acta Phys. Polon.* **15**, 139 (1957).
- [94] A. Jurak, M. Mięśowicz, O. Stanisław, W. Wolter, „An Electron-Photon Shower of Very High Energy Recorded in Nuclear Emulsion”, *Pisa Conference 1955; Nuovo Cimento Suppl.* **4**, 908 (1956); *Bull. Acad. Pol. Sci., Cl. III* **3**, 369 (1955).
- [95] M. Mięśowicz, O. Stanisław, W. Wolter, „Investigation of an Electromagnetic Cascade of Very High Energy in the First Stage of the Development in Nuclear Emulsions”, *Nuovo Cimento* **5**, 513 (1957); *Bull. Acad. Pol. Sci., Cl. III* **4**, 811 (1956).
- [96] W. Wolter, M. Mięśowicz, „Ionization at the Origin of an Electron Pair of Very High Energy”, *Nuovo Cimento* **6**, 648 (1956).
- [97] P. Ciok, T. Coghen, J. Gierula, R. Hołyński, A. Jurak, M. Mięśowicz, T. Saniewska, O. Stanisław, J. Pernegr, „About High Energy Interactions in Nuclear Emulsions”, *Nuovo Cimento* **6**, 648 (1956).
- [98] S. Hayakawa, *Cosmic Ray Physics*, Wiley, New York-London-Sydney-Toronto 1969.
- [99] J. Bogdanowicz, M. Danysz, A. Filipkowski, E. Marquit, E. Skrzypczak, A. Wróblewski, J. Zakrzewski, „Determination of the Mass of the Λ Hyperon”, *Nuovo Cimento* **11**, 727 (1959).
- [100] J. Pniewski, M. Danysz, „A Note on the ${}^7_{\Lambda}$ He Hyperfragment”, *Phys. Lett.* **1**, 142 (1962).
- [101] M. Danysz, K. Garbowska, J. Pniewski, T. Pniewski, J. Zakrzewski, E.R. Fletcher, J. Lemonne, P. Renard, J. Sacton, D. O’Sullivan, T.P. Shah, A. Thompson, P. Allen, Sr., M. Heeran, A. Montwill, J.E. Allen, M.J. Beniston, D.H. Davis, D.A. Garbutt, V.A. Bull, R.C. Kumar, P.V. March, „The Identification of a Double Hyperfragment”, *Nucl. Phys.* **49**, 121 (1963).
- [102] J. Pniewski, „Początki fizyki hiperjader”, *Postępy Fizyki* **30**, 517 (1979).
- [103] J. Pniewski, „Identyfikacja hiperjader”, *Postępy Fizyki* **37**, 113 (1986).
- [104] A. Zawadzki, *Hodoskopowe wyznaczanie przebiegów koherentnych i niekoherentnych cząstek promieniowania kosmicznego*, ŁTN, Łódź 1954.
- [105] L. Michejda, „KAR 65”, *Polska*, nr 11 (195), 37 (1970).
- [106] G. Białkowski, R. Sosnowski, *Cząstki elementarne*, PWN, Warszawa 1971.
- [107] E. Skrzypczak, *Fizyka wielkich energii*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1965.
- [108] R.J. Eden, *High Energy Collisions of Elementary Particles*, Cambridge University Press, Cambridge 1967; P.D.B. Collins, E.J. Squires, *Regge Poles in Particle Physics*, Springer, Berlin 1968; D. Lurié, *Particles and Fields*, Interscience, New York 1968; D.B. Lichtenberg, *Unitary Symmetry and Elementary Particles*, Academic Press, New York 1970; N.F. Nelipa, *Vvedenie w teoriyu silnovzaimodeistviyushchikh elementarnykh chastits*, Atomizdat, Moskwa 1970; D. Horn, F. Zachariasen, *Hadron Physics at Very High Energies*, Benjamin, Reading 1973; E.D. Commins, *Weak Interactions*, McGraw-Hill, New York 1973; S.J. Lindenbaum, *Particle Interaction Physics at High Energies*, Clarendon Press, Oxford 1973; V. DeAlfaro, S. Fubini, G. Furlan, C. Rosetti, *Currents in Hadron Physics*, North Hol-

land, Amsterdam 1973; R.J. Blin-Stoyle, *Fundamental Interactions and the Nucleus*, North Holland, Amsterdam 1973; W.S. Murzin, L.I. Sarytcheva, *Mnozhestvennyye protsessy pri vysokikh energiakh*, Atomizdat, Moskwa 1974; S. Humble, *Introduction to Particle Production in Hadron Physics*, Academic Press, London 1974; M.L. Perl, *High Energy Hadron Physics*, Wiley, New York 1974; P.D.B. Collins, *An Introduction to Regge Theory and High Energy Physics*, Cambridge University Press, Cambridge 1977; D. Iagolnitzer, *The S Matrix*, North Holland, Amsterdam 1978; F.E. Close, *An Introduction to Quarks and Partons*, Academic Press, London 1979; B.H. Wiik, G. Wolf, *Electron-Positron Interaction*, Springer, Berlin 1979; L.D. Faddeev, A.A. Slavnov, *Gauge Fields – Introduction to Quantum Theory*, Benjamin/Cummings, Reading 1980; J. Leite Lopes, *Gauge Field Theories, An Introduction*, Pergamon Press, Oxford 1981; K. Huang, *Quarks, Leptons and Gauge Fields*, World Scientific, Singapore 1982; R. Rajamaran, *Solitons and Instantons*, North Holland, Amsterdam 1982; D. Flamm, F. Schöberl, *Introduction to the Quark Model of Elementary Particles*, Gordon and Breach, New York 1982; B.L. Joffe, L.N. Lipatov, W.A. Khoze, *Glubokoneuprugie protsessy*, Energoatomizdat, Moskwa 1983; E. Leader, E. Predazzi, *An Introduction to Gauge Theories and the "New Physics"*, Cambridge University Press, Cambridge 1983; Ch. Quigg, *Gauge Theories of the Strong, Weak and Electromagnetic Interactions*, Benjamin/Cummings, Reading 1983; F.J. Yndurain, *Quantum Chromodynamics*, Springer, Berlin 1983; W.S. Murzin, L.I. Sarytcheva, *Wzaimodeistvia adronov vysokikh energii*, Nauka, Moskwa 1983; F. Halzen, A.D. Martin, *Quarks and Leptons*, Wiley, New York 1984; P.D.B. Collins, A.D. Martin, *Hadron Interactions*, Hilger, Bristol 1984; Ta-Pei Cheng, Ling-Fong Li, *Gauge Theory of Elementary Particle Physics*, Clarendon Press, Oxford 1984; J.C. Collins, *Renormalization*, Cambridge University Press, Cambridge 1984; P. Becher, M. Böhm, H. Joos, *Gauge Theories of Strong and Electroweak Interactions*, Wiley, Chichester 1984; G.G. Ross, *Grand Unified Theories*, Benjamin/Cummings, Reading 1985; I.S. Hughes, *Elementary Particles* (2nd ed.), Cambridge University Press, Cambridge 1985; V.V. Anisovich, M.N. Kobrinsky, J. Nyiri, Yu.M. Shabelski, *Quark Model and High Energy Collisions*, World Scientific, Singapore 1985; P.H. Frampton, *Dual Resonance Models and Superstrings*, World Scientific, Singapore 1986; L. O’Raifeartaigh, *Group Structure of Gauge Theories*, Cambridge University Press, Cambridge 1986; O. Nachtmann, *Phänomene und Konzepte der Elementarteilchenphysik*, Vieweg, Braunschweig 1986; B. DeWit, J. Smith, *Field Theory in Particle Physics*, vol. 1, North Holland, Amsterdam 1986; K. Bethge, U.E. Schröder, *Elementarteilchen*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1986; R.N. Mohapatra, *Unification and Supersymmetry*, Springer, Berlin 1986; D.H. Perkins, *Introduction to High Energy Physics* (3rd ed.), Addison-Wesley, Reading 1987; G. Kane, *Modern Elementary Particle Physics*, Addison-Wesley, Reading 1987; D. Griffiths, *Introduction to Elementary Particles*, Wiley, New York 1987; T. Muta, *Foundations of Quantum Chromodynamics*, World Scientific, Singapore 1987; P.H. Frampton, *Gauge Field Theories*, Benjamin/Cummings, Menlo Park 1987; V.D. Barger, R.J.N. Phillips, *Collider Physics*, Addison-Wesley, Redwood City 1987; E.V. Shuryak, *The QCD Vacuum, Hadrons and the Superdense Matter*, World Scientific, Singapore 1988; W.G. Grishin, *Kvarki i gluony vo vzaimodeistvakh chastits vysokikh energii*, Energoatomizdat, Moskwa 1988; T. Ericson, W. Weise, *Pions and Nuclei*, Clarendon Press, Oxford 1988; L. Brink, M. Henneaux, *Principles of String Theory*, Plenum Press, New York 1988; U. Mosel, *Fields, Symmetries and Quarks*, McGraw-Hill, Hamburg 1989; S. Narison, *QCD Spectral Sum Rules*, World Scien-

tific, Singapore 1989; I.J.R. Aitchison, A.J.G. Hey, *Gauge Theories in Particle Physics*, Hilger, Bristol 1989; Yu.L. Dokshitzer, V.A. Khoze, A.H. Mueller, S.I. Troyan, *Basics of Perturbative QCD*, Editions Frontières, Gif-sur-Yvette 1991; S.P. Misra, *Introduction to Supersymmetry and Supergravity*, Wiley Eastern, New Delhi 1992; World Scientific Advanced Series on Directions in High Energy Physics, Vol. 1: *High Energy Electron-Positron Physics*, red. A. Ali, P. Söding, Singapore 1988; Vol. 2: *Hadronic Multiparticle Production*, red. P. Carruthers, Singapore 1988; Vol. 3: *CP Violation*, red. C. Jarlskog, Singapore 1989; Vol. 4: *Proton-Antiproton Collider Physics*, red. G. Altarelli, L. DiLella, Singapore 1989; Vol. 5: *Perturbative Quantum Chromodynamics*, red. A.H. Mueller, Singapore 1989; Vol. 6: *Quark-Gluon Plasma*, red. R.C. Hwa, Singapore 1990.

NOWOŚCI NAUKOWE

Czy uda się wytworzyć antywodór?*

Routes to antihydrogen

Abstract: The potential of antihydrogen as a test bench for answering fundamental questions of physics and recent progress in cooling, trapping, storing and manipulating charged and neutral particles, as well as in ultra-high precision laser spectroscopy, discussed on Antihydrogen Workshop held in Munich in July, 1992, are reviewed.

Antymateria jest znana fizyce od dość dawna, od czasu gdy P.A.M. Dirac, dla wyjaśnienia nieoczekiwanych rozwiązań relatywistycznego równania falowego dla elektronu, wysunął hipotezę istnienia cząstek o takiej samej masie jak elektron, ale o przeciwnym ładunku elektrycznym. Istnienie takiej cząstki, antyelektronu, stwierdzono doświadczalnie w 1932 r. i nazwano ją pozytonem. Antyproton odkryto wprawdzie dopiero ćwierć wieku później, ale od tego czasu zaobserwowano wiele dalszych antycząstek i dobrze poznano ich własności i oddziaływania. Współczesne akceleratory, w CERN-ie i Laboratorium Fermiego, umożliwiają uzyskanie tak intensywnych wiązek antyprotonów, że można mówić o ich „masowej produkcji” – odpowiednie urządzenia nazywa się wręcz „fabrykami antyprotonów”.

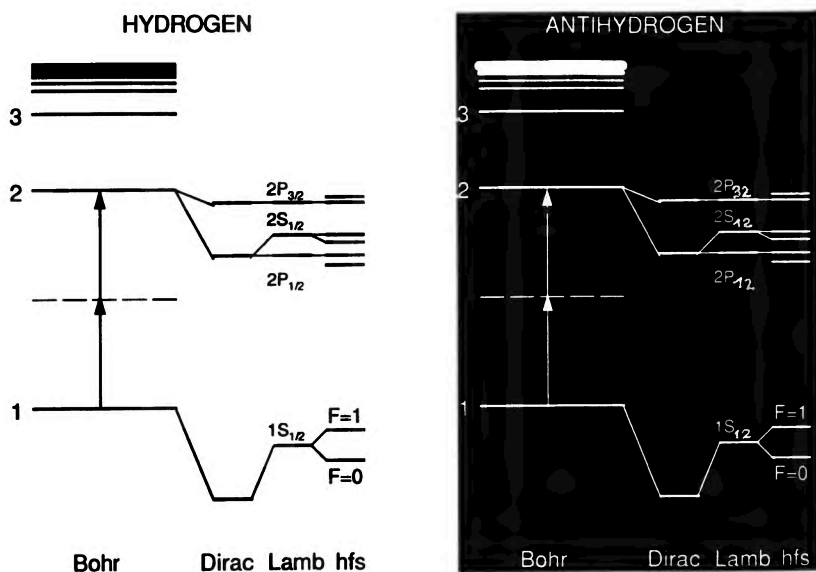
Nie udało się jednak dotychczas wytworzyć w laboratorium antyatomu, tzn. atomu zbudowanego wyłącznie z antycząstek. Najprostszym takim atomem byłby oczywiście antywodór, złożony z antyprotonu i pozytonu. Olbrzymi postęp dokonany ostatnio w dziedzinie chłodzenia, pułapkowania i magazynowania cząstek naładowanych i obojętnych oraz manipulowania nimi, a także w dziedzinie spek-

*Na podstawie notatki Johna Eadesa, która ukazała się w *CERN Courier* 32, Nr 8 (1992), opracował Mirosław Łukaszewski, Instytut Fizyki PAN, Warszawa.

troskopii laserowej o skrajnie dużej zdolności rozdzielczej, pozwala mieć nadzieję, że ten cel nie jest już bardzo odległy.

Perspektywy badań własności antywodoru oraz postęp prac prowadzących do jego wytworzenia były przedmiotem sympozjum zorganizowanego w Monachium przez T.W. Hänscha w lipcu 1992 r. W spotkaniu wzięło udział ok. 100 fizyków z całego świata reprezentujących szerokie widmo specjalności, od kosmologii przez fizykę atomową, jądrową i fizykę cząstek po spektroskopię laserową i technikę akceleratorów. Własności antywodoru są ciekawe dla tak wielu dziedzin fizyki, gdyż ich badania mogą dostarczyć odpowiedzi na pytania dotyczące podstaw fizyki.

Zgodnie z naszą dzisiejszą wiedzą, widmo wodoru i antywodoru powinno być takie samo (patrz dowcipny schemat poziomów energetycznych obu atomów). Ewentualne różnice własności spektroskopowych wodoru i antywodoru oznaczałyby naruszenie twierdzenia CPT (symetrii względem sprzężenia ładunkowego, parzystości i odwrócenia biegu czasu). Zmiana tych różnic w czasie świadczyłaby o anomalnych własnościach grawitacyjnych antymaterii, co tłumaczy znaczenie takich doświadczeń dla kosmologii.



Schemat poziomów energetycznych wodoru (z lewej) i antywodoru (z prawej), autorstwa R.J. Hughesa

Próby uzyskania atomów antywodoru są prowadzone na kilku drogach, z których najbardziej obiecująca wydaje się reakcja rekombinacji przy energii rzędu

milielektronowoltów. Synteza antywodoru musi dokonać się, z uwagi na prawa zachowania energii i pędu, na drodze reakcji trójcząłowej. Trzecią cząstką może być albo elektron (tworzący początkowo z pozytonem atom pozytonium) albo drugi pozyton. W pierwszym wariacie, badanym w Aarhus, atomy pozytonium mają być tworzone na ściankach pułapki zawierającej „ochłodzone” antyprotony, w drugim, badanym w Uniwersytecie Harvarda, ma być użyta pułapka jonowa, w której utrzymuje się jednocześnie cząstki o różnych ładunkach elektrycznych.

Jak wspomniano, synteza antywodoru wymaga antycząstek o bardzo małej energii. Ponieważ akceleratory dostarczają cząstek o wysokiej energii, to jednym z istotnych problemów jest spowolnienie antycząstek. G. Gabrielse z Uniwersytetu Harvarda doniósł o uzyskaniu ponad 10^5 antyprotonów o energii 0.3 eV. W jego zespole stwierdzono również możliwość przetransportowania pułapki wypełnionej elektronami przez całe Stany Zjednoczone. Nie jest to tylko ciekawostka, gdyż pomiary spektroskopowe o dużej dokładności z pewnością nie dadzą się wykonać w pobliżu akceleratorów cząstek, gdzie szumy elektromagnetyczne są znaczne.

Innym problemem, który wymaga rozwiązania, jest utrzymywanie w pułapce wytworzonych atomów antywodoru. Można sądzić, że uda się tego dokonać przez wykorzystanie oddziaływania momentu magnetycznego pozytonu z polem magnetycznym o symetrii kwadrupolowej.

W podsumowaniu sympozjum D. Kleppner z MIT powiedział, że w czasie od poprzedniego spotkania poświęconego antimaterii atomowej, które odbyło się w 1987 r., dokonał się olbrzymi postęp zarówno w dziedzinie chłodzenia i pułapkowania cząstek, jak w dziedzinie spektroskopii wodoru. Owocne połączenie dokonań tych dwóch dziedzin powinno umożliwić wytworzenie atomów antywodoru i nawet jeśli badanie ich własności nie doprowadzi do naruszenia podstaw fizyki, to bez wątpienia pozwoli nam lepiej poznać prawa symetrii w przyrodzie oraz rozwinąć nowe metody doświadczalne.

ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

XV Międzynarodowa Warszawska Konferencja Fizyki Cząstek Elementarnych w Kazimierzu

W dniach 24 – 30 maja 1992 r. w Domu Architekta w Kazimierzu odbyła się XV Międzynarodowa Warszawska Konferencja Fizyki Cząstek Elementarnych „Poszukiwanie dróg do nowej fizyki”. Konferencja była poświęcona przeglądowi najnowszych wyników doświadczalnej i teoretycznej fizyki cząstek elementarnych ze szczególnym uwzględnieniem tych rezultatów, które mogłyby stanowić podstawę do wyjścia poza model standardowy. Tematyka konferencji uwzględniała testowanie modelu standardowego, analizę sektora bozonów Higgsa i mechanizmu naruszania symetrii oddziaływań elektroślabych, fizykę mezonów K i B, fizykę neutrin, wielką unifikację, fenomenologię supersymetrii, związek fizyki cząstek elementarnych z kosmologią, nowe wyniki z dziedziny oddziaływań silnych.

Wśród wyników doświadczalnych wyróżniały się bardzo precyzyjne dane uzyskane przez cztery grupy doświadczalne przy akceleratorze LEP z wiązkami przeciwbieżnymi e^+e^- , a zwłaszcza dane dotyczące bozonu Z^0 i hadronów zawierających kwarki b. Analiza ok. 2 milionów przypadków produkcji bozonu Z^0 pozwala bardzo dokładnie określić parametry tego bozonu i porównać je z przewidywaniami modelu standardowego. Analiza poprawek promienistych do parametrów Z^0 w modelu standardowym daje zakres $(150 \pm 40) \text{ GeV}/c^2$ dla masy kwarka t oraz wartość $\alpha_s(M_Z) = 0.141 \pm 0.012$ dla stałej sprzężenia silnego. Ostatni wynik wywołał szeroką dyskusję, gdyż wartość ta jest wyraźnie większa od wartości uzyskanej z analizy procesów głęboko nieelastycznych. Wartość α_s ma istotny wpływ m.in. na analizę modeli wielkiej unifikacji.

Nie odkryto dotychczas bozonu Higgsa, cząstki bardzo istotnej dla modelu standardowego. Rozważane były różne rozszerzenia sektora pól Higgsa dla tego modelu, a zwłaszcza modele z dwoma dubletami Higgsa, w których zamiast jednego neutralnego bozonu pojawiają się trzy neutralne i dwa naładowane bozony Higgsa. Dane z LEP określają dolną granicę na masę bozonu Higgsa w modelu standardowym na $60 \text{ GeV}/c^2$, a ograniczenia na masę bozonów Higgsa w modelach z rozszerzonym sektorem Higgsa są słabsze i wynoszą: $42 \text{ GeV}/c^2$ dla bozonów skalarnych i $21 \text{ GeV}/c^2$ dla neutralnego bozonu pseudoskalarnego. Silne argumenty za modelami z rozszerzonym sektorem Higgsa pochodzą z modeli supersymetrycznych. W minimalnym supersymetrycznym modelu standardowym (z dwoma dubletami pól Higgsa) lżejszy z neutralnych skalarnych bozonów Higgsa musi mieć masę poniżej $130 \text{ GeV}/c^2$ – jest to bardzo interesujące przewidywanie. Na konferencji szeroko omawiano możliwości wykrycia bozonów Higgsa przy

użyciu przyszłych akceleratorów liniowych e^+e^- i akceleratorów LHC i SSC z wiązkami pp. Przedyskutowano również przewidywania minimalnego supersymetrycznego modelu standardowego dotyczące produkcji cząstek supersymetrycznych w istniejących i przyszłych akceleratorach.

Argumentów przemawiających za wyjściem poza model standardowy może dostarczyć także fizyka mezonów K i B oraz fizyka neutrin, a zwłaszcza analiza niezachowania CP w rozpadach mezonów K i B oraz problemy masy i oscylacji w przypadku neutrin. Rodzina hadronów z kwarkami b powiększyła się o mezon B_s^0 i barion Λ_b , które odkryto w LEP. Pojawiły się pierwsze wyniki pomiarów strumienia neutrin słonecznych w eksperymentach z detektorami galowymi.

W czasie sesji poświęconej kosmologii, dyskusja koncentrowała się na próbach wyjaśnienia obserwowanego grupowania się galaktyk na małych i dużych skalach odległości, problemie ciemnej materii oraz barionowej i leptonowej asymetrii Wszechświata. Grupowanie się galaktyk może być związane z istnieniem przejścia fazowego dla pola skalarnego odpowiadającego bardzo słabo oddziałującym cząstkom o bardzo małej masie (rzędu 10^{-38} GeV/ c^2) – cząstki takie pojawiają się w wielu scenariuszach fizyki cząstek elementarnych. Jako źródła ciemnej materii, dominującej we Wszechświecie, rozważano neutrina (jeśli mają masę różną od zera), aksjony i cząstki supersymetryczne – zawsze więc obiekty wymagające wyjścia poza model standardowy.

Modele wielkiej unifikacji stanowią naturalny etap na drodze do unifikacji wszystkich oddziaływań i stwarzają w szczególności szanse wyjaśnienia hierarchii mas kwarków i leptonów, związku między tymi masami oraz problemu małości mas neutrin.

W dziedzinie oddziaływań silnych dyskusja dotyczyła przede wszystkim funkcji struktury nukleonów, a zwłaszcza efektów spinowych, efektów jądrowych i fizyki miękkich partonów.

Konferencja została zorganizowana przez Instytut Fizyki Teoretycznej i Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego oraz Instytut Problemów Jądrowych w Warszawie i była dofinansowana z grantu Komitetu Badań Naukowych nr 2 0167 91 01. Uczestnikami konferencji było 40 fizyków z zagranicy (z CERN-u, ZIBJ, Austrii, Białorusi, Francji, Gruzji, Hiszpanii, Indii, Izraela, Japonii, Kanady, Niemiec, Portugalii, Rosji, Szwajcarii, W. Brytanii, Włoch, USA) oraz 43 fizyków polskich (z Katowic, Kielc, Krakowa, Łodzi, Warszawy i Wrocławia). Łącznie przedstawiono 63 referaty przeglądowe i komunikaty z prac własnych, w tym 14 wystąpień mieli uczestnicy polscy. Materiały konferencji zostaną opublikowane przez World Scientific (Singapur) wiosną 1993 r.

Zygmunt Ajduk i Stefan Pokorski

Instytut Fizyki Teoretycznej UW
Warszawa

II Międzynarodowa Szkoła Fizyki Teoretycznej „Symetria i Własności Strukturalne Materii Skondensowanej”

W dniach od 26 sierpnia do 2 września 1992 r. odbyła się w Zajączkowie k. Pniew (ok. 50 km od Poznania) druga międzynarodowa szkoła fizyki teoretycznej „Symetria i Własności Strukturalne Materii Skondensowanej” (SSPCM'92), organizowana co 2 lata przez Zakład Fizyki Matematycznej IF UAM w Poznaniu. Poprzednia Szkoła (SSPCM'90) odbyła się w tym samym miejscu w pierwszej połowie września 1990 r. i obejmowała trzy grupy problemów: 1) działania grup na zbiorach i naruszenie symetrii; 2) podejście Racaha-Wignera do drgań, stanów elektronowych, korelacji i nadprzewodnictwa w układach wielocentrych, oraz 3) krystalografię i jej rozszerzenia: kryształy, kwazikryształy, fazy niewspółmierne, „trzepocące” (nonrigid) cząsteczki i kryształy, strukturę liniowych polimerów.

Druga z kolei Szkoła (SSPCM'92) obejmowała wykłady i referaty dotyczące następujących zagadnień: 1) statystyki kwazicząstek (eniony (anyons), parastatystyki), 2) niezmienniki topologiczne (wiązki włókniste, fazy Berry'ego, kwantowy efekt Halla), oraz 3) struktury samopodobne (kwazikryształy, fraktale, kwaterniony, geometria hiperboliczna).

Tak szeroki zakres tematyczny Szkoły wynikał z przyjętego przez Komitet Organizacyjny i jego przewodniczącego, prof. Tadeusza Lulka, założenia o potrzebie i sensowności poszukiwania tego co łączy grupy zjawisk (pozornie?) odległych od siebie i opisywanych językami różnych formalizmów. To poszukiwanie cech wspólnych (choć, być może, niekiedy przedwczesne), wolno uznać za przewodni motyw SSPCM'92.

Spośród ok. 60 uczestników z 13 krajów wykłady wygłosiło 28 osób. Jak się wydaje, największe zainteresowanie swymi referatami wzbudzili następujący wykładowcy (wymienieni tu w kolejności alfabetycznej): Simon L. Altmann (Oxford, W. Brytania) – Kwaterniony i algebry Clifforda w grupie euklidesowej; Willem J. Caspers (Enschede, Holandia) – Naruszenie symetrii w układach antyferromagnetycznych; Rainer Dirl (Wiedeń, Austria) – cykl wykładów dotyczących grup przestrzennych; Jean Pierre Gazeau (Paryż, Francja) – Geometria hiperboliczna i kwaterniony – zastosowania do struktur samopodobnych; Maurice R. Kibler (Lyon, Francja) – Wprowadzenie do grup kwantowych; Ronald C. King (Southampton, W. Brytania) – Superalgebry Liego, ich reprezentacje i supersymetria oraz Algebry Hecke'go, ich reprezentacje i charakterystyki; Jon Magne Leinaas (Oslo, Norwegia) – Eniony i statystyki ułamkowe; Jan Mozrzyms (Wrocław) – Wstępne wykłady o zastosowaniu warkoczy, węzłów, Θ -funkcji i powierzchni Riemanna; Yoshio Ohnuki (Nagoya, Japonia) – Kwantowanie pola i parastatystyki; Zbigniew Oziewicz (Wrocław) – Kohomologie bi-algebr i Brian G. Wybourne (Christchurch, Nowa Zelandia, a obecnie Toruń, Polska, co wykładowca własnoręcznie dużymi literami zaznaczył na swojej plakietce identyfikacyjnej) – Zastosowanie funkcji symetrycznych w fizyce.

Stały się już (krótką, bo krótką, ale zawsze) tradycją Szkoły zarówno jej raczej kameralny charakter (jest ona planowana każdorazowo na ok. 60 uczestników), jak i jej lokalizacja – położony malowniczo na cyplu jeziora w Zajączkowie pałacyk Żółtowski, obecnie w gestii Kuratorium Oświaty i Wychowania w Poznaniu. Nowością tegorocz-

nej Szkoły był natomiast udział w niej studentów (ogółem kilkanaście osób), głównie z Poznania, ale także z Krakowa i Wrocławia oraz z Francji, Belgii i Holandii. Mieli oni okazję samodzielnego organizowania improwizowanego „przedszkola”, jeśli udało im się nakłonić któregoś z wybitniejszych uczestników SSPCM'92 do wygłoszenia wykładu na bardziej elementarnym poziomie. A, zdaje się, w każdym przypadku udawało się. Ta forma kontaktu naukowego między pokoleniami rozwinęła się zwłaszcza w drugiej części SSPCM'92.

Nowością organizacyjną w stosunku do poprzedniej Szkoły była również specjalna sesja panelowa poświęcona dyskusji nad wzajemnymi powiązaniem tradycyjnego opisu układu elektronowego w polu magnetycznym, opartego na podejściu Racaha-Wignera, a nowatorskimi ideami enionów, warkoczy i grup homotopii. Dyskusja na ten temat trwała zresztą od pierwszego wykładu SSPCM'92 (wygłoszonego przez J.M. Leinaasa), a jej echa słyhać było jeszcze po zakończeniu Szkoły w autokarze odwożącym uczestników do Poznania. Problem, czy oba podejścia są równoważne, czy też są istotnie odmienne, nie został do końca rozstrzygnięty.

Na koniec warto wspomnieć o jeszcze jednej optymistycznej nowości, dotyczącej sposobów dofinansowywania nauki. Otóż Szkoła uzyskała wsparcie finansowe ze strony firmy zajmującej się na codzień sprawami dość odległymi od tematyki SSPCM'92, a mianowicie od Browarów Wielkopolski S.A. w Poznaniu. Wypada mieć nadzieję, że ten dobry przykład zachęci w przyszłości inne firmy do pójścia w ślady producenta piwa „Lech”.

Materiały SSPCM'92 będą wydane w marcu 1993 r. przez World Scientific w Singapurze.

Dariusz Lipiński
Instytut Fizyki UAM
Poznań

Fizyka jądrowa znowu w Zakopanem

Zakopane po raz kolejny użyczyło swojej gościnności fizykom jądrowym, którzy zjechali do stolicy Tatr z wielu krajów świata aby uczestniczyć w konferencji: XXVII Zakopane School of Physics – Selected Topics in Nuclear Physics. Świadomie używam nazwy – konferencja – ponieważ to, co ukształtowało się na przestrzeni około trzydziestu lat, od dawna swoim charakterem zbliżyło się do poważnej konferencji naukowej i przestało być klasycznym przykładem szkoły. Zanim jednak przejdę do informacji o tegorocznym spotkaniu, warto może wrócić na chwilę do historii.

Wszystko rozpoczęło się późną zimą 1963 r., kiedy grupa pełnych entuzjazmu młodych adeptów fizyki, poparta autorytetem prof. Henryka Niewodniczańskiego, zorganizowała dwutygodniowy wyjazd do Bukowiny Tatrzańskiej, aby wzajemnie dokształcić

się i wspólnie przetrwać nowości tej szybko rozwijającej się dziedziny nauki. Korzyści zawodowe były oczywiste i od tej pory szkoły odbywały się co roku. Zapewne jednak już wtedy, po tym pierwszym wyjeździe stało się jasne, że także relaks narciarski po wykładach i atmosfera spędzonych razem wieczorów buduje wspólnotę środowiska, która pozytywnie wpływa na klimat pracy w instytutach krakowskich. Ta specyficzna atmosfera szkół, pielęgnowana starannie do dzisiaj, rozszerza wspólnotę daleko poza kraj i ożywia naszą współpracę z wieloma ośrodkami zagranicznymi. Bo już wcześniej pojawili się na szkołach pierwsi goście z zagranicy, od 1973 r. zaczął obowiązywać język angielski, a referaty przedstawiające wyniki najnowszych badań poczęły zastępować wykłady szkoleniowe. Z biegiem lat rosła renoma szkoły i rozszerzał się jej międzynarodowy zasięg. Nastąpił też podział na dwie, dzisiaj już autonomiczne części, bo metody jądrowe tak szeroko wkroczyły w badania fazy skondensowanej, że coraz trudniej było utrzymać obok fizyki jądrowej, w ramach jednej konferencji, tak rozległą tematykę. Niedawno dokonano jeszcze jednej poważnej zmiany – powiązano jądrową część szkoły zakopiańskiej ze szkołą organizowaną również od wielu lat przez środowisko fizyków warszawskich w scenerii mazurskich jezior. Odtąd szkoły będą organizowane raz w roku – przemiennie w Zakopanem i na Mazurach. Korzyści są oczywiste – zmniejszenie wysiłku organizacyjnego i finansowego oraz większa integracja polskich fizyków jądrowych. Była to także odpowiedź na rysującą się i dyktowaną rozsądkiem tendencją by nie rozpraszać wysiłków przez organizację zbyt częstych, zbliżonych do siebie tematycznie imprez. Ustępstwo ze strony Krakowa, aby termin szkoły przesunąć na koniec lata przyszło nam łatwo; jesień w Tatrach jest piękna, a z jazdy na nartach i tak zrezygnowano już dawno, bo trudności lokalowe w Zakopanem co roku przesuwają termin szkoły w stronę bardziej zaawansowanej wiosny. Podsumowując ten kontekst historyczny, spróbuję jeszcze uzasadnić dlaczego w oficjalnej nazwie utrzymujemy termin „szkoła”. Nie wynika to wyłącznie z krakowskiego przywiązania do tradycji, decydują o tym również zasadnicze różnice, gdy porównać zakopiańskie spotkania z większością specjalistycznych konferencji. Tematyka szkół jest zwykle o wiele szersza i pozwala na szczegółowe zorientowanie się w aktualnym stanie badań w kilku wybranych zagadnieniach fizyki jądrowej, nieraz odległych od własnej wąskiej specjalizacji. Drugą cechą odmienną jest właśnie ta kształtowana przez lata atmosfera, która ułatwia swobodne i bliskie wzajemne kontakty wszystkich uczestników znacznie bardziej efektywnie niż dzieje się to zwykle na typowych konferencjach. Różnicę także stanowi szeroki dostęp młodych fizyków do uczestnictwa w szkole. Wprawdzie udział studentów nie jest duży i w większości uczestnikami są zaawansowani stażem i doświadczeniem fizycy, ale ci młodszy, u progu kariery, mają tutaj często po raz pierwszy szansę na publiczne przedstawienie wyników własnych badań. Wielu znanych dziś w świecie polskich fizyków jądrowych rozpoczęło swe kariery na wieczornych seminariach szkoły w Zakopanem.

W 1992 r. szkoła odbyła się w dniach od 31 sierpnia do 9 września i jak zwykle była organizowana przez Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego i Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego. Przybyło 99 uczestników, w tym 38 z zagranicznych ośrodków: Włoch (9), USA (8), Niemiec (6), Anglii (3), Rosji (3), Finlandii (2), Hiszpanii (2), Szwecji (2), Belgii (1), Danii (1) i Francji (1). Wśród polskich uczestników dominowały oczywiście Kraków (27) i Warszawa (26), ale byli również fizycy z Katowic (5), Wrocławia (2) i znacznie skromniejsza niż zwykle reprezentacja Lublina

(1). Można przypuszczać, że rosnące niestety koszty uczestnictwa w szkole utrudniły przyjazdy uczestników z mniejszych ośrodków.

Szkoła odbyła się dzięki dotacji Komitetu Badań Naukowych, który pokrył koszty pobytu zagranicznych wykładowców. Natomiast polscy i zagraniczni uczestnicy, także ci którzy wygłaszali seminaria, musieli liczyć na wsparcie finansowe macierzystych instytucji.

Naukowy program szkoły zawarty był w 27 wykładach (45 min.) przedstawionych na sesjach porannych i w 26 seminariach na sesjach wieczornych trwających średnio ok. 2 godzin. W pierwszych dniach dominowała tematyka związana z badaniem struktury szybko wirujących i silnie zdeformowanych jąder, zwłaszcza nowości dotyczące zjawiska tzw. superdeformacji. Cykl ten rozpoczęło podsumowanie badań teoretycznych, a po przedstawieniu ciekawych wyników eksperymentalnych uzyskanych przez grupy z Berkeley i Argonne nastąpiła prawdziwa rewelacja, mianowicie doniesienie o pierwszych rezultatach osiągniętych na wielodetektorowym układzie gamma nowej generacji, który w rekordowo szybkim czasie uruchomiła grupa z Legnaro. Kolejny dzień poświęcony był badaniom gigantycznych rezonansów, a zwłaszcza tej części, która dotyczy zachowania się materii jądrowej w wysokich temperaturach. Dalej dominowała tematyka związana z wszelkimi aspektami mechanizmu reakcji jądrowych. Od najniższych energii przy syntezie dwu jąder deuteru, aż po oddziaływanie elektromagnetyczne w zderzeniach ciężkich jonów przy wysokich energiach. Pomędzy tymi dwoma granicznymi przypadkami zmieściła się i synteza podbarierowa i ta ponad barierą, rozszczepienie, reakcje przekazu i bardziej złożone reakcje binarne, multifragmentacja, a nawet powrót do zagadki produkcji par elektron-pozyton w zderzeniach ciężkich jonów. Był oczywiście szeroki przegląd badań struktury stanów jądrowych prowadzonych z wykorzystaniem wzbudzenia kulombowskiego i zwykłych procesów syntezy, a także spektroskopia jąder neutronadmiarowych tworzonych w procesie rozszczepienia.

Nie zabrakło na wykładach i seminariach szkoły tematyki związanej z budowaniem nowych narzędzi badań doświadczalnych, np. detektora jąder odrzutu, czy urządzeń uruchamianych w ośrodku Jyväskylä na wiązce nowego cyklotronu. Naukowy program szkoły zakończyły wykłady teoretyczne o ulepszeniach metody Thomasa-Fermiego i o nowych wynikach badań klasycznego i kwantowego chaosu, a także przegląd badań podwójnego rozpadu beta i związanej z nimi informacji o masie neutrina. Obszerna dokumentacja naukowego programu szkoły w Zakopanem zawarta będzie w publikowanych materiałach, które prawdopodobnie ukazą się w tym roku.

Poważny program naukowy i intensywne dyskusje poza oficjalnym programem równoważyło rozluźnienie atmosfery w chwilach wolnych od zajęć. Szkoła rozpoczęła się od wyjątkowo skwarne go lata a skończyła się ze śniegiem w wyższych partiach gór; nie zabrakło też deszczu. Było jednak kilka okazji by goście z zagranicy zobaczyli, a polscy uczestnicy sobie przypomnieli, jak piękne są Tatry i ile jest ciekawych miejsc wokół Zakopanego.

Tradycyjnie udał się wieczór piosenki z różnych stron świata, wystawiono jak zwykle powieść dźwiękową z wybranymi aktorami ale przy współudziale wszystkich uczestników, było spotkanie przy ognisku z folklorem góralskim, a wreszcie zbiorowo odtąńczono poloneza. Obszerne fragmenty szkoły zarejestrowaliśmy prywatnymi kamerami video i po raz pierwszy udało się zaprosić telewizję krakowską, która w lokalnym programie pokazała

„obszerny”, 36-sekundowy „reportaż”. Na pewno bardziej docenili Szkołę w Zakopanem nasi goście z zagranicy, którzy po powrocie ślą ze swych instytutów ciepłe słowa podziękowań dla organizatorów.



Uczestnicy 27-ej Zakopiańskiej Szkoły Fizyki Jądrowej

Kończąc, pozwolę sobie powtórzyć zaproszenie kolegów z Warszawy do uczestnictwa w Szkole na Mazurach w sierpniu 1993 r. Tym bardziej zapraszamy do spotkania za dwa lata w Zakopanem. Uruchamiane w kilku ośrodkach nowe urządzenia zapowiadają serię ciekawych wyników – program naukowy powinien więc być interesujący, a pogoda po prostu musi być lepsza.

Rafał Broda

Instytut Fizyki Jądrowej
im. H. Niewodniczańskiego
Kraków

RECENZJE

Krzysztof Ernst: **Fizyka sportu**

Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1992, str. 334

Do rąk czytelników dociera urocza książka popularyzująca fizykę w wybranych dyscyplinach sportowych. Książka podzielona jest na 16 rozdziałów, z których każdy reprezentuje inną dziedzinę sportu i tworzy odrębną całość. Pozwala to na czytanie książki od dowolnego rozdziału, a raczej od ulubionej dziedziny sportu. To pozorne podporządkowanie fizyki problematyce sportowej ulega zmianie w treści poszczególnych rozdziałów, gdzie Autor na tle świetnie podanych informacji sportowych wprowadza znane ze szkolnego programu prawa fizyki w taki sposób, że tworzy nierozłączną całość, którą czyta się z rosnącym zaciekawieniem i uwagą. Autor jest fizykiem, profesorem na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Można tylko podziwiać profesjonalną znajomość zagadnień, od historii rozwoju sportu do produkcji sprzętu sportowego, a swoboda z jaką porusza się w tym materiale i sposób interpretacji stwarza niepowtarzalny klimat całej książki.

Celowość wydania tej pozycji nie budzi wątpliwości, a z uwagi na jej walory poznawcze i popularyzatorskie powinna być rozpowszechniana szczególnie w środowisku młodzieży szkolnej, dla której tematy z fizyki związane z zasadą zachowania energii i momentu pędu względnie z działaniem maszyn prostych należą tradycyjnie do nieciekawych i nieatrakcyjnych.

Podział książki na poszczególne dyscypliny sportowe w pełni odpowiada oczekiwaniom czytelników szukających w pierwszym rzędzie informacji o interesujących ich dziedzinach sportu. Rozczarowanym Autor poleca pozycje piśmiennictwa dotyczące pominiętych w książce dyscyplin sportowych. Wiadomo jednak, że dla przeciętnego czytelnika pozycje te są praktycznie nie do zdobycia, nie mówiąc już o barierze językowej. Autor wprawdzie zastrzega się, że książka nie wyczerpuje tematu, to jednak czytelnikowi będzie zawsze brakowało nie napisanych rozdziałów, których daremnie poszukiwał w książce.

Przejrzystość przedstawionego materiału wynika z podziału książki na niezależne tematycznie rozdziały. W każdym z nich zagadnienia fizyczne wykorzystywane są do interpretacji bardzo różnych zjawisk, poczynając od fizyki ciała ludzkiego poprzez zasady projektowania sprzętu sportowego aż do technologii materiałów używanych i przewidywanych do zastosowania w sporcie wyczynowym. Wyniki każdej dyscypliny sportu są przez Autora analizowane z punktu widzenia występujących zależności fizycznych decydujących o uzyskiwanych rezultatach.

Na wyróżnienie zasługuje strona graficzna książki. Wszystkie ryciny utrzymane

są w jednakowym stylu rysowania uproszczonej sylwetki zawodnika znakomicie uzupełniają tekst zwłaszcza tam, gdzie wymagane jest pokazanie sekwencji czasowych przy wykonywaniu skomplikowanych ewolucji sportowych. Dotyczy to również wykresów wykonanych w jednakowym charakterystycznym układzie graficznym. Wadą ich jest słaba widoczność oznaczeń osi współrzędnych i wektorów. Idealnym rozwiązaniem byłoby drukowanie oznaczeń i symboli w kontrastowym kolorze. Stronę ilustracyjną książki stanowią również reprodukcje zdjęć fotograficznych, nie najlepszej zresztą jakości. W porównaniu z bogatą szatą graficzną stanowią one pewien margines. Wydaje się, że umieszczenie wszystkich zdjęć na końcu książki, ale wykonanych na dobrym papierze kredowym poprawiłoby znacznie poziom ilustracyjny drugiego wydania.

Książka liczy 334 strony (21 arkuszy drukarskich). Papier dobry dla tekstu i rysunków, raczej nieodpowiedni do reprodukcji. Redakcja książki bardzo staranna, nie zauważyłem błędów drukarskich. Czytelność tekstu dobra. Książka zawiera 281 pozycji literaturowych z zakresu zastosowań fizyki we wszystkich omawianych dyscyplinach sportowych.

Podsumowując można wyrazić zadowolenie z ukazania się tak nietypowej i tak interesującej książki jaką jest *Fizyka sportu* Krzysztofa Ernsta. Wypełnia ona istotną lukę na polskim rynku wydawniczym, a sposób jej napisania wraz z koncepcją opracowania może być wzorem dla tego typu publikacji. Motto jakie umieścił Autor na samym końcu książki (wielka szkoda, że nie na początku) stwierdzające że: „Żaden sportowiec jeszcze nie żałował, że uczył się fizyki, a fizyk, że uprawiał sport” jest najlepszym przykładem klimatu w jakim utrzymana jest książka.

Jerzy Totwiński

Zakład Fizyki Medycznej

Centrum Onkologii

– Instytut im. M. Skłodowskiej-Curie

Warszawa

K R O N I K A

Komitet Fizyki PAN

W dniu 18 listopada 1992 odbyło się plenarne posiedzenie Komitetu Fizyki Polskiej Akademii Nauk, które tym razem gościło w pięknym, nowym obiekcie Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN we Wrocławiu.

Pierwszym tematem obrad była sytuacja fizyki plazmy w Polsce. Specjalnie zaproszony na to posiedzenie prof. Marek Sadowski (IPJ, Świerk) omówił znaczące osiągnięcia uzyskane w ostatnich latach przez polskich naukowców w tej dziedzinie, a także przedstawił potencjał naukowy fizyki plazmy (reprezentowany m.in. przez 200 pracowników naukowych, w tym 20 samodzielnych). Po dyskusji jednomyślnie przyjęto wniosek przewodniczącego KF PAN, prof. Jana Stankowskiego, w sprawie powołania Sekcji Fizyki Plazmy KF PAN z prof. Sadowskim jako przewodniczącym.

Drugim ważnym problemem dyskutowanym obszernie były kłopoty dydaktyki fizyki, które przedstawił prof. Stanisław Łęgowski (UMK) kładąc szczególny nacisk na trudności w zdobywaniu tytułu i stopni naukowych, co w konsekwencji prowadzi do pogłębiającego się braku dopływu młodej kadry. Istnieje potrzeba stworzenia realnych możliwości kształcenia młodej kadry, a zarazem rozszerzenia i intensyfikacji badań w dziedzinie dydaktyki fizyki. Umożliwiłoby to podejmowanie i prowadzenie badań na odpowiednim poziomie. Sekcja Dydaktyki Fizyki zaproponowała by Komitet Fizyki wystąpił do Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułu Naukowego o uznanie Dydaktyki Fizyki jako dyscypliny naukowej w dziedzinie „Fizyka”, a w dalszej kolejno-

ści o utworzenie nowej dziedziny „Dydaktyki Szczegółowe”, a wśród dyscyplin naukowych powołanie „Dydaktyki Fizyki”.

Komitet Fizyki poparł powyższe propozycje. Ze względu na konieczność do-
różnego rozwiązywania bieżących spraw w okresie przejściowym omówiono następujące propozycje:

- 1) Zlokalizowania na jednym lub dwóch uniwersytetach (np. UAM, Poznań) procedurę nadawania stopni i tytułu naukowego.
- 2) Uznania wybranych osób posiadających tytuł lub stopień doktora habilitowanego z dziedziny fizyki (które zadeklarują chęć czynnego włączenia się do promowania tej dyscypliny) za kompetentne w zakresie dydaktyki fizyki. Osoby te mogłyby być dokoopowane do odpowiednich komisji uniwersytetów wymienionych w punkcie pierwszym oraz pełnić rolę superrecenzentów dla potrzeb Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułu Naukowego.
- 3) Opracowania wymagań i kryteriów oceny kwalifikacji osób ubiegających się o stopnie i tytuły naukowe w zakresie „Dydaktyka Fizyki” przez kompetentne gremium fizyków.

Z powyższymi propozycjami postanowiono wystąpić do Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułu Naukowego, do Rady Głównej Szkolnictwa Wyższego oraz do Ministerstwa Edukacji Narodowej.

W dalszej części posiedzenia prof. Andrzej Hryniewicz (IFJ, Kraków) krótko omówił budżet Komitetu Badań Naukowych oraz plan na rok 1993. W dyskusji zebrani wyrazili swoją troskę o przyję-

cie właściwych zasad podziału środków finansowych na badania podstawowe i stosowane. Zasady te powinny wynikać z wnikliwej oceny rezultatów tych dwóch rodzajów działalności.

Na zakończenie posiedzenia prof. Jerzy Kołodziejczak wręczył dyrektorowi INTiBS PAN, prof. Janowi Klamutowi list od władz Akademii ze szczególnym podziękowaniem za trud włożony w budowę nowego obiektu. Następnie prof. Klamut krótko przedstawił strukturę organizacyjną oraz aktualny profil i osiągnięcia naukowe Instytutu, a następnie zaprosił członków KF PAN do zwiedzenia Instytutu.

Jerzy Małecki

Nagroda Nobla z fizyki 1992

Nagrodą Nobla z fizyki wyróżniani są najczęściej odkrywcy nowych zjawisk bądź praw. W tym roku stało się inaczej – Nagrodę przyznano za stworzenie narzędzi, które służyły wielu odkrywcom badającym świat cząstek elementarnych.

Praktycznie jedyną metodą takich badań jest analiza zderzeń przyspieszonych do wielkich energii jąder atomowych bądź cząstek elementarnych. W rezultacie takich zderzeń rodzi się kilka czy kilkadziesiąt, a przy najwyższych dostępnych obecnie energiach nawet kilkaset nowych cząstek, które trzeba zarejestrować, zmierzyć ich energie, pędy. Georges Charpak, bo on jest właśnie tegorocznym noblistą, poświęcił się właśnie poszukiwaniom nowych technik rejestracji cząstek i budowie detektorów, bez których trudno sobie wyobrazić współczesną fizykę cząstek elementarnych.

Charpak urodził się w r. 1924 w Dąbrowicy na Zachodniej Ukrainie należącej wówczas do Polski. Gdy miał 7 lat rodzina przeniosła się do Francji. W czasie wojny Charpak uczestniczył w ruchu oporu (*Resistance*) i był więźniem Dachau. Po

wojnie studiował fizykę, był uczniem i asystentem Fryderyka Joliot-Curie. Pod koniec lat pięćdziesiątych rozpoczął pracę w nowo otwartym Europejskim Centrum Badań Jądrowych (CERN) w Genewie, w którym pracuje do dzisiaj.



Georges Charpak

W latach 60-ych i 70-ych stosowano w badaniach cząstek elementarnych głównie tzw. metody wizualne, które w ogromnym uproszczeniu wyglądają następująco. Cząstki naładowane poruszając się w ośrodku powodują jonizację atomów leżących wzdłuż toru cząstki. Obecność takich atomów wpływa na przebieg różnych zjawisk zachodzących w tym ośrodku, co z kolei może być fotograficznie zarejestrowane. Fotografie, na których widać tory cząstek, są podstawą dalszej analizy, stąd określenie „metody wizualne”. Wadą tych metod jest to, że dla uzyskania ciekawych informacji należy przejrzeć tysiące, a czasem dziesiątki tysięcy takich fotografii, co czyni analizę ogromnie żmudną i długotrwałą.

W drugiej połowie lat 60-ych Charpak opracował nowy typ detektora, tzw. wielodrutową komorę proporcjonalną (zwaną również komorą Charpaka) działającą nieco podobnie jak licznik Geigera-Müllera.

Licznik taki zbudowany jest, jak pamiętamy, z walcowego zwykle zbiorniczka z gazem i dwóch elektrod. Katodę tworzą przewodzące ścianki zbiorniczka, anoda zaś jest cienkim drutem rozpiętym wzdłuż jego osi. Ładunki wytworzone przez naładowaną cząstkę na skutek jonizacji atomów gazu płyną do elektrod, do których przyłożone jest wysokie napięcie.

W komorze Charpaka zamiast jednego mamy całą płaszczyznę drutów anodowych. Ponieważ ładunki wytworzone w gazie płyną do najbliższego drutu, więc uzyskujemy informację o położeniu jonizującej cząstki. Ustawivszy kilka komór wielodrutowych w polu magnetycznym, możemy wyznaczyć pęd cząstki znając kształt jej toru.

Wykorzystanie komór wielodrutowych otworzyło nowe możliwości przed fizyką wysokich energii. Zasadniczy postęp w stosunku do metod wizualnych polegał na tym, że informacja z komory w formie elektrycznego sygnału może być natychmiast analizowana. Zamiast tysięcy zdjęć i wielomiesięcznej pracy wielu laborantów, jeszcze w trakcie trwania eksperymentu można wybierać ciekawe przypadki zderzeń i częściowo je analizować. Mówiąc żargonowo, przetwarzanie informacji „off-line” zastępuje się, przynajmniej w dużej części, analizą „on-line”. Ponadto zwiększa się ilość informacji możliwych do przetworzenia.

Komora wielodrutowa oraz kolejne wynalazki Charpaka i innych „detektorowców” zmieniły obraz całej fizyki cząstek elementarnych. Nastąpiła jej „elektronizacja” i komputeryzacja. Stało się możliwe obserwowanie bardzo rzadkich procesów, które przy rejestracji fotograficznej pojawiałyby się raz na wiele tysięcy zdjęć. Badania takich procesów doprowadziły do wielu odkryć uhonorowanych Nagrodą Nobla. Teraz przyszła kolej na Georgesa Charpaka.

Warto zaznaczyć, że jego zainteresowania nie ograniczają się wyłącznie do fizyki cząstek elementarnych. Szczególnie w ostatnich latach G. Charpak interesował się zastosowaniem metod powstałych na gruncie tego działu fizyki w medycynie i biologii. Prace te zaowocowały skonstruowaniem urządzeń do szybkiej diagnostyki klinicznej i badań genetycznych.

To, co napisałem o dokonaniach tegoż noblisty może wydawać się bliższe techniki niż fizyki. W istocie jest jednak inaczej. Rzeczą zasadniczą dla wszystkich metod detekcji cząstek są wspomniane powyżej „zjawiska spowodowane jonizacją atomów”. Okazuje się, że takich zjawisk jest bardzo wiele, a przy pracach nad detektorami jeszcze nowe są odkrywane. Umiejętność przewidywania, które zjawiska mogą być wykorzystane, znalezienie najdogodniejszych warunków ich występowania wymaga głębokiej wiedzy fizycznej i intuicji. To one właśnie zadecydowały o sukcesach Georgesa Charpaka.

Stanisław Mrówczyński

Nagroda Nobla z chemii

Nagrodę Nobla z chemii otrzymał w 1992 r. Rudolph A. Marcus z Politechniki Kalifornijskiej (CalTech) w Pasadenie za „wkład do teorii przenoszenia elektronów w układach chemicznych”.

Marcus (ur. 1923 w Montrealu) stworzył w latach 1956–65 teorię stanowiącą do dziś podstawę rozumienia procesów chemicznych, w których tylko jeden elektron zostaje przeniesiony z jakiejś cząsteczki (donor) do innej (akceptor). Tego typu procesy zachodzą np. przy korozji żelaza, w chemiluminescencji, w przemianie energii światła słonecznego na energię chemiczną w pierwotnych procesach fotosyntezy.

Chociaż przeniesienie jednego elektronu stanowi najprostsza reakcję che-

miczną, to jednak przez dłuższy czas było niezrozumiałe dlaczego prędkości takich procesów mogą się różnić o ponad dwanaście rzędów wielkości. (Do najszybszych reakcji przeniesienia zalicza się np. pierwszy krok w bakteryjnej fotosyntezie — tu elektron w ciągu 3 ps może być przeniesiony na odległość 17 Å).

Marcus wyjaśnił, że w procesach redukcji-utleniania przez jony w roztworze zmiana rozkładu ładunku, spowodowana przeniesieniem elektronu, wywołuje nową orientację („reorganizację”) cząsteczki roztworu. Prędkość przeniesienia elektronu zależy od energii reorganizacji i od zmiany energii swobodnej. Pokazał on jak w prosty sposób można obliczyć energię aktywacji ze zmian energii swobodnej i energii reorganizacji.

Uczony ten znany jest z bardzo bliskiej współpracy z eksperymentatorami i Komitet Noblowski wyraził opinię, że przyznaje Nagrodę za „teorię bliską rzeczywistości”.

Phys. Bl. 48, Nr 12 (1992)

B. W.

Jerzy Rayski doktorem *h. c.* Uniwersytetu Mikołaja Kopernika

Senat Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu na swym posiedzeniu w dniu 31 marca 1992 r. podjął uchwałę o nadaniu tytułu doktora *honoris causa* Jerzemu Rayskiemu, profesorowi Uniwersytetu Jagiellońskiego, jednemu z najwybitniejszych polskich fizyków teoretyków.

Uroczystość nadania doktoratu odbyła się 21 maja 1992 w Pałacu Dąbskich w Toruniu. Wręczenia dyplomu dokonał JM Rektor UMK prof. Stanisław Kalebka, a akt promocji odczytał senator prof. Stanisław Dembiński.

Jerzy Rayski urodził się w 1917 r. w Warszawie. Studia fizyki rozpoczął na Uniwersytecie Jagiellońskim w 1937 r., w czasie wojny kontynuował je w ramach tajnej działalności UJ i w 1944 r. złożył egzamin

magisterski u prof. Arkadiusza Piekary. Po wojnie był kolejno asystentem prof. Jana Weysenhoffa na Uniwersytecie Jagiellońskim i adiunktem w katedrze prof. Wojciecha Rubinowicza w Uniwersytecie Warszawskim, gdzie w 1947 r. obronił pracę doktorską nt. problemu inwersji w teorii pól kwantowych. Już w 1950 r. na podstawie rozprawy o jednoczesnych oddziaływaniach wielu pól i problemie energii własnej habilitował się w Uniwersytecie Jagiellońskim.

Do Torunia przyjechał w 1947 r., gdzie został powołany na stanowisko kierownika Katedry Fizyki Teoretycznej UMK. Wraz z pracującym wówczas w Toruniu prof. Janem Rzewuskim oraz z gronem młodych współpracowników stworzył na toruńskiej Uczelni liczący się w świecie dynamiczny ośrodek badań nad kwantową teorią pola, która uważana była wówczas za najbardziej prestiżową dziedzinę fizyki teoretycznej.

Prace prof. Rayskiego z tego okresu dotyczyły problematyki usuwania nieskończoności pojawiających się w kwantowej teorii pola. W czasie swego rocznego pobytu w Zurychu u Wolfganga Pauliego sformułował swój wariant słynnej metody regularyzacji, który polegał na usuwaniu nieskończoności za pomocą mas pomocniczych z pełnego (bez faktoryzacji) wyrażenia dla prądu. Rozwijając tę metodę Pauli i Villars w pełni uznali zasadniczy wkład Rayskiego. Metoda regularyzacji Pauliego-Villarsa-Rayskiego odegrała bardzo ważną rolę w teorii pola i jest do dziś cytowana we wszystkich poważnych monografiach z tej dziedziny.

W tym samym okresie prof. Rayski zajmował się również problemami oddziaływań pól bozonowych i fermionowych. Osiągnięte rezultaty okazały się pionierskie dla tego aspektu współczesnych teorii unifikacyjnych, który opiera się na supersymetrii i supergrupie.

Istotne wyniki swych prac dotyczą-

cych teorii pól nielokalnych i bilokalnych, w tym zasad ich kwantowania, struktury czynników kształtu, macierzy rozpraszania i problemów przyczynowości, publikował Rayski w latach 50-ych i 60-ych.

W 1957 r. prof. Rayski przenosi się do Krakowa, gdzie na Uniwersytecie Jagiellońskim najpierw obejmuje Katedrę Fizyki Teoretycznej, a potem Zakład Teorii Pola Instytutu Fizyki. Tu podejmuje bardzo ważną dla fizyki cząstek elementarnych problematykę unifikacji oddziaływań. Zwraca uwagę na możliwość wielowymiarowych uogólnień 5-wymiarowej przestrzeni Kaluzy-Kleina i płynące stąd konsekwencje dla unifikacji oddziaływań grawitacyjnych i elektromagnetycznych. Prace Rayskiego dotyczące tego zagadnienia cytowane są przez twórców późniejszych teorii superstrun; m.in. Green, Schwartz i Witten cytują te prace w monografiach wydanych w latach 1989–90.

Wiele swych prac poświęcił Rayski problemom kwantowania pola grawitacyjnego. W szczególności, interesował się hamiltonowskimi wersjami teorii grawitacji, np. wersją unimodularną, która stwarzała lepsze możliwości zbudowania nie istniejącego do dziś kwantowego formalizmu w ogólnej teorii względności. Pracował również nad udoskonaleniem przybliżenia Borna a ponadto ogłaszał artykuły o charakterze metodologicznym, jak np. o fizycznej interpretacji funkcji stanu i pomiaru kwantowego.

Można chyba bez wahania powiedzieć, że Instytut Fizyki UMK swą obecną wysoką międzynarodową i krajową rangę w dużej mierze zawdzięcza twórczości naukowej i działalności organizacyjnej takich wybitnych fizyków jak Aleksander Jabłoński i Jerzy Rayski.

Autorka korespondencji serdecznie dziękuje Panu prof. Stanisławowi Dembiń-

skiemu za udostępnienie do wykorzystania przygotowanych przez niego odpowiednich materiałów.

Józefina Turło

Osiemdziesięciolecie pani Wu

Pani prof. Chien Shiung Wu, która w 1956 r. wykazała doświadczalnie, że zasada zachowania parzystości nie obowiązuje w oddziaływaniach słabych (za teorię tego efektu T.D. Lee i C.N. Yang otrzymali w 1957 r. Nagrodę Nobla) skończyła w ubiegłym roku 80 lat. Z tej okazji odbyło się w CERN-ie uroczyste sympozjum, w którym poza jubilatką wzięło również udział wiele wybitnych fizyczek.

CERN Courier 32, Nr 8 (1992)

B. W.

Medal Maxa Plancka

Niemieckie Towarzystwo Fizyczne przyznało w 1992 r. swoje najwyższe wyróżnienie Medal Maxa Plancka Elliotowi Liebowi (Princeton Univ., USA) za znaczący wkład do kwantowej teorii układów makroskopowych, ich stabilności i własności termodynamicznych.

Phys. World 5, Nr 6 (1992)

B. W.

Nagroda Gentnera i Kastlera

Jean Rossat-Mignon (Centrum Badań Jądrowych, Saclay) był w 1992 r. laureatem Nagrody Gentnera i Kastlera, przyznawanej wspólnie przez Niemieckie i Francuskie Towarzystwa Fizyczne. Otrzymał ją za wybitny wkład do opisu elektrycznych i magnetycznych własności ceramicznych nadprzewodników wysokotemperaturowych.

Phys. World 5, Nr 6 (1992)

B. W.

Wykłady z fizyki w Instytucie Fizyki PAN

W grudniu 1992 r. zakończyła się trzecia seria wykładów dla nauczycieli i uczniów organizowana przez Instytut Fizyki PAN. Obejmowała ona następujące wykłady:

- 5 X 1992 r. – Katarzyna Winkowska-Nowak (Instytut Matematyki PAN) „Fraktale”,
- 19 X 1992 r. – Łukasz A. Turski (Centrum Fizyki Teoretycznej PAN) „Fizyka jest dobra na wszystko czyli o nietypowych zastosowaniach fizyki”,
- 2 XI 1992 r. – Kazimierz Rządźewski (Centrum Fizyki Teoretycznej PAN) „Czym różni się mechanika kwantowa od klasycznej?”,
- 16 XI 1992 r. – Marek Gutowski (Instytut Fizyki PAN) „Optymalizacja w przyrodzie i fizyce komputerowej”,
- 7 XII 1992 r. – Maciej Kolwas (Instytut Fizyki PAN) „Światło – fala czy cząstka?”,
- 21 XII 1992 r. – Ludwik Lis (Instytut Fizyki PAN) „Doświadczenia z promieniowaniem laserowym”.

Tak jak poprzednio, frekwencja na wykładach była niezwykle wysoka. Często Audytorium Maximum Instytutu Fizyki nie mogło pomieścić wszystkich zainteresowanych i część słuchaczy z konieczności musiała stać bądź siedzieć na schodkach.

Wykłady były powiązane czasowo ze zwiedzaniem Instytutu. Zwiedzanie cieszyło się ogromnym powodzeniem. Powodzenie to przekroczyło nasze najśmielsze oczekiwania i... ramy organizacyjne. Pewnego razu na zwiedzanie przybyło 350 – 400 osób. Obawiamy się, że z powodu bardzo dużej liczby gości nie wywiązaliśmy się należycie ze swych obowiązków i część osób poczuła się zawiedziona, mimo że ze swej strony staraliśmy się uczynić wszystko, co

możliwe, by zwiedzający mieli korzyści z przybycia do nas. Bardzo duża frekwencja zmusza nas do zmiany sposobu organizacji zwiedzania. Począwszy od następnej sesji wykładów (ogłoszenia ze szczegółowym planem wykładów sesji WIOSNA '93 zostaną rozesłane w taki sam sposób jak do tej pory) zwiedzanie nie będzie związane z terminami wykładów. Musimy też, przynajmniej czasowo, zawiesić zwiedzanie indywidualne. Oto nowe zasady zwiedzania Instytutu:

1. Zwiedzanie przewidywane jest w marcu, kwietniu, maju (sesja wiosenna) oraz w październiku, listopadzie i grudniu (sesja jesienna);
2. Zwiedzanie Instytutu jest możliwe tylko w zorganizowanych grupach o liczebności nie przekraczającej liczebności klasy szkolnej;
3. Grupie powinien towarzyszyć nauczyciel fizyki;
4. Terminy oraz zakres zwiedzania nauczyciel fizyki powinien ustalić indywidualnie z drem Andrzejem Nadolnym (tel. 437001 w. 369 lub bezp. 430913), który od najbliższej sesji będzie koordynatorem akcji zwiedzania Instytutu.

Oprócz samego zwiedzania możliwe jest organizowanie w Instytucie lekcji pokazowych na wybrane tematy, uzgodnione wcześniej z drem Nadolnym. Tę formę kontaktów z Instytutem szczególnie gorąco polecamy wszystkim szkołom (zarówno warszawskim jak i pozawarszawskim) pragnącym zapoznać swych uczniów z problemami zaliczanymi do tzw. fizyki współczesnej (np. półprzewodniki, nadprzewodnictwo, lasery, magnetyzm, mikroskopia tunelowa, mikroskopia elektronowa, fizyka atomu i cząsteczki, fizyka kwantowa itp.).

Waldemar Gorzkowski

Nazwy najcięższych pierwiastków

W Instytucie Ciężkich Jonów (GSI) w Darmstadcie odbyła się we wrześniu 1992 r. uroczystość zaproponowania nazw dla trzech najcięższych pierwiastków o liczbach atomowych: 107, 108 i 109.

Dla pierwiastka 107 zaproponowano nazwę „nilsbor” (Ns) na cześć wielkiego fizyka duńskiego Nielsa Bohra.

Propozycja dla pierwiastka 108 jest „hass” (Hs) od łacińskiej nazwy (Hassia) kraju Hessja, na terenie którego leży Darmstadt.

Dla pierwiastka 109 została zaproponowana nazwa „majtner” (Mt) na cześć Lise Meitner, w uznaniu jej podstawowych prac wyjaśniających zjawisko rozszczepienia jądrowego.

Rolę „ojca chrzestnego” na tej uroczystości grał prof. Peter Armbruster, który w latach 1981–88 wraz ze swoimi współpracownikami przeprowadził syntezę tych pierwiastków, uzyskując 38 atomów Ns, 4 atomy Hs i 2 atomy Mt.

Phys. Bl. 48, Nr 10 (1992)

B. W.

Zebranie ECFA w Warszawie

Jednym z międzynarodowych naukowych komitetów doradczych związanych z Europejską Organizacją Badań Jądrowych CERN w Genewie – ośrodkiem dysponującym największym w Europie kompleksem akceleratorów wysokiej energii – jest Europejski Komitet Przyszłych Akceleratorów (European Committee for Future Accelerators – ECFA). Do prac tego komitetu jest włączone niemieckie laboratorium DESY w Hamburgu, posiadające drugi co do wielkości kompleks akceleratorowy w Europie.

Celem ECFA jest udział w długofalowym planowaniu rozwoju fizyki wysokich energii (dalej skrót w.e.) w Europie i na świecie. Specyfiką fizyki w.e. jest jej zespołowy i międzynarodowy charakter, zwią-

zany z dużymi nakładami finansowymi na podstawowe urządzenia badawcze – akceleratorzy i układy detekcyjne (spektrometry) oraz z długim czasem potrzebnym na wykonanie aparatury i przeprowadzenie badań. Potrzeba koordynacji wysiłków w Europie była powodem powstania ECFA. Komitet realizuje swoje zadania przez:

- okresowe przeglądy stanu badań w fizyce w.e. w krajach członkowskich CERN-u. Przeglądy dotyczą poziomu prac naukowych i kadry naukowej, finansowania, kształcenia studentów i doktorantów, rozwoju infrastruktury (w tym przemysłu o najwyższym poziomie technicznym), ośrodków obliczeniowych, sieci komputerowych itp.);

- opiniowanie inwestycji w fizyce w.e. Takie opinie i rekomendacje ECFA formułuje się na żądanie organów CERN-u i DESY oraz narodowych agencji finansujących naukę. Rekomendacje ECFA są formułowane po szerokich konsultacjach ze społecznością fizyków w.e. Jako komitet nie posiadający uprawnień wykonawczych ECFA może formułować opinie i rekomendacje kierując się względami merytorycznymi – przede wszystkim mając na względzie cele poznawcze fizyki w.e.;

- organizowanie grup roboczych, seminariów i konferencji poświęconych aspektom poznawczym i technicznym fizyki w.e., przede wszystkim związanych z nowymi planowanymi inwestycjami akceleratorowymi i aparaturowymi.

Przewodniczącym ECFA był do 30 września 1992 r. prof. Jean-Eudes Augustin z Francji, od 1 października 1992 r. nowym przewodniczącym został wybrany prof. Günther Flügge z RFN. Delegatami Polski są Tomir Coghen z Instytutu Fizyki Jądrowej w Krakowie, Jan Królikowski z Uniwersytetu Warszawskiego i Maria Szeptycka z Instytutu Problemów Jądrowych w Warszawie.

Każde wyjazdowe (tj. odbywające się poza CERN-em) zebranie ECFA ma na celu, oprócz dyskusji spraw bieżących, przegląd fizyki w.e. w kraju gospodarzy zebrania. Takie zebranie odbyło się 11 i 12 września 1992 w Warszawie i było pierwszym posiedzeniem ECFA w krajach Europy środkowo-wschodniej. Spotkanie warszawskie odbyło się dzięki uprzejmości JM Rektora UW prof. Andrzeja K. Wróblewskiego w Sali Senatu UW.

W części otwartej zebrania licznie uczestniczyli polscy fizycy w.e., którzy wygłosili 14 referatów o różnych aspektach polskiej fizyki w.e. od rysu historycznego (referat A.K. Wróblewskiego) do planów na koniec wieku, związanych z projektowanym w CERN-ie akceleratorem Large Hadron Collider (LHC) (referat M. Turały). Udział wzięli także: prof. Jerzy Niewodniczański – prezes PAA oraz min. J.K. Frąckowiak – sekretarz KBN, który wygłosił ciekawy referat o finansowaniu nauki w Polsce.

Szczególnie wiele uwagi poświęcono eksperymentom, w których obecnie uczestniczą zespoły polskich fizyków. Warto tu wymienić DELPHI – eksperyment przy akceleratorze elektron-pozyton LEP w CERN-ie, ZEUS i H1 – eksperymenty przy nowym akceleratorze elektron-proton HERA w laboratorium DESY w Hamburgu, eksperymenty nad rozpraszaniem mionów na jądrach i jąder na jądrach prowadzone w CERN-ie.

W części zamkniętej zebrania członkowie ECFA wyczerpująco przedyskutowali stan polskiej fizyki przedstawiony poprzedniego dnia. Dyskusja koncentrowała się na trzech problemach:

1) Rozwoju kadry naukowej w fizyce w.e. w Polsce. Członków Komitetu szczególnie interesowało kształcenie studentów i doktorantów. W ocenie Komitetu liczba doktorantów w Polsce jest nieco za mała. Główny powód to niskie uposażenia w sferze budżetowej związane za stanem polskiej

gospodarki. Ich zmiana będzie z pewnością powolna. Komitet zauważył, że ogólna liczba studentów w Polsce jest mała. Procent studentów fizyki w.e. kształtuje się podobnie jak w innych krajach członkowskich CERN-u.

2) Rozwoju przemysłu precyzyjnej techniki w Polsce. Istnienie krajowego przemysłu precyzyjnej techniki i jego bliskie związki z fizyką w.e. są zdaniem Komitetu niezwykle ważne dla pełnego spożytkowania przystąpienia Polski do CERN-u, który jest nie tylko przodującym laboratorium badawczym ale też technologicznym „centre of excellence”. Komitet wysoko ocenił wysiłki fizyków polskich i agend PAA w organizowaniu współpracy polskiego przemysłu z CERN-em i DESY ale podkreślił też, że jest to dopiero etap wstępny. Wysiłki te należy nie tylko kontynuować ale i rozszerzać.

3) Koordynacji badań na poziomie krajowym. Komitet wysoko ocenił widoczną w przedstawieniach fizyków polskich koordynację prac między dwoma ośrodkami doświadczalnej fizyki w.e. w Polsce – Krakowem i Warszawą. (Dotyczy to zarówno prowadzonych badań jak i finansowania i organizacji.) Jest to, zdaniem Komitetu, tym bardziej godne podziwu, gdyż nie istnieją żadne oficjalne ciała koordynujące te prace w Polsce. Zdaniem Komitetu jest zastanawiające dlaczego doświadczalna fizyka w.e. jest w Polsce reprezentowana tylko w dwóch ośrodkach akademickich.

Po zebraniu otrzymałem list od przewodniczącego ECFA, prof. J.-E. Augustina, zawierający podsumowanie zebrania oraz bardzo wysoką ocenę polskiej fizyki wysokich energii. Podobne opinie wyrażali inni członkowie Komitetu w rozmowach z polskimi fizykami w trakcie zebrania. Ta wysoka, a nawet bardzo wysoka ocena stanu polskiej fizyki w.e. nie jest tylko

uprzejmością wobec gospodarzy. Pozycja międzynarodowa polskiej fizyki w.e. jest silna a jej osiągnięcia badawcze poważne. Fizykom polskim, a także polskim czynnikom rządowym odpowiedzialnym za rozwój nauki nie powinno to jednak pozwolić zapomnieć o prostej prawdzie, że osiągniętą wysoką pozycję naukową można niezwykle łatwo stracić np. przez niewystarczające finansowanie, błędne decyzje personalne lub brak perspektyw dla młodych badaczy.

Jan Królikowski

Międzynarodowe Centrum Teorii Jądra

Na zebraniu w Orsay w październiku 1992 r. Komitet Sterujący przyszłego Europejskiego Centrum Teoretycznej Fizyki Jądrowej (European Center for Theoretical Nuclear Physics) ostatecznie wybrał jako siedzibę Centrum Uniwersytet w Trento (Włochy).

Do Rady Dyrektorów Centrum zostali zarekomendowani: J.P. Blazot (Saclay), S. Fantoni (Triest), B. Mottelson (Kopenhaga) oraz C. Pethick i W. Weise (Ratyzbona).

Europhys. News 23, Nr 9 (1992)

B. W.

Gigantyczny opór magnetyczny w materiałach niewarstwowych

Pierwsze badania oporu magnetycznego w materiałach ferromagnetycznych przeprowadził już lord Kelvin w 1851 r. Do niedawna znano tylko niewiele metali, których oporność rośnie lub maleje w polu magnetycznym o więcej niż 1%. Natomiast w 1988 r. zaobserwowano gigantyczny opór magnetyczny (GMR) w materiałach wielowarstwowych, składających się z cienkich warstw kolejno żelaza i chromu. Od tego czasu wytworzono wiele materiałów wielowarstwowych, w których względna zmiana oporu osiąga nieomal 1% w temperaturze

pokojoyej. Ostatnio zaś wykryto GMR w materiałach niewarstwowych.

A. Berkowitz ze swoimi współpracownikami z Uniwersytetu Kalifornijskiego w San Diego i J. Xiao ze współpracownikami z Uniwersytetu Johna Hopkinsa w Baltimore odkryli GMR w ośrodkach magnetycznie niejednorodnych zawierających w skali mikroskopowej nieuporządkowane skupiska ferromagnetyczne. Układy, które badali, zawierają dwa nie mieszające się składniki: jeden ferromagnetyczny, a drugi nie, np. kobalt i miedź. Metale te nanoszone metodą naparowania pod próżnią mogą albo wytworzyć metatrwały stop albo materiał granulowany zależnie od temperatury podłoża, na które są nanoszone, oraz od temperatury wygrzewania stosowanego po naparowaniu. Dobierając te parametry można uzyskać jednodomenowe cząstki magnetyczne o rozmiarach od dziesiątych części nm do kilku nm, wbudowane w ośrodek metaliczny. W materiale o składzie $\text{Co}_{20}\text{Cu}_{80}$ zaobserwowano w temperaturze ciekłego helu wzrost oporu do 20% przy dużych natężeniach pola magnetycznego – można to już nazwać gigantycznym oporem magnetycznym. Większy jeszcze nieco efekt zaobserwował ostatnio J. Barnard z Uniwersytetu Alabama w materiale $\text{Co}_{35}\text{Ag}_{65}$.

Zjawisko gigantycznego oporu magnetycznego nie jest jeszcze w pełni poznane, wydaje się jednak, że wszystkie materiały wykazujące ten efekt powinny być magnetycznie niejednorodne i że skala niejednorodności musi być mniejsza lub co najmniej porównywalna ze średnią drogą swobodną elektronów przewodnictwa. Gdy natężenie pola magnetycznego jest równe zeru, w materiałach niewarstwowych ukierunkowanie momentów magnetycznych jest przypadkowe i obserwujemy stan wysokiego oporu. Gdy przykładamy pole magnetyczne, magnetyzacja próbki wzrasta skutkiem po-

rządkowania się momentów poszczególnych skupisk. Przy pełnym uporządkowaniu opór osiąga minimum. Związek między porządkiem magnetycznym układu a jego oporem elektrycznym można wyjaśnić różną efektywnością rozpraszania elektronów przewodnictwa, zależną od ukierunkowania ich spinów.

Nowozaobserwowane zjawisko jest nie tylko interesujące naukowo ale również przedstawia pewne możliwości zastosowań praktycznych, przede wszystkim do czujników magnetycznych, aczkolwiek trzeba tu powiedzieć, że niektóre z badanych materiałów wykazują GMR tylko w bardzo silnych polach magnetycznych, nierealnych dla zastosowań w technice.

Phys. World 5, Nr 9 (1992)

B. W.

Petley w Petersburskiej Akademii Metrologicznej

Petersburska Akademia Metrologii wybrała na swego członka Briana Petleya, kierownika Centrum Metrologii Podstawowej w Narodowym Laboratorium Fizycznym Zjednoczonego Królestwa (odpowiednik Urzędu Wąg i Miar).

Artykuł Briana Petleya na temat optycznych metod wyznaczania niektórych stałych fizycznych mamy zamiar opublikować w *Postęпах Fizyki*.

Phys. World, Dec. 1992

B. W.

200 lat od urodzenia Greena

Prawie dwieście lat temu, 14 lipca 1793, urodził się w Nottingham George Green, matematyk i fizyk angielski. Przez większą część życia Green pracował w wiatraku w Nottingham, w wolnym czasie zajmując się fizyką i matematyką. W 1828 r. opublikował „An Essay on the Application of Mathematical Analysis to the Theories of Electricity and Magnetism”, w którym wprowadził to, co obecnie nazywamy

funkcjami Greena i twierdzeniem Greena. Mając lat 40, tj. w roku 1833 pojechał do Cambridge studiować matematykę. Pracował tam także nad problemami hydrodynamiki, stworzył podstawy teorii potencjału i wprowadził podstawowe równania teorii sprężystości (tensor Greena). W 1839 r. został członkiem Gonville and Caius College, jednak wkrótce ze względu na zły stan zdrowia musiał zrezygnować z pracy w Cambridge i wrócił do Nottingham, gdzie zmarł 31 maja 1841.

W 1973 r., na zebraniu Europejskiego Towarzystwa Fizycznego, powołano Fundację Pamięci George'a Greena. Pierwotnym celem było zebranie funduszy na odrestaurowanie wiatraka, w którym pracował Green, jako pamiątki po nim. Cel został osiągnięty w 1985 r. — wiatrak odbudowano, działa i ściąga tłumy turystów (ok. 70 000 rocznie !). Fundacja nadal istnieje, wpłaty wpływają od różnych instytucji, firm i osób prywatnych, a uzyskane środki są kierowane na popularyzację osiągnięć Greena (np. ustanowiono nagrody im. Greena dla zwycięzców brytyjskiej Olimpiady Fizycznej, Konkursu Matematycznego i Szkolnych Zawodów Matematycznych) i ich znaczenia dla współczesnej fizyki.

B. W.

Amerykanie kupują opracowania rosyjskie

Lawrence Livermore National Laboratory w Kalifornii zakupuje za 300 000 USD rosyjskie opracowania (również przyrządy) z dziedziny techniki laserowej od 19 rosyjskich laboratoriów i jednego ukraińskiego. Są to opracowania nietajne i nie związane z uzbrojeniem. Dotyczą potencjalnych możliwości technicznego zastosowania laserów, monitorowania atmosfery dla lepszego przewidywania pogody i kontroli zaturcia. Livermore kupuje jedynie raporty

a nie „kupuje” ludzi.

Natomiast AT&T Bell Laboratories zawarły kontrakt z Fizyko-Technicznym Instytutem Joffego w Petersburgu — 27 rosyjskich naukowców będzie prowadzić na użytek AT&T badania podstawowe półprzewodników i laserów półprzewodnikowych. Podobną umowę AT&T zawarły też z Instytutem Fizyki Ogólnej w Moskwie na badania materiałowe. W tym przypadku pieniądze amerykańskie przeznaczone są na pensje, wyposażenie i podróże.

Są to przykłady jak uczeni dawnego ZSRR znajdują nowy, kapitalistyczny sposób zdobywania środków na badania naukowe.

Nature 360, Nr 6401 (1992)

B. W.

Książki, czasopisma, materiały konferencyjne z ICTP

W ciągu ubiegłego roku Międzynarodowe Centrum Fizyki Teoretycznej (ICTP) w Trieście rozdało ponad 37 000 tomów czasopism, książek i materiałów konferencyjnych ofiarowanych przez różne instytucje. Odbiorcami byli dotychczas głównie fizycy w krajach rozwijających się. Obecnie ICTP pragnie objąć rozdawnictwem również fizyków z Europy Wschodniej i Środkowej (o ile uda się zdobyć fundusze na koszty przesyłek). Na składzie jest obecnie ok. 170 000 tomów, z tego 60% to materiały konferencyjne (proceedings) z lat 1988–91, ofiarowane przez Międzynarodową Unię Fizyki Czystej i Stosowanej, Amerykańskie Towarzystwo Fizyczne i firmy takie jak World Scientific czy North-Holland.

Profesor H.R. Dalafi, który kieruje tym przedsięwzięciem ICTP zaprasza fizyków pragnących skorzystać z możliwości otrzymania wydawnictw do skontaktowania się z nim: prof. H.R. Dalafi, ICTP/TWAS, I-3410 Trieste, (tel./fax: +39(40)22401/224559). Prawdopodobnie odwiedzający ICTP będą mogli sami od-

bierać wybrane tomy w Trieście.

Europhys. News 23, Nr 10 (1992)

B. W.

Albert Schmillen (1914–1992)

Dnia 26 lipca 1992 zmarł Albert Matthias Schmillen, emerytowany profesor fizyki Uniwersytetu J. Liebiga w Giessen, wybitny specjalista luminescencji organicznych kryształów i roztworów. Urodził się 5 maja 1914 r. w Waxweiler w górach Eifel. Doktoryzował się na Uniwersytecie w Getyndze w 1940 u G. Joosa na podstawie pracy pt. „Kwadratowy efekt Zeemana linii siarczanu europu”. Habilitował się w 1953 r. na Uniwersytecie w Giessen (Pomiary czasu zaniku ciekłych i sztywnych roztworów za pomocą nowego fluorometru). Od 1941 r. do przejścia na emeryturę (1979 r.) pracował na Uniwersytecie w Giessen zajmując się fizyką ciała stałego, w szczególności luminescencją kryształów. Jest autorem 35 prac naukowych. Pod jego redakcją (wspólnie z R. Leglerem) ukazał się 3-ci tom *Lumineszenz organischer Substanzen* w ramach wydawnictwa *Landolt-Börnstein-Zahlenwerte und Funktionen aus Naturwissenschaften und Technik, Neue Serie (K.-H. Hellwege), Gruppe II: Atom- und Molekularphysik* (1967).

Na podkreślenie zasługuje jego współpraca naukowa z ośrodkiem gdańskim, w wyniku której zbadano po raz pierwszy zanik anizotropii emisji w czasie gaśnięcia fluorescencji sztywnych roztworów, wywołanej migracją energii wzbudzenia.

Alfons Kawski

Remy Lemaire (1937–1992)

Dnia 1 września 1992 r. zginął w wypadku samochodowym w Namibii wraz z żoną i synem profesor Remy Lemaire, jeden z twórców fizyki materiałów magnetycznie twardych.

Lemaire był absolwentem politechniki w Grenoble, którą ukończył w 1961 r. Doktorat wykonany pod kierunkiem profesorów E.F. Bertauta i L. Néela na uniwersytecie w Grenoble dotyczył technologii i właściwości związków: ziemia rzadka-kobalt.

Badaniu właściwości magnetycznych związków międzymetalicznych zawierających ziemię rzadkie poświęcona jest większość z ponad 200 prac opublikowanych przez Lemaire'a. Badania te koncentrują się w szczególności na określeniu wzajemnej roli oddziaływań wymiennych i anizotropii magnetokrystalicznej. Lemaire jest odkrywcą wąskich, „monoatomowych” ścian domenowych, obecnością których wyjaśnił zjawisko samoistnej koercji obserwowane w niskich temperaturach. Za badania w tej dziedzinie otrzymał w 1974 r. srebrny medal CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) oraz w 1977 r. Medal Blondela (za opracowanie technologii wytwarzania magneśców ziemia rzadka-kobalt). W latach 1986-90 był Przewodniczącym Komisji Magnetyków Międzynarodowej Unii Fizyki Czystej i Stosowanej. W latach 1988-92 był dyrektorem Laboratorium L. Néela. W 1992 r. zrezygnował z pracy badawczej w ośrodku w Grenoble i zdecydował się na pracę dydaktyczną w dziedzinie badań materiałowych w jednym z podparyskich uniwersytetów, organizując tam od postaw Instytut Badań Materiałowych.

Remy Lemaire był blisko związany z

polskim środowiskiem fizycznym, szczególnie żywe kontakty utrzymywał z laboratoriami w Warszawie, Wrocławiu i Krakowie, uczestnicząc w organizowanych przez te ośrodki imprezach naukowych, będąc często członkiem komitetów programowych, oraz wspierając je swoją wiedzą i doświadczeniem, a także patronując stażom naukowym polskich fizyków w Laboratorium Néela. Był on jednym z głównych inicjatorów powierzenia Polsce organizacji w r. 1994 Międzynarodowej Konferencji Magnetycznej (ICM '94).

Wielu polskich badaczy cieszyło się jego osobistą przyjaźnią i szczególnie boleśnie odczuło stratę tej pełnej ciepła a jednocześnie wybitnej osobowości.

Wojciech Suski, Henryk Szymczak

Kazimierz Rosiński (1920–1992)

Dnia 4 grudnia 1992 r. zmarł w Warszawie Kazimierz Rosiński, profesor zwyczajny nauk fizycznych, emerytowany profesor w Instytucie Fizyki PAN. Był wybitnym specjalistą w dziedzinie fizyki atomowej i molekularnej, nauczycielem i wychowawcą wielu warszawskich optyków, wieloletnim członkiem i działaczem Polskiego Towarzystwa Fizycznego, człowiekiem skromnym, prawym, przyjaznym ludziom.

Wspomnienie o Profesorze Rosińskim zamieścimy w jednym z najbliższych numerów *Postępów Fizyki*.

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, język (jeśli inny niż polski).

1993

22 – 23 maja 1993, Ustroń-Jaszowiec

II International Introductory Course on Physics of Semiconductors

Fundacja „Pro Physica”, dr Perła Kacman, Inst. Fizyki PAN, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel: (022) 436861, fax: (022) 430926, e-mail: perla@plearn.bitnet.

U: 50 (studenci z Czech, Litwy, Polski, Słowacji, Ukrainy, Węgier), ang.

24 – 28 maja 1993, Ustroń-Jaszowiec

XXII International School on Physics of Semiconducting Compounds

ZWC „Unipress” PAN, Inst. Fizyki PAN, Wydział Fizyki UW, dr Andrzej Suchocki, IF PAN, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel: (022) 436861, fax: (022) 430926, e-mail: suchy@planif61.bitnet.

P, U: 200, ang.

24 – 28 maja 1993, Kazimierz Dolny

XVI Międzynarodowa Warszawska Konferencja Cząstek Elementarnych

Inst. Fizyki Teoretycznej i Inst. Fizyki Doświadczalnej UW oraz Inst. Problemów Jądrowych, dr Z. Ajduk, IFT UW, Hoża 69, 00-681 Warszawa, tel: 6283031 w. 226, e-mail: ajduk@fuw.edu.pl.

Z: 31.3.93, A: 15.4.93, P, U: 100, ang.

24 – 28 maja 1993, Warszawa

Diffractionometry

SPIE – Polish Chapter, prof. M. Pluta, Inst. Optyki Stosowanej, Markowska 18, 03-742 Warszawa, tel: 184405, fax: 133265.

ang.

5 – 9 lipca 1993, Kraków

Energy Systems and Ecology, Int. Conf. ENSEC '93

Inst. Techniki Ciepłej Politechniki Śląskiej, Konarskiego 22, 44-100 Gliwice, tel: 314116.

18 – 28 sierpnia 1993, Piaski

23rd Mazurian Lakes Summer School on Nuclear Physics

Inst. Problemów Jądrowych, Uniw. Warszawski, Państw. Agencja Energii Atomowej, prof. Z. Sujkowski, IPJ, 05-400 Świerk, tel: 798627, e-mail: sujkowski@plearn.bitnet.

P, U: 150, ang.

3 – 8 września 1993, Szczyrk

III International School on Quantum Optics

Inst. Fizyki PAN, Centrum Fizyki Teor. PAN, dr Piotr Zalicki, IF PAN, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel: (022) 436704, fax: (022) 430926, e-mail: optics@planiff1.bitnet.

Z: 30.3.93, P, U: 100, ang.

12 – 25 września 1993, Zakopane

1993 European School of High-Energy Physics

CERN, Miss S. M. Tracy, School of Physics, CERN/DG-A, CH-1211 Genève 23, Szwajcaria.

Z: 31.3.1993, ang.

14 – 17 września 1993, Rydzyna

Non-Conventional Optical Imaging Elements

Inst. Fizyki Politechniki Wrocławskiej, doc. Jerzy Nowak, IF PWr, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, tlx: 712559 pwr pl lub 712254 pwr pl, fax: (071) 223664, e-mail: adam@plwrtu11.bitnet.

P, ang.

20 – 23 września 1993, Kraków

XXXII Zjazd Fizyków Polskich

Oddział Krakowski PTF, prof. J. Niewodniczański, Wydział Fizyki i Techniki Jądrowej AGH, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel: (012) 336377, tlx: 0322203 agh pl, fax: (012) 340010, e-mail: zjazd@mifitj.ifj.edu.pl.

1994

1994, Wrocław

11th Int. Conf. Solid Compounds of Transition Elements

Inst. Niskich Temp. i Badań Strukturalnych PAN, prof. W. Suski, INTiBS PAN, pl. Katedralny 1, 50-950 Wrocław.

maj 1994, Warszawa

4th Int. Symposium on Systems with Fast Ionic Transport

Inst. Fizyki Politechniki Warszawskiej, prof. W. Jakubowski, IF PW, Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel: 499831, tlx: 813307 pw.

16 – 20 maja 1994, Warszawa

Interferometry '94

SPIE – Polish Chapter, prof. M. Pluta, Inst. Optyki Stosowanej, Markowska 18, 03-742 Warszawa, tel: 184405, fax: 133265.

ang.

18 – 26 maja 1994, Ustroń-Jaszowiec

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

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

P, U: 120, ang.

22 - 26 sierpnia 1994, Poznań

Int. Conf. on Magnetism, ICM '94

Inst. Fizyki Molekularnej PAN, prof. J. Morkowski, IFM PAN, Smoluchowskiego 17/19,
60-179 Poznań.

NOWE KSIĄŻKI

- Jerzy Warczewski, *Krystaliczne struktury modulowane*, PWN, Warszawa 1992, s. 178.
- Mieczysław Szustakowski, *Elementy techniki światłowodowej*, WNT, seria „Fizyka dla przemysłu”, Warszawa 1992, s. 272, cena zł 15 000.
- Antoni Śliwiński, *Ultradźwięki i ich zastosowania*, WNT, seria „Fizyka dla przemysłu”, Warszawa 1993, s. 412, cena zł 48 000.
- Michał Jaroszyński, *Galaktyka i budowa Wrzechświata*, PWN, seria „Astrofizyka”, Warszawa 1993, s. 304 + 16 fot.

ZESTAW PODWÓJNEGO LICZNIKA FOTONÓW

Zestaw *Podwójnego Licznika Fotonów* pozwala przystosować komputer PC do pomiaru widm optycznych (emisji, wzbudzeń i absorpcji) metodą liczenia fotonów.

Zestaw składa się z karty wkładanej do pojedynczego gniazda (slotu) płyty głównej komputera IBM PC (lub kompatybilnego) z magistralą AT-Bus oraz z programu sterującego pracą karty.

Karta posiada dwa niezależne tory liczenia fotonów, każdy z nich złożony z szybkiego dyskryminatora i 24-bitowego (zliczenia do 16 milionów) licznika. Wejścia liczników akceptują szybkie sygnały o amplitudach z zakresu od -2V do +2V lub impulsy TTL. Ponadto karta posiada 9-stykowe gniazdo wejść/wyjść zawierające cztery niezależnie programowalne wejścia i cztery niezależnie programowalne wyjścia (wszystkie w standardzie TTL), przeznaczone do sterowania innymi przyrządami w pracowni.

Program korzysta z 400 kB pamięci RAM, koprocatora arytmetycznego oraz z jednej z kart graficznych: Hercules, EGA, VGA lub SVGA. Program umożliwia wszystkie podstawowe operacje konieczne do łatwego zbierania i przetwarzania widm, oraz zapisuje zgromadzone dane w plikach o różnych formatach, odczytywanych przez inne, komercyjnie dostępne programy graficzne.

Szczegółowe informacje i zamówienia:

Light Scan s.c.
Warchałowskiego 9 m. 48
02-776 Warszawa
fax: (22) 23 06 73
tel: (2) 641 05 26

KSZTAŁCIMY LUDZI, KTÓRZY POTRAFIĄ WSZYSTKIEGO SIĘ NAUCZYĆ

Współczesny świat rozwija się tak szybko, że w trakcie naszego życia będziemy świadkami zaniku wielu uznanych dziś zawodów i powstania wielu nowych. Nie jesteśmy w stanie przewidzieć wszystkich niespodzianek, jakie niesie dzisiejszy rozwój cywilizacji, ale wiemy na pewno, że wiedza zdobyta na studiach interdyscyplinarnych najlepiej przygotowuje nas na spotkanie jutra.

Powołana w tym roku w Warszawie nowa wyższa uczelnia niepaństwowa

SZKOŁA NAUK ŚCISŁYCH

ogłasza zapisy na pierwszy rok studiów dziennych w roku akademickim 1993/94.

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

Szkoła Nauk Ścisłych ma wszystkie prawa wyższej uczelni – dyplomy uczelni są honorowane na równi z dyplomami uczelni państwowych, studenci i absolwenci mają te same prawa, przywileje i obowiązki co studenci państwowych szkół wyższych.

Studia są trzystopniowe. Pierwszym stopniem są trzyletnie studia licencjackie. W roku 1993/94 uruchomiony zostanie jeden kierunek studiów licencjackich: studia interdyscyplinarne łączące fizykę, chemię, matematykę i informatykę. Absolwenci uzyskają stopień licencjata następujących specjalności:

fizykochemia materiałów,
obsługa nowoczesnej aparatury.

Po uzyskaniu licencjatu można podjąć studia magisterskie. W Szkole Nauk Ścisłych będą prowadzone studia magisterskie w zakresie fizyki i chemii. Najzdolniejsi absolwenci studiów magisterskich będą mogli studiować na studiach doktoranckich.

Wykłady będą prowadzone przez profesorów Polskiej Akademii Nauk. W programie przewidziano znaczną ilość zajęć laboratoryjnych w nowoczesnie wyposażonych pracowniach badawczych instytutów PAN. Każdy student będzie miał swobodny dostęp do komputera.

Nie przewiduje się formalnych egzaminów wstępnych. Kandydaci będą przyjmowani na podstawie świadectwa maturalnego i rozmowy kwalifikacyjnej. Liczba miejsc jest ograniczona.

Studia będą płatne. Uczelnia zapewni jednak studentom możliwość całkowitego lub częściowego odpracowania czesnego.

Informacje o studiach w Szkole Nauk Ścisłych można uzyskać w sekretariacie Szkoły, który mieści się w Instytucie Fizyki PAN w Warszawie, tel. 43 70 01 w. 385.

Informacje dla autorów

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

- 1) Artykuły powinny mieć charakter przeglądowy i być przystępne dla ogółu fizyków. Bardziej szczegółowe wskazówki co do ich charakteru przedstawione są w *Postęпах Fizyki* **24**, 701 (1973); **33**, 299 (1982). O przyjęciu pracy do druku decyduje Komitet Redakcyjny.
- 2) *Postępy Fizyki* są obecnie składane komputerowo. Aby skrócić cykl wydawniczy proponujemy Autorom przygotowującym swe artykuły na komputerach nadsyłać, **wraz z maszynopisami**, tekstów artykułów pocztą elektroniczną (nasz adres: postepy@fuw.edu.pl) lub na dyskietkach. Możemy przyjmować dyskietki 5.25" i 3.5", o dowolnej gęstości zapisu, w standardzie IBM lub Mac. Redakcja gwarantuje zwrot dyskietek natychmiast po skopiowaniu zapisów.
 - Osoby korzystające z $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ -a mogą nadsyłać gotowe składy (zapisane krojem podstawowym, bez wyróżnień strony tytułowej itp.), najlepiej w formacie Plain z polskimi literami kodowanymi zgodnie z systemem MeX.
 - Teksty z ChiWritera (z podaniem klucza stosowanego dla polskich liter) możemy przyjmować w wersji oryginalnej.
 - Przy innych edytorach prosimy o przygotowanie niesformatowanego pliku ASCII i listy kodów, pod którymi ukryte są znaki polskiego alfabetu.
- 3) Maszynopisy pracy należy nadsyłać pod adresem: Redakcja *Postępów Fizyki*, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa. Autorzy, którzy nie mogą dostarczyć tekstu artykułu pocztą elektroniczną lub na dyskietce, są proszeni o przesłanie **dwóch** egzemplarzy maszynopisu (także rysunków, tablic itd.). W liście towarzyszącym prosimy podać dokładny adres (również komputerowy) do dalszej korespondencji.
- 4) Maszynopis winien być napisany **na arkuszach formatu A4 jednostronnie, z podwójną interlinią** (nie więcej niż 30 wierszy na stronie) i marginesem 3.5 cm z lewej strony.
- 5) Rysunki należy wykonać starannie na oddzielnych arkuszach w rozmiarze 2 do 4 razy większym niż mają być w druku. Napisy, ograniczone do minimum, winny być czytelne i tylko w języku polskim. Na odwrocie rysunku należy podać jego numer, nazwisko autora i pierwsze wyrazy tytułu pracy. Podpisy do rysunków, tablice (z ich tytułami) i spis literatury winny być napisane na oddzielnych stronach.
- 6) Układ strony tytułowej, tekstu, odnośników literaturowych itd. powinien odpowiadać formie przyjętej w *Postęпах Fizyki* (patrz artykuły np. w tym numerze).
- 7) Autora obowiązuje wykonanie korekty autorskiej, którą należy zwrócić w ciągu 3 dni pod adresem Redakcji. Przetrzymanie korekty może spowodować przesunięcie artykułu do następnego zeszytu.
- 8) Autor otrzymuje bezpłatnie 25 egz. odbitek pracy. Dodatkowe odbitki można zamawiać odpłatnie przy przesyłaniu korekty autorskiej.
- 9) Maszynopisów prac nie zamówionych i nie zakwalifikowanych do druku Redakcja nie zwraca.

POSTĘPY FIZYKI

(dwumiesięcznik)

WARUNKI PRENUMERATY

1. Wpłaty na prenumeratę są przyjmowane na okresy półroczne.
2. Cena prenumeraty krajowej w 1993 r. wynosi 45 000 zł za pół roku. Cena prenumeraty ze zleceniem dostawy za granicę jest o 100% wyższa od krajowej.
3. Wpłaty na prenumeratę przyjmują:
 - prenumerata krajowa – jednostki kolportażowe „Ruch” i urzędy pocztowe właściwe dla miejsca zamieszkania lub siedziby prenumeratora,
 - prenumerata zagraniczna – Zakład Kolportażu Prasy i Wydawnictw, 00-958 Warszawa, konto: PBK, XIII Oddział Warszawa, nr 370044-1195-139-11.
4. Dostawa zamówionej prasy następuje:
 - przez jednostki kolportażowe „Ruch” – w sposób uzgodniony z zamawiającym,
 - przez urzędy pocztowe – pocztą zwykłą na wskazany adres. W przypadku zlecenia dostawy za granicę pocztą lotniczą, koszt przesyłki lotniczej w pełni pokrywa prenumerator.
5. Terminy przyjmowania prenumeraty krajowej i zagranicznej: do 20 stycznia – na I półrocze, do 20 maja – na II półrocze.

PRENUMERATA DLA CZŁONKÓW PTF

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

INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

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

SPIS TREŚCI

J. Baranowski – O historii najbardziej kontrowersyjnego defektu w półprzewodnikach	107
P.-G. de Gennes – Mięka materia	121
RÓŻNE	
Granty KBN z fizyki – I konkurs	131
WSPOMNIENIA – ROCZNICE	
A.K. Wróblewski – Fizyka wysokich energii w Polsce: pierwsze 50 lat	153
NOWOŚCI NAUKOWE	
Czy uda się wytworzyć antywodór? (oprac. M. Łukaszewski)	201
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI	205
RECENZJE	213
KRONIKA	215

CONTENTS

J. Baranowski – About the history of the most controversial defect in semiconductors	107
P.-G. de Gennes – Soft matter	121
MISCELLANEA	
Grants in physics of the State Research Committee	131
RECOLLECTIONS – ANNIVERSARIES	
A.K. Wróblewski – High energy physics in Poland: the first 50 years	153
SCIENTIFIC NEWS	
Routes to antihydrogen (compiled by M. Łukaszewski)	201
MEETINGS AND CONFERENCES	205
REVIEWS	213
CHRONICLE	215