

PTF

DWUMIESIĘCZNIK  
POŚWIĘCONY  
UPOWSZECHNIANIU  
WIEDZY  
FIZYCZNEJ

# POSTĘPY FIZYKI

TOM 47  
ZESZYT 2  
1996

---

# POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

## ZARZĄD GŁÓWNY

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

## Redaktorzy naczelni czasopism PTF

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

## Przewodniczący Oddziałów Towarzystwa

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

## ADRES ZARZĄDU

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



POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

# POSTĘPY FIZYKI

DWUMIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY UPOWSZECHNIANIU  
WIEDZY FIZYCZNEJ

TOM 47, ZESZYT 2  
1996

Zeszyt dofinansowany  
przez Komitet Badań Naukowych

Wydano pod patronatem  
Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego  
Warszawa 1996

## RADA REDAKCYJNA

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

## KOMITET REDAKCYJNY

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

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

### Korespondenci Oddziałów PTF:

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

**Danuta Frąckowiak, Izabela Hanyż**

*Instytut Fizyki  
Politechnika Poznańska  
Poznań*

## **Zastosowania metod fototermicznych w badaniach fotosyntezy**

### **The application of photothermal methods in investigations of the process of photosynthesis**

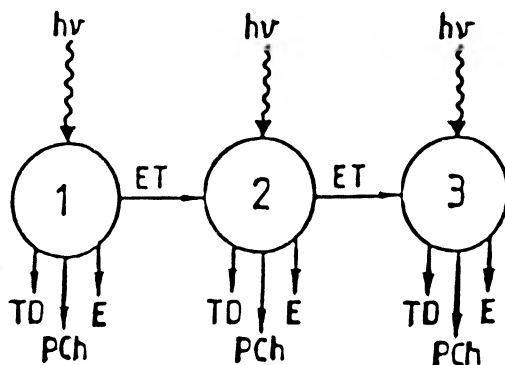
*Abstract:* The application of the steady state and time resolved photothermal methods in the investigations of the primary processes of photosynthesis occurring in the photosynthetic organisms and in the simpler model systems are described. The interactions between carotenoids and chlorophylls are discussed as the examples. In organisms carotenoids transfer their singlet excitation energy to chlorophylls working as the so-called antenna system and quench the chlorophyll triplet excitation preventing the photodestruction of this important pigment. Both reactions were investigated in organisms and in a model system constructed of both pigments oriented by „guest-host” effect in nematic liquid crystal.

W badaniach biofizycznych coraz szerzej stosowane są różne metody spektroskopowe. Jedną z mniej znanych metod jest wyznaczenie widma dezaktywacji cieplnej zachodzącej w układach biologicznych.

Proces fotosyntezy, jak wiemy ze szkolnej biologii, zachodzi w organizmach samożywnych tj. w roślinach wyższych, glonach i niektórych bakteriach. Polega on na syntezie węglowodanów przebiegającej w tzw. aparacie fotosyntetycznym tych organizmów przy istotnym udziale energii świetlnej. Aparat fotosyntetyczny w szczegółach składu i budowy jest różny w różnych organizmach, można w nim jednak zawsze wyróżnić dwa następujące typy kompleksów barwnikowo-białkowych: anteny oraz tzw. centra reaktywne. Rolą anten jest absorpcja światła i przekazywanie do centrów, w których energia wzbudzenia powoduje reakcję fotoche-

miczną zapoczątkowującą cały szereg reakcji ciemnych, prowadzących w końcu do syntezy węglowodanów.

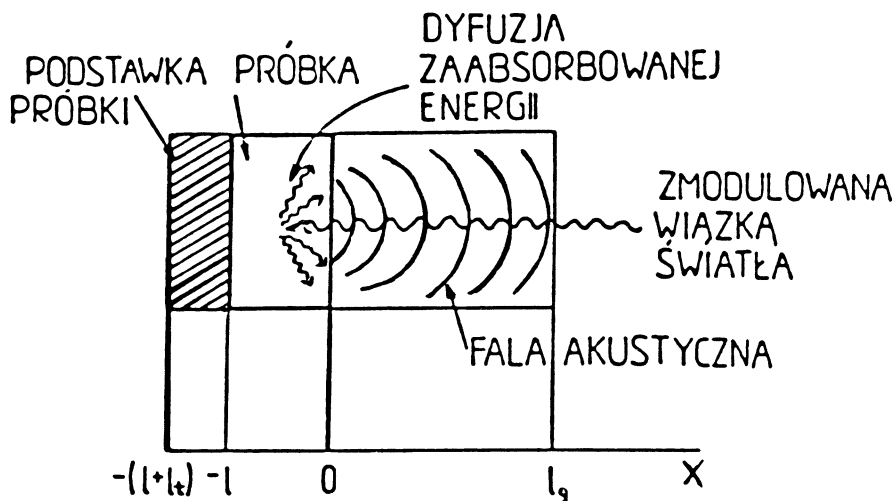
Oba typy kompleksów umieszczone są bądź w błonach biologicznych, bądź też na ich powierzchni, w sposób gwarantujący efektywną absorpcję docierającego do organizmu światła i wydajne przekazywanie energii wzbudzenia do centrów reaktywnych. Nie jest celem tego artykułu dyskusowanie budowy aparatu fotosyntetycznego, ani teorii stosowanych do wyjaśnienia procesu przekazywania energii w antenach tworzących łańcuch donorów i akceptorów energii. Zarówno budowa aparatu jak i jego skład barwnikowy są dopasowane do warunków, w których żyje dany organizm. Barwniki przyłączone do białek (tzw. chromofory) są więc różne w różnych organizmach, dzięki czemu barwy organizmów fotosyntetyzujących są przeróżne: od zieleni trawy i drzew aż do purpury niektórych bakterii [1,2]. Wiemy już obecnie wiele o strukturze aparatu fotosyntetycznego. Umiemy kryształizować kompleksy barwnikowo-białkowe i badać ich budowę metodami dyfrakcyjnymi [3]. Olbryzi rozwój mikroskopii – np. powstanie mikroskopii sił atomowych – pozwala na ustalenie struktury kompleksów i sposobu ich rozmieszczenia w błonach biologicznych. Struktura aparatu fotosyntetycznego jest ściśle związana z jego funkcją. Odległości pomiędzy barwnikami antenowymi i kierunki ich momentów przejść absorpcji i emisji tak są dobrane, aby migracja energii wzbudzenia pomiędzy antenami prowadziła z dużym prawdopodobieństwem do jej spuląpkowania w centrum reaktywnym. Wędrówkę w kierunku centrów ułatwia układ barwników: chromofory położone bliżej centrów mają niższe energie wzbudzenia. Procesy pierwotne, to jest procesy zachodzące pomiędzy absorpcją światła i spuląpkowaniem energii, są to procesy szybkie – zachodzą w czasie nano-, piko- lub femtosekund. Wzbudzony przez absorpcję światła lub przez przekazanie energii barwnik antenowy może przekazać energię następnemu elementowi łańcucha donorów i akceptorów, lecz z tym korzystnym dla przebiegu procesu fotosyntezy procesem konkurują inne: emisja luminescencji i konwersja energii wzbudzenia na ciepło, czyli przejście bezpromieniste (rys. 1) [4,5]. W kompleksach antenowych wzbudzenie nie powinno wywoływać zmian fotochemicznych, toteż badając widma absorpcji, wzbudzenia luminescencji i dezaktywacji cieplnej możemy wyznaczyć ilość zaabsorbowanego promieniowania. Układy naturalne są bardzo złożone, toteż trudno zanalizować wyniki badań spektralnych w sposób umożliwiający ich porównanie z teoriami opisującymi oddziaływanie międzymolekularne. Pomocą w tej trudnej sytuacji są prostsze układy modelowe skonstruowane w znany sposób z elementów aparatu fotosyntetycznego: barwników, kompleksów barwnikowo-białkowych lub elementów membran zawierających te kompleksy. Istotną cechą układów biologicznych jest ich anizotropia. Układy modelowe, które konstruujemy w naszym laboratorium, pozwalają odtwarzać tę



Rys. 1. Schemat łańcucha donorowo-akceptorowego chromoforów (1, 2, 3); TD – dezaktywacja cieplna, E – emisja, ET – przekazywanie energii, PCh – reakcja fotochemiczna,  $h\nu$  – kwant absorbowanego promieniowania elektromagnetycznego.

własność, umożliwiającą bowiem uporządkowanie badanych elementów w znany sposób [4-7]. Mogą to być np. roztwory w nematycznych ciekłych kryształach porządkowane poprzez odpowiednią obróbkę okienek kuwety pomiarowej lub przez przyłożone do przezroczystych elektrod pole elektryczne, lub też mechanicznie deformowane zabarwione folie polimerowe. Zapoczątkowane przez nas przed wielu laty konstruowanie i badanie anizotropowych modeli aparatu fotosyntetycznego szalenie się upowszechniło [4,5,8,9]. Zarówno całe organizmy, takie jak bakterie fotosyntetyzujące, jak ich fragmenty uporządkowane w znany sposób bada się przy użyciu światła spolaryzowanego. Badanie dla tej samej próbki widm absorpcji, wzbudzenia fluorescencji i opóźnionej luminescencji (metodami polaryzacyjnymi), jak również widm fototermicznych pozwala na ustalenie roli poszczególnych chromoforów w procesie przekazywania energii do centrów reaktywnych.

Wytwarzanie ciepła w wyniku absorpcji promieniowania świetlnego nazywane jest efektem fototermicznym lub optotermicznym. Metody fototermiczne pozwalają ustalić z jaką wydajnością poszczególne chromofory antenowe zamieniają energię wzbudzenia na ciepło. Różne mogą być metody badania widm fototermicznych. Jedną z nich jest metoda fotoakustyczna, w której mierzy się amplitudę fali akustycznej wytworzonej w komorze napełnionej gazem przez ciepło dyfundujące z periodycznie oświetlanej próbki do granicy pomiędzy tą stałą lub ciekłą próbką i gazem czynnym (rys. 2) [10]. Ciepło to powoduje periodyczne rozprężanie cienkiej warstwy gazu, działającej jak tłok na resztę gazu w komorze fotoakustycznej. Metoda ta, której teorię opracowali Rosencwaig i Gersho [11], jest metodą stacjonarną i nie nadaje się, w swej wersji podstawowej, do pomiaru kinetyki dezaktywacji cieplnej.



Rys. 2. Przekrój cylindrycznej komory fotoakustycznej.

Dla próbek stałych o dość dużej objętości stosuje się spektrometr fototermiczny z odbiornikiem piezoelektrycznym. Efekt termoelastyczny wywołany periodycznym oświetlaniem próbki powoduje powstanie drgań mechanicznych przetwornika piezoelektrycznego, który zamienia drgania mechaniczne bezpośrednio na drgania elektryczne [12-14]. Jest to metoda szczególnie dogodna przy wysokiej częstotliwości modulacji światła czynnego i dużej objętości próbki.

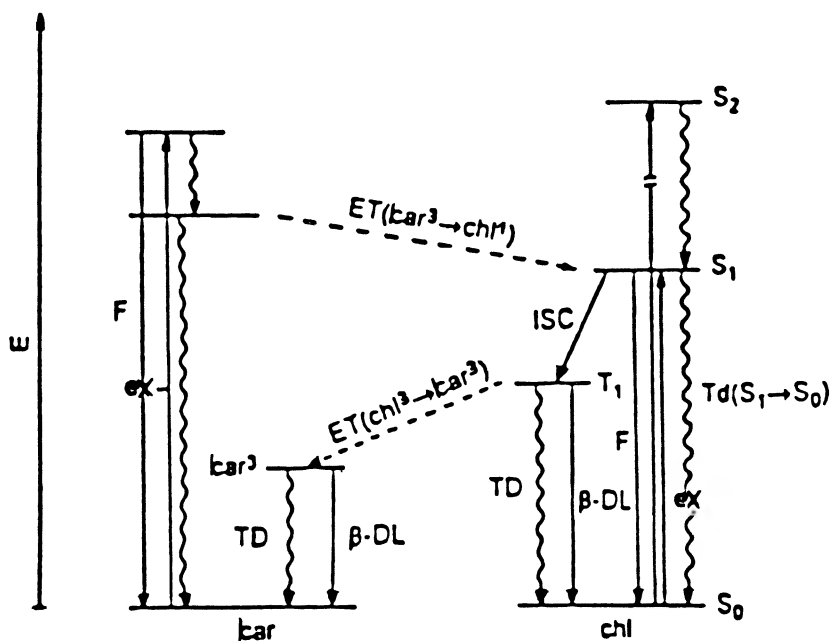
W obu tych metodach można stosować fotoselekcję wzbudzanych cząsteczek za pomocą światła spolaryzowanego [15,16]. Badania fotoakustyczne w świetle spolaryzowanym zostały po raz pierwszy przeprowadzone w latach osiemdziesiątych [17]. Od tego czasu użyte tam metody są często stosowane w badaniach anizotropowych próbek biologicznych [5,7], których struktura jest ściśle związana z ich funkcją fizjologiczną. Przykładem takich badań mogą być pomiary przekazywania energii wzbudzenia w układach anten organizmów fotosyntetyzujących.

Jak już wspomniano, podstawową rolą anten jest zbieranie energii słonecznej i przekazywanie tej energii wzbudzenia (ekscytonu) do centrów reakcji, w których jest ona zamieniana w energię chemiczną potrzebną do syntetyzowania węglowodanów. Wiadomo jednak, że istnieją jeszcze inne, równie ważne role barwników antenowych. Na przykład karoten, oprócz tego, że przekazuje energię wzbudzeń singletowych do łańcucha donorów i akceptorów wzbudzenia kończącego się w centrach reakcji, wygasza również trypletowe wzbudzenia chlorofilu. Interkombinacyjne wzbudzenia długożyciowych stanów trypletowych prowadzą do reakcji

fotocemicznych niszczących najważniejsze barwniki anten organizmów fotosyntetyzujących – molekuły chlorofili.

Wydatność przekazywania energii wzbudzenia zależy nie tylko od odległości pomiędzy chromoforami kompleksów antenowych, ale i od wzajemnej orientacji ich momentów przejść. Mechanizm przekazywania energii może być różny: rezonansowy, wymienny, lub pośredni pomiędzy nimi mechanizm opisany przez teorię Knoxa i Kenkrego [18], ale zależność od orientacji chromoforów zawsze występuje. Używając metody fotoakustycznej lub innej metody fototermicznej i stosując spolaryzowane światło czynne, możemy oddzielnie badać straty energii wzbudzenia w różnie ułożonych chromoforach. Ewolucja tak świetnie zoptymalizowała skład i strukturę aparatu fotosyntetycznego, że może on bardzo wydajnie pełnić swe różne role. Jedną z nich jest ochrona jego barwników przed zniszczeniem przez nadmierne oświetlenie.

Na rysunku 3 przedstawiono schemat poziomów energetycznych oraz zaznaczono przejścia prowadzące do wymiany energii pomiędzy karotenoidami i chlorofilami. Pokazuje on, że bardzo ciekawe jest oddzielne mierzenie dezaktywacji



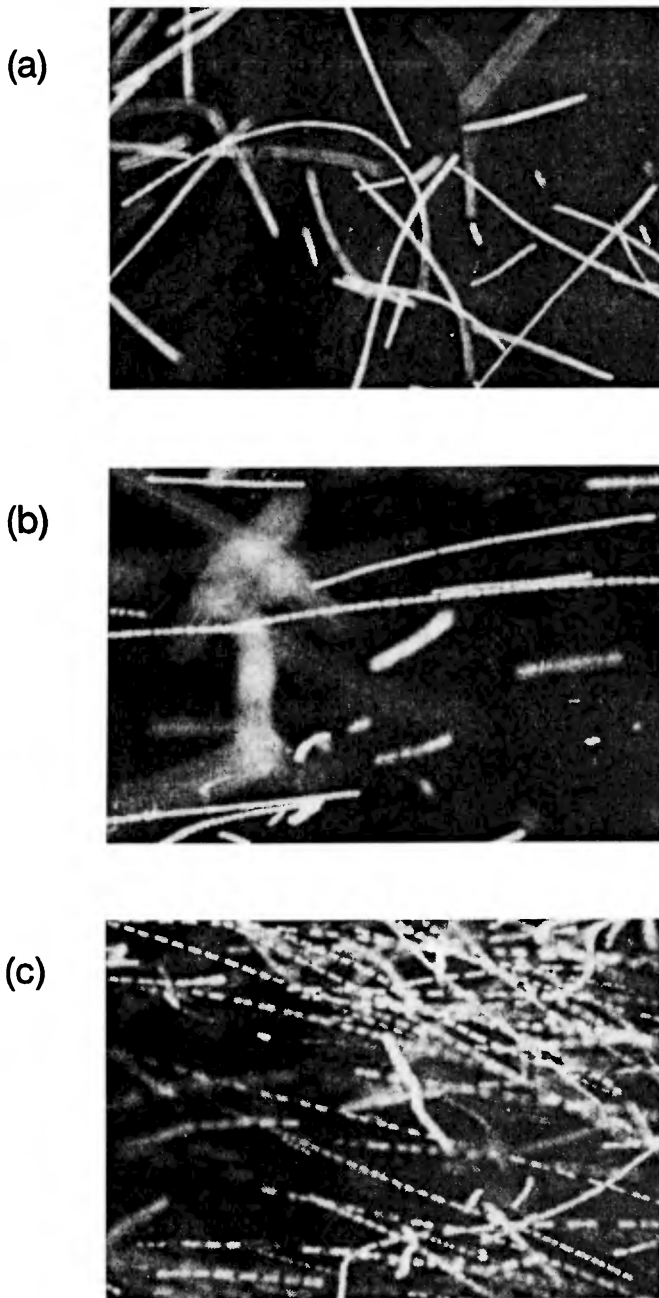
Rys. 3. Schemat przekazywania energii pomiędzy  $\beta$ -karotenem i chlorofilem  $a$ ; F – fluorescencja, ET – przekazywanie energii, TD – dezaktywacja cieplna, ex – wzbudzenie przez absorpcję promieniowania,  $\beta$ -DL – opóźniona luminescencja typu  $\beta$ , tj. przejście międzysystemowe.

cieplnej ze stanów o różnych czasach życia. W tym przypadku ze stanów singletowych, z których zarówno promienista jak i bezpromienista dezaktywacja zachodzi w czasie rzędu  $10^{-8}$  –  $10^{-9}$  s, jak i ze stanów trypletowych dezaktywowanych w czasie mili- i mikrosekund. Z kolei przekazywanie energii pomiędzy antenami i konwersja wewnętrzna w cząsteczkach zachodzą odpowiednio w czasie piko- i femtosekund. Badania układów antenowych opierają się na prawie zachowania energii (rys. 1): energia wzbudzenia każdej z anten może być uzyskana bądź przez bezpośrednią absorpcję światła, bądź też przez przekazanie energii z innej anteny. Energia wzbudzenia może być „stracona” przez przekazanie jej do innego chromoforu, emisję fluorescencji lub opóźnionej luminescencji, lub może być zamieniona na ciepło. Reakcje fotochemiczne w antenach natywnych są mało prawdopodobne i szkodliwe. Zbadanie łańcuchów donorów i akceptorów wzbudzenia (są to zwykle łańcuchy, a nie jeden łańcuch) wymaga pomiarów, z użyciem światła spolaryzowanego, widm absorpcji, widm wzbudzenia fluorescencji (świeci zwykle mocniej ostatni donor, o ile oddzielimy anteny od centrów reakcji), widm opóźnionej luminescencji i ewentualnie badania możliwości generacji fotopotencjałów przez układ antenowy. Pomiar pokazuje, czy i ile energii w danym kompleksie może pójść na reakcje przekazania ładunku. Wszystkie procesy dezaktywacji (rys. 1 i 3) konkurują ze sobą. Aby stosować fotoakustykę polaryzacyjną, korzystnie jest zorientować w znany sposób elementy lub nawet całe małe organizmy w układzie laboratoryjnym. Rysunek 4 przedstawia zdjęcie, wykonane pod mikroskopem fluorescencyjnym, całych bakterii przed uporządkowaniem i po ich częściowym uporządkowaniu przez rozciągnięcie folii polimerowej, w której są one unieruchomione.

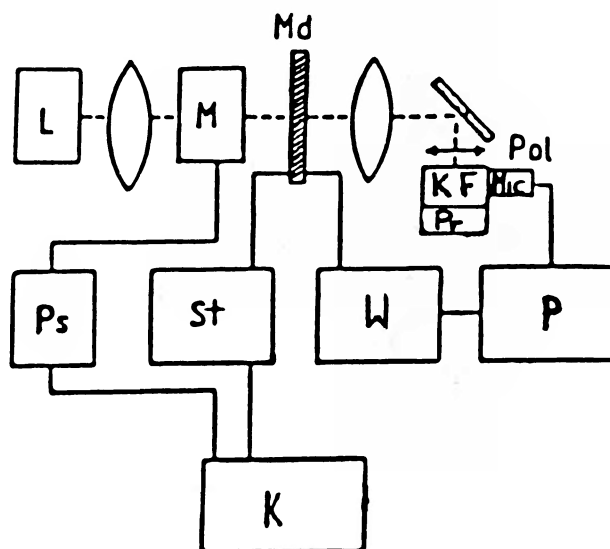
W takich częściowo uporządkowanych próbkach można wydajnie fotoselekcjonować poszczególne grupy chromoforów przez zmianę kierunku polaryzacji liniowo spolaryzowanego światła.

Aby zbadać kinetykę dezaktywacji cieplnej trzeba na ogół dysponować szybkimi metodami pomiarów efektów fototermicznych. Można jednak pewne informacje o kinetyce dezaktywacji cieplnej uzyskać metodą zaproponowaną przez Moore'a [19], a rozwiniętą przez Poulet i współ. [20], używając stacjonarnego zestawu fotoakustycznego (rys. 5). Podejście to opiera się na fakcie, że zmodyulowany sygnał fotoakustyczny jest przesunięty w fazie w stosunku do zmodyulowanego światła czynnego. Gdy ciepło jest wynikiem powolnej dezaktywacji cieplnej (z energii spułapkowanej np. w stanach trypletowych), i gdy okres modulacji staje się porównywalny z czasem zaniku wzbudzenia, sygnał mierzony zależy zarówno od stosowanej częstości modulacji, jak i od różnicy faz pomiędzy światłem czynnym i mierzonym sygnałem fotoakustycznym (nastawionej na wzmacniaczu fazoczułym, rys. 5). Zwykle wykonujemy pomiar przy przesunięciu fazowym da-



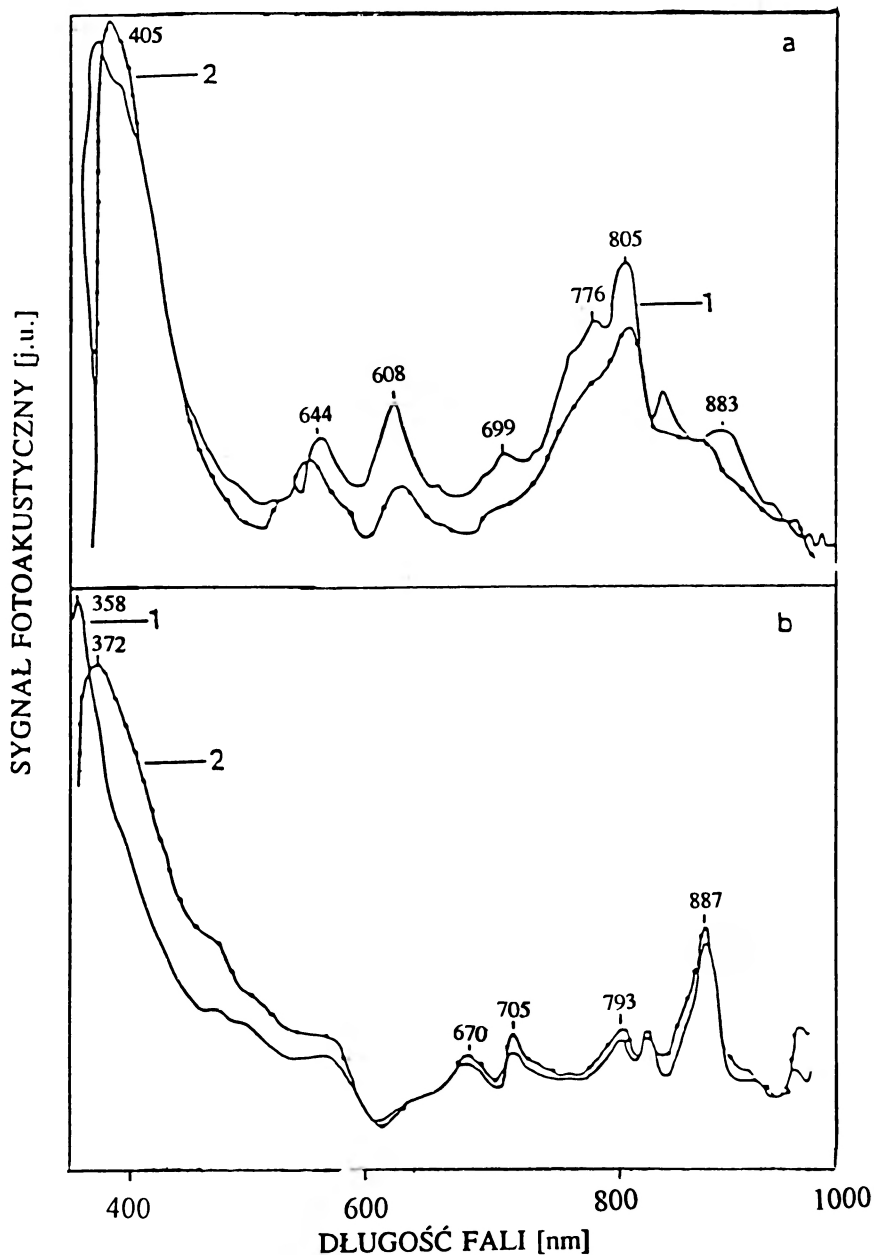


Rys. 4. Zdjęcie całych bakterii *Tolypothrix* w folii PVA; a – nie wyciągniętej, b – wyciągniętej jednoosiowo, c – wyciągniętej skośnie.



Rys. 5. Schemat aparatury fotoakustycznej; L – lampa ksenonowa, M – monochromator, Md – modulator mechaniczny, KF – komora fotoakustyczna, Pr – próbka, Mic – mikrofon, Pol – polaryzator, P – przedwzmacniacz, W – wzmacniacz fazy, St – stabilizator obrotów modulatora, Ps – zasilacz silnika krokowego, K – komputer.

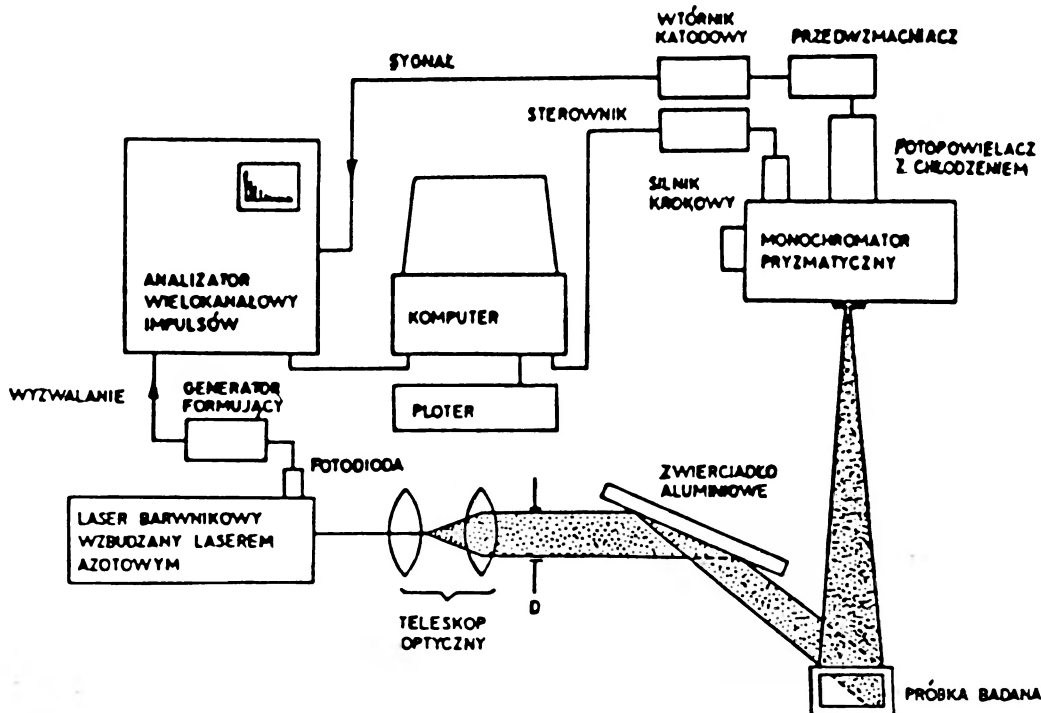
jącym maksymalną amplitudę sygnału. Chcąc wykryć powolnie (w czasie rzędu mili- lub mikrosekund) zanikające składowe dezaktywacji niepromienistej mierzymy widmo fotoakustyczne dla różnych częstotliwości modulacji i przy różnych fazach, przez co możemy wykryć obszary widmowe odpowiadające chromoforom o powolnej dezaktywacji cieplnej. Rysunek 6 przedstawia przykład takich widm kompleksów bakterii fotosyntetyzujących zawierających zarówno anteny jak i centra reakcji bakterii. Jak widać z tego rysunku, zmiana częstotliwości modulacji światła czynnego powoduje zmianę kształtu widma. Świadczy to o istnieniu oprócz szybkiej składowej dezaktywacji cieplnej przyczynków od procesu powolnego (zachodzącego w czasie mili- i mikrosekund), różnych w różnych obszarach widmowych. Z rachunków zaproponowanych przez Poulet [20] możemy oszacować stosunek natężenia powolnego (w zakresie mili- i mikrosekund) i szybkiego (w zakresie nano-, piko- i femtosekund) sygnału fotoakustycznego w różnych obszarach widmowych oraz średni czas zaniku sygnałów powolnych. W przypadku karotenu i chlorofilu, który badaliśmy w nematycznym ciekłym kryształach [21], stwierdziliśmy, że nasz układ modelowy jest jednak „gorszy” niż układ naturalny, gdyż mało wydajnie przekazuje energię wzbudzenia singletowego od karotenu do chlorofilu, jest natomiast „świetny” w zamianie energii wzbudzenia karotenu oddziaływu-



Rys. 6. Widmo fotoakustyczne centrów reakcji *Rhodospirillum rubrum* a) w buforze, b) w płynnym PVA; krzywe 1 otrzymano dla częstości modulacji  $\nu = 8.6$  Hz, krzywe 2 - dla  $\nu = 25.6$  Hz ( $\phi = -116.6$ ).

cego z chlorofilem na powolnie emitowane ciepło. Usiłujemy go teraz poprawić, aby uzyskać wydajniejsze przekazywanie wzbudzeń singletowych. Ciekły kryształ dzięki silnemu oddziaływaniu z barwnikiem przeciwdziała agregacji chlorofilu. Jak wynika z rezonansowych widm ramanowskich, chlorofile w nematykach są pięcioskoordynowane z cząsteczkami rozpuszczalnika [22]. Karoten natomiast łatwo krystalizuje i wprowadzenie go w postaci monomerycznej wymaga specjalnej procedury, którą dopiero ostatnio opanowaliśmy. Bardzo pomocne w interpretacji takich powolnie dezaktywujących wzbudzenie układów są równocześnie dla nich prowadzone badania rozdzielnych w czasie widm opóźnionej luminescencji w zakresie mili- i mikrosekund [23]. Schemat używanej w naszych pracach aparatury przedstawia rys. 7. Spułąpkowana energia wzbudzenia dezaktywuje się na ogół zarówno promieniście jak i bezpromieniście, więc pomiary opóźnionej luminescencji trzeba porównywać z wynikami opóźnionej dezaktywacji cieplnej.

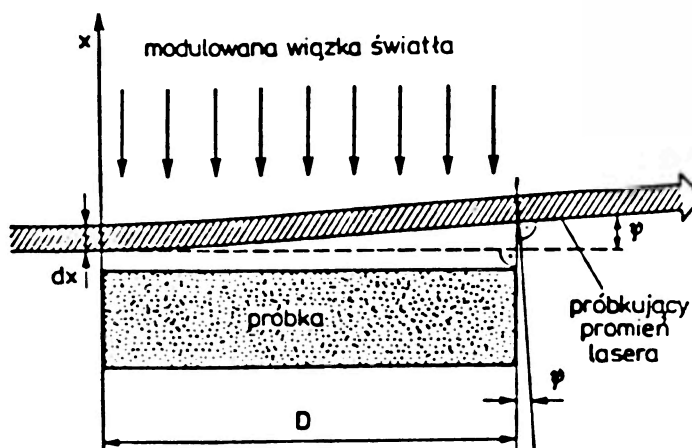
Przy zastosowaniu całego zestawu widm stacjonarnych (widma fotoaktyczne, widma absorpcji, opóźnionej luminescencji i wzbudzenia fluorescencji),



Rys. 7. Schemat aparatury do pomiarów czasowo rozdzielonych widm opóźnionej luminescencji.

wykorzystując parametry widm (zależności temperaturowe itp.), można wnosić o mechanizmach i wydajności dezaktywacji cieplnej nie tylko w prostych modelach ale i w całych organizmach lub ich fragmentach [23]. Przy interpretacji wyników dla bardzo złożonych struktur biologicznych nieocenione usługi oddają badania prostych modeli o znanej strukturze i ekstrapolacja wyników dla nich uzyskanych do sytuacji *in vivo*. Badania oddziaływań pomiędzy karotenoidami i chlorofilami prowadzimy nie tylko w układach modelowych (np. ciekłych kryształach) [21], ale i na całych tylakoidach roślin zielonych [24] (we współpracy z Instytutem Biologii Molekularnej UJ). Podobnie badając całe zielone bakterie [25] prowadzimy również badania nad oddziaływaniami pomiędzy molekułami bakteriochlorofilu *c* i karotenów w nematykach (we współpracy z Uniwersytetem w Lejdzie).

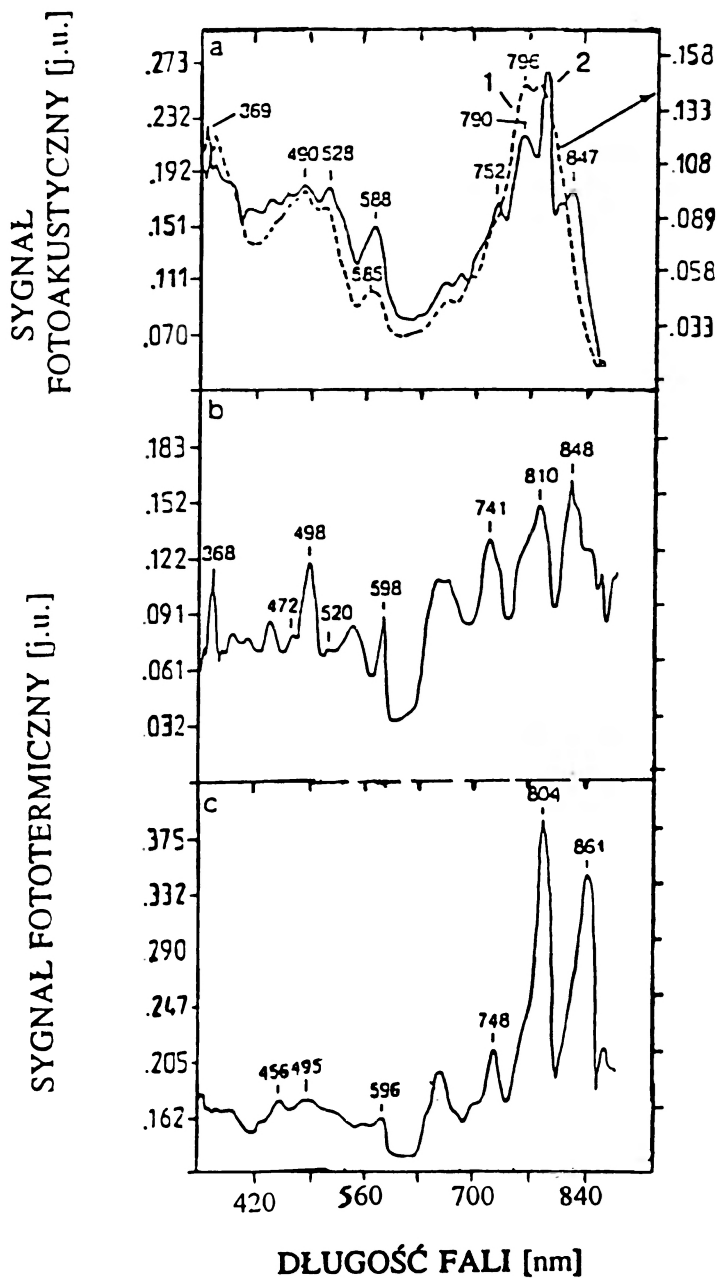
Do ostatecznej interpretacji mechanizmu dezaktywacji cieplnej konieczne są jednak metody mniej bezwładne niż stacjonarna fotoakustyka (rys. 5). Jedną z nich jest tzw. metoda mirażu zaproponowana na początku lat osiemdziesiątych przez Boccara i współpracowników [26] (rys. 8). W sąsiedztwie powierzchni periodycznie ogrzewanej próbki powstaje w otaczającym ją gazie zmienny w czasie gradient temperatury, który jest źródłem gradientu współczynnika załamania światła tego gazu. Wiązka światła laserowego przebiegająca w bezpośrednim sąsiedztwie powierzchni próbki ulega odchyleniu zgodnie z zasadą Fermata. Podobny efekt jest obserwowany na ogrzonym piasku pustyni, stąd nazwa metody. Odchylenie wiązki śledzi się za pomocą fotodiody pozycyjnej. Dokładność pomiaru odchylenia wiązki przekracza już obecnie  $10^{-9}$  radiana. W tym ujęciu metoda



Rys. 8. Zasada pomiaru sygnału fototermicznego metodą mirażu;  $D$  – średnica próbki,  $dx$  – średnica wiązki laserowej,  $\psi$  – kąt odchylenia wiązki laserowej.

odchylenia wiązki laserowej jest wciąż metodą stacjonarną, jednak dzięki małej bezwładności „wskazówki świetlnej” pozwala na pomiar w krótkim czasie po przerwaniu oświetlenia próbki. W próbkach biologicznych daje to lepszą rozdzielczość efektów związanych z blisko położonymi chromoforami, gdyż w czasie pomiędzy oświetleniem i pomiarem nie następuje równowaga cieplna w objętości próbki, w której są one umieszczone, podczas gdy w komorze fotoakustycznej przyczynki od blisko położonych chromoforów średniują się. Rysunek 9 przedstawia widmo fotoakustyczne tej samej próbki otrzymane metoda fotoakustyczną i metodą mirażu [27]. Jak widać z rys. 9a obniżenie temperatury próbki zmienia stosunkowo nieznacznie kształt widma fotoakustycznego. Zmiana metody pomiaru przez zastosowanie metody mirażu (rys. 9b,c) pozwala obserwować rozdzielone maksima związane z różnymi chromoforami. Maksima te jednak zmieniają się ze zmianą ośrodka, w którym umieszczone są kompleksy barwnikowo-białkowe (rys. 9b,c).

Wielkie zasługi w opracowaniu szybkich rozdzielnych w czasie metod fototermicznych położyła Silvia Braslavsky wraz ze swymi współpracownikami [12-14,28]. Metody opracowane w jej laboratorium otrzymują zaraz po zaproponowaniu nazwy, których skróty wchodzi błyskawicznie do literatury. Dwie z nich to indukowana laserem spektroskopia optoakustyczna („laser induced optoacoustic spectroscopy” – LIOAS) i fototermiczne odchylenie wiązki („photothermal beam deflection” – PBD) [12,13,28]. Pierwsza z nich umożliwia pomiary w czasie rzędu nano- i mikrosekund, druga w czasie rzędu milisekund lub nieco krótszym. Metoda LIOAS polega na pomiarze skoku ciśnienia powstałego dzięki błyskawicznemu oświetleniu próbki. Zmiana objętości próbki po oświetleniu powstaje z nałożenia się dwóch efektów: (i) zmiany objętości powstałej dzięki ogrzaniu próbki przez wydzielone w niej ciepło dezaktywacji termicznej wzbudzenia (jest to przeważnie zwiększenie objętości) i (ii) zmiany objętości wywołanej przez zmiany struktury zachodzące w oświetlonej próbce [28]. Zmiany struktury mogą być związane ze zmianą długości wiązań molekularnych, kątów pomiędzy tymi wiązaniami, modyfikacją solwatacji absorbujących światło molekularnych i tym podobnymi efektami zachodzącymi bądź w cząsteczkach bezpośrednio absorbujących światło bądź też w ich fotoproduktach. Pierwszy efekt zależy od temperatury, gdyż jest funkcją stosunku współczynnika rozszerzalności cieplnej do ciepła właściwego ośrodka ( $\beta/C_p$ ), drugi w małym zakresie temperatur słabo zależy od temperatury. A więc można je odseparować przez pomiary przeprowadzone w różnych temperaturach. Drugi efekt autorzy nazywają efektem strukturalnym, gdyż odzwierciedla on zmiany struktury badanej cząsteczki i jej najbliższego otoczenia. Metoda PBD opiera się na badaniu odchylenia wiązki laserowej w ośrodku, w którym przez ogrzanie wytworzono gradient współczynnika załamania. Pod tym wzglę-



Rys. 9. Widmo fototermiczne kompleksów barwnikowo-białkowych: a) widma fotoakustyczne kompleksów w folii PVA w temperaturze pokojowej (1) i niższej (2); b) i c) widma mierzone metodą mirażu: w buforze (b) i w płynnym PVA (c).

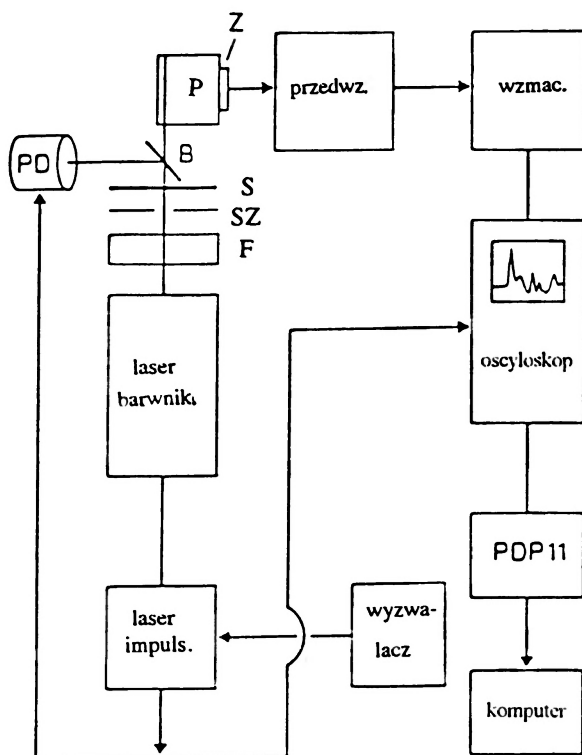
dem jest podobna do metody mirażu, jest to jednak nie metoda stacjonarna, lecz impulsowa. Wzbudzenie impulsowe (w czasie pikosekund) i śledzenie fali cieplnej w różnych „okienkach czasowych” po błysku światła technikami stosowanymi przy pomiarach rozdzielnych w czasie widm absorpcji i emisji [14,28] pozwala uzyskać wysoką rozdzielczość czasową, duże natężenie sygnału i niezależność sygnału od warunków brzegowych. Można też zaniedbać wolniejsze efekty dyfuzji ciepła. Obie te metody stosowano do wielu próbek, lecz ograniczymy się do przykładów ich zastosowania w badaniach organizmów fotosyntetyzujących.

W aparacie fotosyntetycznym organizmów oraz w jego modelach stężenie barwników absorbujących w obszarze widzialnym i bliskiej podczerwieni jest niskie. Dla takich próbek obszar wzbudzony przez wiązkę lasera może być uważany za walec i zarówno fala cieplna jak i akustyczna ma też symetrię cylindryczną. Schemat aparatury do pomiarów metodą LIOAS przedstawia rys. 10. Do ścianki normalnej spektrometrycznej kuwety kwarcowej przymocowany jest detektor piezoelektryczny, który może być przesuwany w kierunku prostopadłym do wiązki, tak by zmieniać odległość pomiędzy wiązką światła i detektorem. Kuweta jest w komorze, której temperaturę regulują elementy Peltiera. W niektórych doświadczeniach przetwornik piezoelektryczny jest w bezpośrednim kontakcie z próbką. Obie metody (LIOAS i PBD), jak wszystkie metody optotermiczne, wymagają pomiarów dla odnośnika (wzorca). W metodach fotoakustycznych (rys. 5) jest to pomiar widma fotoakustycznego ciała doskonale czarnego, przez które komputer dzieli otrzymane z pomiaru widmo próbki aby uzyskać widmo niezależne od rozkładu widmowego światła lampy. W metodach impulsowych odnośnik musi spełniać następujące warunki: mieć widmo pokrywające się z zakresem widma próbki, i zamieniać całą energię na ciepło, tj. nie podlegać reakcjom fotochemicznym ani nie emitować luminescencji. Ciśnienie w odległości  $r$  od środka oświetlonego cylindra opisuje równanie wyprowadzone przez Landaua i Lifschitza, zaadaptowane do detekcji optoakustycznej [12]. Zaniedbuje się zwykle dyfuzję ciepła i zakłada się czasowy i przestrzenny gaussowski kształt impulsu lasera o szerokości połówkowej  $\eta$ . Nawet przy tych uproszczeniach otrzymuje się dość „niewygodne” równanie:

$$p = GE_0(1 - 10^{-A})(\tau_a^2 + \tau_1^2 + \tau_{nr}^2)^{-3/4}, \quad (1)$$

gdzie  $G$  – współczynnik będący funkcją termoelastycznych parametrów ośrodka i geometrii układu oraz przestrzennego i czasowego rozkładu ciśnienia,  $E_0$  – natężenie wiązki laserowej,  $A$  – współczynnik absorpcji próbki,  $\tau_a$  – czas przejścia fali akustycznej przez wiązkę światła laserowego (zależy on od promienia tej wiązki i prędkości dźwięku w danym ośrodku),  $\tau_{nr}$  – czas niepromienistego zaniku wzbudzenia. We współczynniku  $G$  zawarty jest cały szereg trudnych do ustalenia pa-





Rys. 10. Schemat aparatury do pomiarów metodą LIOAS; B – płytka światłodzieląca, P – kuweta z próbką, PD – detektor pyroelektryczny, F – filtr, Z – detektor piezoelektryczny, SZ – szczelina kalibracyjna, S – soczewka.

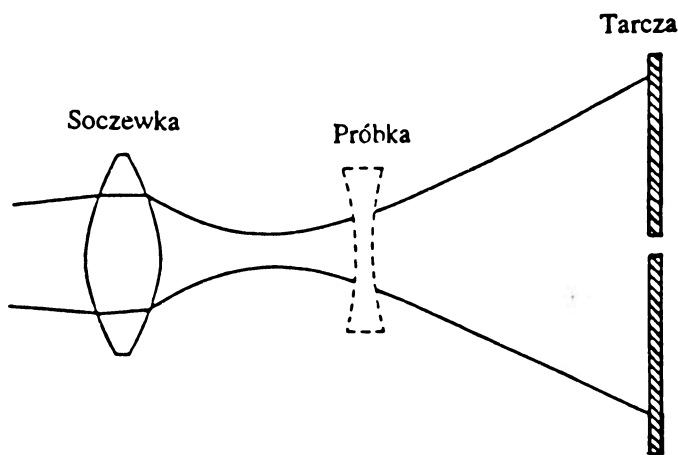
rametrów ośrodka i geometrii zestawu. W określonych warunkach eksperymentu można wyznaczyć ten współczynnik za pomocą znanego odnośnika. Zarówno amplituda jak i szerokość impulsu ciśnieniowego mogą być wykorzystane w pomiarze dezaktywacji cieplnej. Użycie odnośnika upraszcza równanie (1) do:

$$H = K\alpha E_0(1 - 10^{-A}), \quad (2)$$

gdzie  $H$  – część ciepła rozproszona w czasie  $\tau_{nr}$ ,  $K$  – stała aparaturowa cechowana odnośnikiem,  $\alpha$  – ciepło rozproszone w czasie krótszym niż rozdzielczość czasowa aparatury. Używając odnośnika o  $\alpha = 1$  wyznacza się nachylenie prostoliniowej zależności  $H$  od  $E_0$  dla próbki i odnośnika.

W metodzie LIOAS przy odpowiednim dobraniu długości impulsu lasera, ciepło dostarczone w krótkim czasie po błysku jest „scałkowane” już w pierwszym impulsie skoku ciśnienia. Z teorii wynika, że po tym pierwszym impulsie następuje impuls o podobnej amplitudzie lecz o przeciwnym znaku, odpowiadający

sprężeniu ośrodka po rozszerzeniu się w pierwszym impulsie. Zmiana kolimacji wiązki lasera zmienia czas, po którym impuls osiąga maksimum, więc zmiana promienia wiązki pozwala wyznaczyć prędkość fali akustycznej w ośrodku. Pokrewną do metody PBD jest metoda rozdzielnego w czasie soczkowania cieplnego („time-resolved thermal lensing” – TRTL) (rys. 11). Wspominamy o niej, by ją odróżnić od metody PBD. W metodzie TRTL krótki impuls lasera przebiegając w ośrodku ciekłym zmienia jego współczynnik załamania tworząc „soczewkę cieplną”. Zanik efektu oświetlenia w środku wiązki laserowej może być mierzony dzięki odchyleniu wiązki próbnej.



Rys. 11. Układ optyczny do pomiarów metodą TRTL.

Metoda PBD jest bardziej zbliżona do metody mirażu. Podobnie jak w metodzie TRTL stosujemy dwie wiązki laserowe: impulsową i ciągłą, równoległe lub prawie równoległe. Dzięki zmianie współczynnika załamania wywołanej przez impuls lasera wiązka próbna ulega odchyleniu. Metody tej można używać jedynie dla wolniejszych dezaktywacji (rzędu milisekund), ponieważ dyfuzja cieplna zachodzi stosunkowo powoli i zmiany współczynnika załamania  $n$  trwają dłużej niż dyfuzja fali akustycznej przez wiązkę laserową. Gdy śledzimy zmiany współczynnika załamania musimy brać pod uwagę zmiany absorpcji nawet w obszarach widmowych odległych od długości fali wiązki próbnej (zgodnie ze związkami Kramersa-Kroniga). Można odseparować przyczynki pochodzące od tego efektu.

Przykładem zastosowania metody LIOAS do badania zmian konformacji makromolekuł są pomiary zmian w centrach reakcji bakterii – kompleksach barwnikowo-białkowych o dobrze znanej strukturze – zachodzących pod wpływem oświetlenia powodującego przekazanie elektronu w tzw. „specjalnej parze” – dimerze

barwnika. Jak przewidywano, przekaz elektronów powoduje zmiany konformacyjne białka, do którego przyłączone są barwniki. Zmiany te mogą być wykryte jedynie za pomocą metody LIOAS. Badano te zmiany zarówno porównując nachylenie prostoliniowej zależności  $H$  od  $E_0$  dla centrów reakcji i odnośnika, jak i kształt i kinetykę sygnału fotoakustycznego po błysku światła, również porównaną z sygnałem odnośnika. Przy obu podejściach, dla centrów reakcji wyodrębnionych z różnych bakterii zawsze obserwowano związane z tworzeniem w centrach jonorodników zmiany objętości rzędu  $10 \text{ cm}^3/\text{mol}$ . Około 40% energii było magazynowane w centrach reakcji bakterii lub roślin zielonych. Również gdy nie tworzą się jonorodniki (gdy brak np. akceptora elektronu) obserwowano pewną mniejszą kontrakcję centrów reakcji związaną z powstawaniem stanów trypletowych. Nie będziemy wchodzić w szczegóły biologicznej interpretacji tych wyników. Chcemy jedynie pokazać, że rozdzielne w czasie metody fototermiczne pozwalają uchwycić małe, odwracalne, zachodzące w krótkich czasach zmiany objętości makromolekuł biologicznych.

Nie będziemy też opisywać bardziej biologicznych zastosowań metod fototermicznych w badaniach fotosyntezy. Wspomnimy tylko, że dla komórek biologicznych można bez ich niszczenia badać metodami fotoakustycznymi ich absorpcję w różnych warstwach próbki, zmieniając w stacjonarnej aparaturze fotoakustycznej częstość modulacji światła [11], i że w razie trwałości fotochemicznej próbki nieluminezującej można z dużo mniejszymi zakłóceniami badać absorpcję rozpraszających próbek biologicznych.

Opracowano metody wyznaczania wydajności fluorescencji próbek biologicznych przez pomiary fotoakustyczne i wyznaczanie wydajności przekazywania energii pomiędzy barwnikami zawartymi w anizotropowej, rozpraszającej próbce biologicznej [4,7,15,16].

Od lat badane jest wydzielanie tlenu przez organizmy fotosyntetyzujące przy użyciu metod fotoakustycznych [14]. Wykorzystując wolniejszą kinetykę tego procesu można go odseparować od efektów naprawdę termicznych przez zmianę częstości modulacji światła. Można też wyznaczyć ilość energii świetlnej zmagazynowanej w różnych fotoproduktach wytwarzanych w trakcie procesu. Jest to bardzo czuła metoda badania procesu fotosyntezy w organizmach i ich fragmentach. Reasumując, fotoakustyka wkracza w badania wielu procesów biologicznych i jest w stanie dostarczyć informacji nieosiągalnych innymi metodami.

Niniejszy artykuł opracowano w ramach tematu statutowego Politechniki Poznańskiej nr 62-112/2 (1995).

## Literatura

- [1] Govindjee, *Bioenergetics of Photosynthesis* (Academic Press, 1975).
- [2] J. Ames, *Photosynthesis* (Elsevier, Amsterdam-New York-Oxford 1987).
- [3] J. Deisenhofer, H. Michel, w: *The Photosynthetic Bacterial Reaction Centers. Structure and Dynamics* (Plenum Press, New York-London 1978), s. 1.
- [4] D. Frąckowiak, A. Ptak, *Photosynthetica* **30**, 553 (1994).
- [5] D. Frąckowiak, A. Dudkowiak, *Photosynthetica* **26**, 503 (1992).
- [6] D. Frąckowiak, A. Dudkowiak, R. Cegielski, A. Planner, C. Schulz, *Photosynthetica* **31**, 283 (1995).
- [7] D. Frąckowiak, D. Wróbel, A. Dudkowiak, *Trends Photochem. Photobiol.* **2**, 411 (1991).
- [8] J. Breton, w: *The Photosynthetic Bacterial Reaction Centers. Structure and Dynamics* (Plenum Press, New York-London 1978), s. 59.
- [9] J. Michl, E.W. Thulstrup, *Spectroscopy with Polarized Light* (VCH Publishers, New York 1986).
- [10] D. Frąckowiak, J. Szurkowski, „Spektroskopia fotoakustyczna i inne metody fototermiczne”, w: *Biospektroskopia*, t. 5, red. J. Twardowski (PWN, Warszawa 1990).
- [11] A. Rosencwaig, *Photoacoustics and Photoacoustic Spectroscopy* (J. Wiley Interscience, New York 1980).
- [12] S.E. Braslavsky, K. Heihoff, „Photothermal methods”, w: *Handbook of Organic Photochemistry* (CRC Press, Boca Raton 1989), s. 327.
- [13] S.E. Braslavsky, G.E. Heibel, *Chem. Rev.* **92**, 1381 (1992).
- [14] S. Malkin, *Annu. Rev. plant Mol. Biol.* **45**, 493 (1994).
- [15] D. Frąckowiak, S. Hotchandani, R.M. Leblanc, *Photochem. Photobiol.* **42**, 559 (1985).
- [16] D. Frąckowiak, I. Abdourakhmanov, R. Cegielski, R.M. Leblanc, *Photochem. Photobiol.* **57**, 877 (1993).
- [17] D. Frąckowiak, S. Hotchandani, B. Szych, R.M. Leblanc, *Acta Phys. Pol. A* **69**, 121 (1986).
- [18] K.M. Kenkre, R.S. Knox, *Phys. Rev. Lett.* **33**, 803 (1974).
- [19] T.A. Moore, D. Benin, R. Tom, *J. Amer. Chem. Soc.* **104**, 7356 (1982).
- [20] M. Ouzafe, P. Poulet, J. Chambon, *Photochem. Photobiol.* **55**, 491 (1992).
- [21] D. Frąckowiak, B. Zelent, H. Malak, R. Cegielski, J. Goc, M. Niedbalska, A. Ptak, *Biophysical Chemistry* **54**, 95 (1995).
- [22] D. Wróbel, M. Kozielski, *Biophysical Chemistry* **26**, 91 (1987).
- [23] A. Planner, *Opóźniona luminescencja układów modelujących systemy biologiczne* (Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1994).
- [24] D. Frąckowiak, R. Cegielski, M. Niedbalska, A. Waloszek, S. Więckowski, *Photosynthetica* **32** (1996), w druku.
- [25] A. Dudkowiak, R. Cegielski, A. Ptak, A. Planner, E. Chrzumnicka, I. Hanyż, D. Frąckowiak, *Photosynthetica* **30**, 83 (1994).
- [26] A.G. Boccara, D. Fournier, J. Badoz, *Appl. Phys. Lett.* **36**, 130 (1980).
- [27] D. Frąckowiak, R. Cegielski, I. Abdourakhmanov, R.M. Leblanc, *Biochem. and Biophys. Res. Communi.* **186**, 327 (1992).
- [28] S.E. Braslavsky, *The Spectrum* **7**, 10 (1994).

**Clifford G. Shull**

*Wydział Fizyki*

*MIT*

*Cambridge, USA*

## **Początki rozwoju badań nad rozpraszaniem neutronów\***

### **Early development of neutron scattering**

*Nobel Lecture, 10 December 1994, Stockholm*

Neutrony zostały wykryte przez Chadwicka w 1932 r. w wyniku obserwacji przenikliwego promieniowania pochodzącego z metalicznego berylu podczas naświetlania go cząstkami alfa ze źródła radowego. Dalsze badania wykazały, że promieniowaniem tym były neutralne cząstki, których energię kinetyczną można było zmniejszyć do energii termicznej na drodze niesprężystego rozpraszania w ośrodku zawierającym lekkie atomy. Dzięki temu procesowi tzw. termalizacji Fermiego uświadomiono sobie, że, wobec dwoistości (dualizmu) cząstkowo-falowej, neutronom termicznym powinny odpowiadać fale de Broglie'a o długości porównywalnej z odległościami międzyatomowymi w ciele stałym. Zatem należało oczekiwać, że w wyniku rozpraszania neutronów na kryształach będzie zachodziło zjawisko dyfrakcji, podobnie jak w przypadku promieniowania X, i rzeczywiście pierwsze eksperymenty w 1936 r. wykazały w sposób jeszcze prymitywny, że było to prawdą.

W tym czasie zastosowanie dyfrakcji rentgenowskiej było już wysoko rozwinięte i stanowiło ważne narzędzie do określania struktury oraz oddziaływań międzyatomowych w materiałach i nie wydawało się, żeby dyfrakcja neutronów

---

\*Wykład noblowski, wygłoszony 10 grudnia 1994 r. w Sztokholmie, został przetłumaczony za zgodą Autora i Fundacji Nobla [Translated with permission. Copyright ©1995 by the Nobel Foundation] (przyp. Red.).

mogła również stać się użyteczną metodą badawczą, a to z powodu bardzo małego natężenia neutronów emitowanych ze źródeł. Ograniczenie to uległo nagłej zmianie w pierwszych wojennych latach 1939–43 po odkryciu rozszczepienia jądrowego przez Ottona Hahna i Lizę Meitner oraz po zademonstrowaniu przez Fermiego urządzenia do samopodtrzymującej się neutronowej reakcji łańcuchowej. Natychmiast w ślad za dokonaniem Fermiego nastąpiło zaprojektowanie i budowa w pełnej skali reaktora jądrowego, albo „stosu” jak go wtedy nazywano, w Oak Ridge, Tennessee.

Reaktor ten, nazywany stosem Clintona (Clinton Pile), był przeznaczony do produkcji pierwszych mierzalnych ilości plutonu i służył jako urządzenie prototypowe dla opracowania znacznie większych reaktorów wytwórczych, które zostały zaprojektowane do zbudowania w stanie Washington. „Stos” Clintona był zestawem z moderatorem (spowalniaczem) grafitowym, chłodzonym powietrzem, o mocy ok. 3.5 MW, przy czym gęstość strumienia powolnych neutronów wynosiła ok.  $10^{12}$  neutronów/cm<sup>2</sup>s. W tym samym okresie drugi zestaw CP-3, w którym moderatorem była ciężka woda, został zaprojektowany i zbudowany w Chicago. W tabeli 1 podane są daty uruchomienia tych wczesnych, a także następnych, powojennych reaktorów. Obydwa zestawy reaktorowe Clintona i CP-3 działały podczas lat wojennych produkując wytwarzane przez człowieka pierwiastki i izotopy, oraz promieniowanie neutronowe wykorzystywane w ograniczonym zakresie do otrzymania pilnie potrzebnych danych o przekrojach czynnych.

Tabela 1. Daty uruchomienia pierwszych „stosów atomowych”.

1942 (grudzień)	Prototyp reaktora (Fermi – Chicago)
1943 (listopad)	Reaktor grafitowy – Clinton Pile (3 MW)
1944	Reaktor ciężkowodny CP-3, Argonne
1947	NRX – Chalk River (Kanada)
1948	BEPO – Harwell (Anglia)
1950	LITR – wzbogacony uran, Oak Ridge BGRR – Brookhaven

Rysunek 1 pokazuje dawną fotografię załadowczej strony zestawu Clintona z operatorami wykonującymi pewne czynności na ruchomym pomoście na jego przodzie. „Stos” ma kształt sześcianu o długości krawędzi ok. 7 m i składa się z ciasno dopasowanego zbioru grafitowych „podłużnic”, tj. prostokątnych bloków o kwadratowych przekrojach o boku ok. 10 cm i długości 150 cm. Czysty



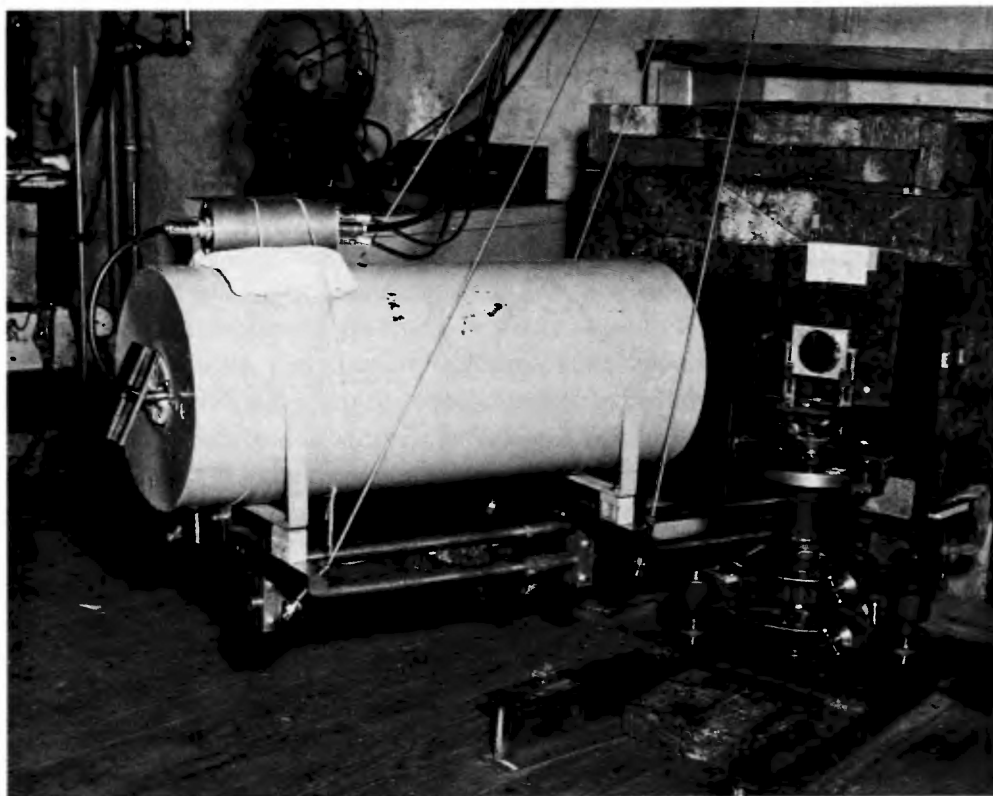
Rys. 1. Fotografia załadowniczej strony reaktora Clintona.

metaliczny uran służy w zestawie jako paliwo rozszczepialne i jest umieszczony rzędami w sieci kanałów w graficie rozciągających się od strony załadowczej do tylnej strony rozładowniczej. Metaliczny uran ma postać cylindrycznych prętów o średnicy ok. 2 cm i długości 10 cm, szczelnie zamkniętych w aluminiowych otoczkach. Chłodzące powietrze przepływa kanałami w stronę tylnej ściany zestawu skutkiem zasysania go przez duże wentylatory, a sterowanie poziomem reakcji jądrowej odbywa się przez ustawianie wewnątrz rdzenia różnych prętów absorbujących neutrony. Dookoła sześciennego stosu grafitowego znajduje się betonowa osłona chroniąca przed promieniowaniem, o grubości ok. 1.5 m. Projektanci w przewidujący sposób rozmieścili pewną liczbę kanałów przechodzących przez osłonę, umożliwiającą dostęp do aktywnego rdzenia zestawu.

W okresie wojennym przy jednym z tych kanałów był używany jednoosiowy spektrometr do otrzymywania monoenergetycznych neutronów dla transmisyjnych pomiarów przekrojów czynnych. Pod koniec wojny Ernest Wollan postanowił ustawić dwuosiowy spektrometr do badania pełnego dyfraktogramu, przy czym pierwsza oś służyła do wytworzenia monochromatycznej wiązki, z nadzieją, że wystarczające natężenie pozwoli na badanie obrazu dyfrakcyjnego otrzymanego od próbki umieszczonej na drugiej osi. Wollan postarał się o dostarczenie do Oak Ridge podstawowego spektrometru, którego używał do swojej dyplomowej pracy nad rozpraszaniem promieni X w gazach pod kierunkiem Artura Comptona w Chicago. Spektrometr ten posiadający wspólną oś obrotu próbki i detektora musiał być tak zmodyfikowany, aby udźwignąć duży ciężar detektora neutronów z niezbędną osłoną, czego dokonano przez zastosowanie linek poprowadzonych do obrotowego krętlika umocowanego na suficie dokładnie nad osią spektrometru. Rysunek 2 jest fotografią tego urządzenia wykonaną w pierwszym roku jego użytkowania, ale już po dokonaniu kilku ulepszeń osłony wokół detektora i kryształu monochromatora.

Sterowanie spektrometru było całkowicie ręczne i zebranie materiału do pierwszych neutronowych wykresów dyfrakcji na polikrystalicznym NaCl oraz na lekkiej i ciężkiej wodzie w ciągu pierwszych miesięcy 1946 r. wymagało od Wollana i jego kolegi R.B. Sawyera czasochłonnej i niezwykle żmudnej pracy. Ujrzałem te wykresy podczas wizyty w Oak Ridge wiosną 1946 r. przed moją tam przeprowadzką i przystąpieniem do dalszej pracy z Wollanem w czerwcu 1946. Na rysunku 3 pokazana jest część wykresu dyfrakcyjnego, i chociaż poziom tła jest wysoki, widać że maksima dyfrakcyjne można było mierzyć i interpretować w sposób ilościowy. Było to ważne, ponieważ Wollan miał nadzieję, że stosując metodę proszkową uniknie niepewności spowodowanych efektami ekstynkcji odnośnie do natężeń odbitych od monokryształów. Wykresy dyfrakcyjne dla lekkiej i ciężkiej wody zostały wykonane po to aby zobaczyć czy atomy wodoru (deuteru) wno-

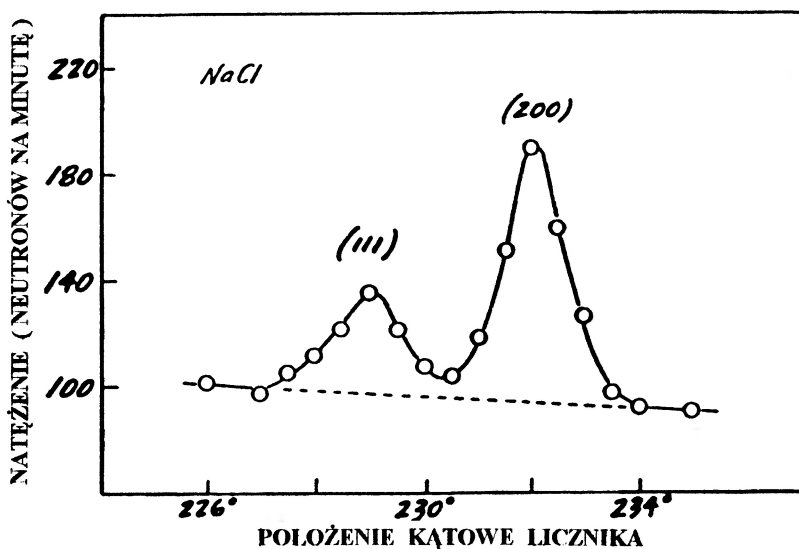




Rys. 2. Fotografia pierwszego dwuosioowego spektrometru neutronów używanego do otrzymania proszkowych neutronogramów przy reaktorze Clintona.

szą jakiś wkład w rozmyte (dyfuzyjne) rozpraszanie neutronów. Pewne różnice w składowych spójnego rozpraszania w obu dyfraktogramach były zauważalne, ale nie podjęto próby ich interpretacji.

We wczesnym okresie badań za pomocą tego spektrometru główna uwaga była skupiona na zrozumieniu natężenia jakie mierzono w rozkładzie dyfrakcyjnym, zarówno dla spójnych maksimów dyfrakcyjnych jak i dla rozpraszania rozmytego. W tym czasie jedyną osiągalną informacją związaną z tematem były wartości całkowitych przekrojów czynnych na rozpraszanie i na absorpcję mierzone dla wielu pierwiastków przy użyciu neutronów termicznych. Aczkolwiek można było oczekiwać, że te wielkości pozwolą na ustalenie całkowitego natężenia w całym obrazie dyfrakcyjnym, to istnienie izotopów dla pewnych pierwiastków, możliwe różne amplitudy rozpraszania dla stanów spinowych na jądrach ze spinem i przypuszczalny nieporządek termiczny, albo wzbudzenia w trakcie rozproszenia,



Rys. 3. Część pierwszego proszkowego dyfraktogramu dla NaCl otrzymanego przy reaktorze Clinton.

były tymi czynnikami, które musiały być kolejno rozpatrywane. Postęp w wyodrębnianiu i określaniu tych różnych czynników dokonywał się bardzo wolno z powodu żmudnego sposobu zbierania danych przy zastosowaniu aparatury sterowanej całkowicie ręcznie.

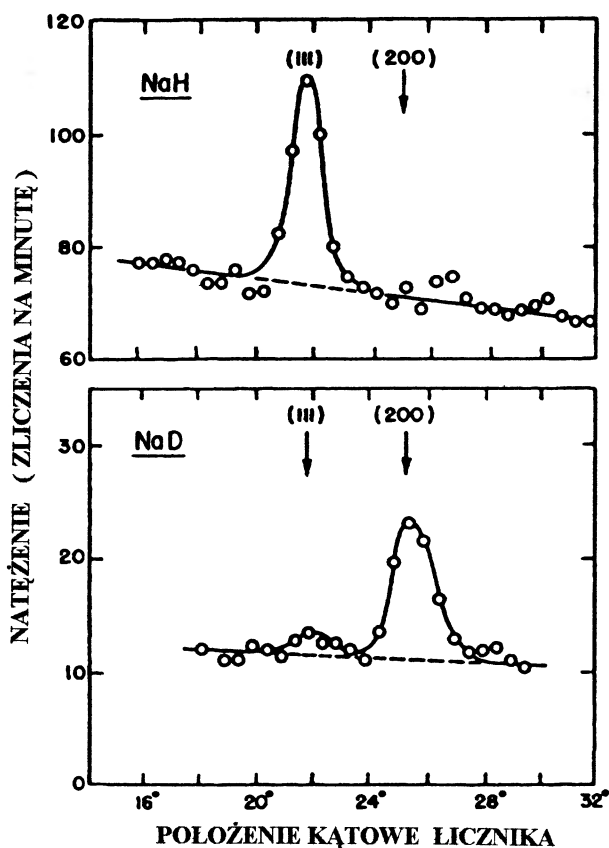
Pod koniec pierwszego roku dołączył się do nas młody technik Milton Marney, który uczestniczył w mozolnym gromadzeniu danych, oraz dwaj ochotnicy, fizycy z Oak Ridge Training School: William Davidson i George Morton. Training School została zorganizowana pod koniec 1946 r. z zamiarem ściągnięcia do Oak Ridge na dłuższy okres grupy uznanych naukowców z uczelni, przemysłu i laboratoriów rządowych, którzy słuchaliby wykładów, współpracowali z zespołami badawczymi i w ogóle zapoznawali się z nową technologią i wiedzą, jakie rozwinęły się w okresie wojennym. Davidson i Morton zainteresowali się naszą pracą nad rozpraszaniem neutronów i pomagali przy zbieraniu danych, jednakowoż Morton mający kwalifikacje aparaturowe wkrótce poczuł się znużony tym zajęciem i postanowił zaprojektować układ automatycznego sterowania, który pozwoliłby na wykonywanie pomiarów natężenia w odstępach kątowych i ich rejestrację. Układ ten przybrał postać napędów silnikowych, kółek z krzywkami i mikroprzełączników i, co najważniejsze, drukarki do zapisu pomiarów licznika neutronów. Dokonanie zmian potrzebnych do osiągnięcia końcowego rezultatu zabrało kilka miesięcy, ale gdy układ zaczął działać, umożliwił ciągle, nie prze-

rywane gromadzenie danych, co stanowiło bardzo ważny krok w rozwoju dalszej działalności.

Równocześnie z tymi udoskonaleniami aparaturowymi następowały zmiany w osłonach wokół kryształu monochromatora i ruchomego detektora na oddzielnym spektrometrze. Początkowo natężenie tła w obrazie dyfrakcyjnym było porównywalne z natężeniem w maksimum, jak to widać na rys. 3, i mierzenie tła trwało prawie tak długo jak pomiar maksimumów dyfrakcyjnych. Częścią programu dla układu automatycznego stały się pomiary tła z filtrem kadmowym wstawianym w wiązkę padających neutronów za pomocą solenoidu. Dysponując nowym układem zbierania danych powróciliśmy do naszego początkowego programu klasyfikowania różnych pierwiastków zgodnie z ich amplitudami spójnego rozpraszania i poszukiwania różnych, osobliwych przypadków, co do których dyfrakcja neutronów mogła dostarczyć użytecznych informacji uzupełniających wyniki z rozpraszania promieniowania X. W specjalnym przypadku jednoizotopowego pierwiastka z zerowym spinem jądrowym (prawie urzeczywistnionym przez tlen i węgiel) amplitudę spójnego rozpraszania, która określa natężenie w maksimum dyfraktogramu, można otrzymać z całkowitego przekroju czynnego na rozpraszanie. W ten sposób może być ona użyta jako wewnętrzny wzorzec do wyznaczania wartości dyfrakcyjnych parametrów innych pierwiastków występujących w połączeniu z pierwiastkiem wzorcowym. Ten program klasyfikowania trwał przez wiele lat aż do czasu, gdy rozdzielone izotopy stały się dostępne.

We wczesnej fazie badań została zauważona zdumiewająca właściwość rozkładu natężenia, mianowicie taka, że rozpraszanie rozmyte było większe niż spodziewane. Dokładne bezwzględne pomiary natężenia wykazały, że rozpraszanie rozmyte było większe niż mogło to być spowodowane przez cieplne drgania atomów, albo przez niespójność rozpraszania izotopowego i jądrowo-spinowego. W końcu zostało to zinterpretowane jako wynik wielokrotnego rozpraszania w próbkach. Jest to osobliwe zjawisko charakterystyczne dla rozpraszania neutronów, a nigdy nie spotykane w równoważnym rozpraszaniu promieniowania X.

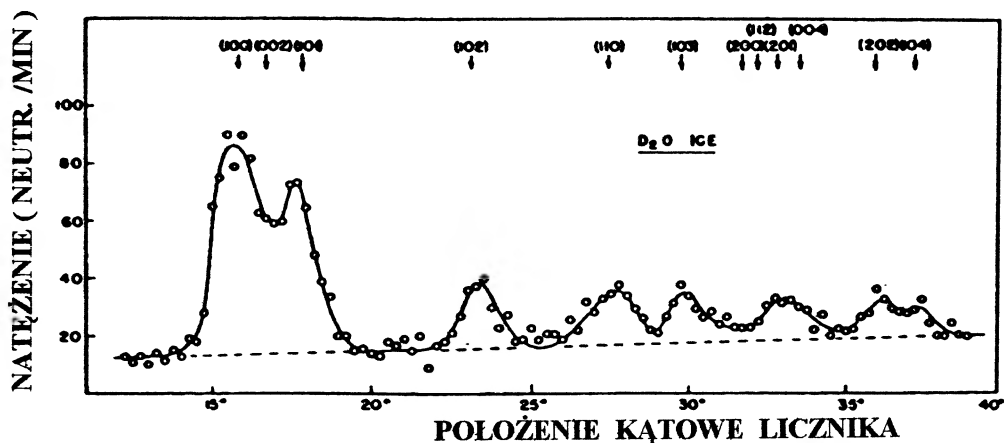
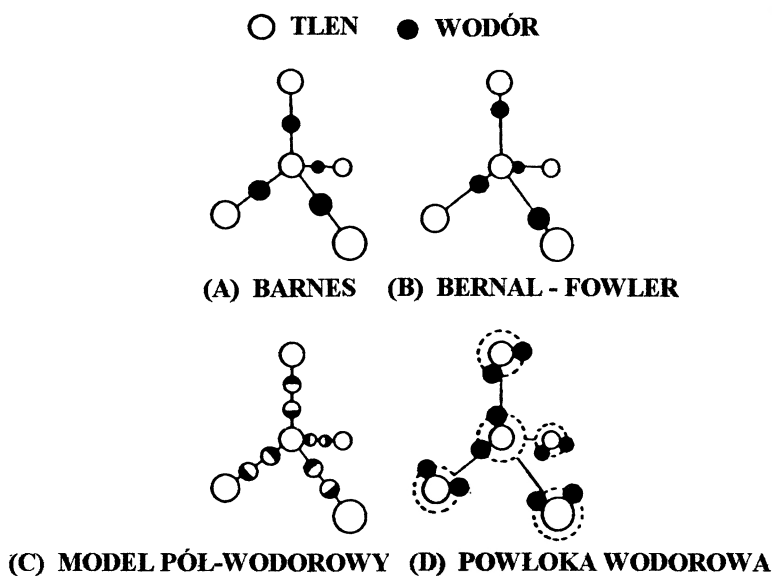
Po tych udoskonaleniach aparaturowych i lepszym zrozumieniu składników obrazu dyfrakcyjnego, nasza uwaga została zwrócona na ważną krystalograficznie sprawę – kryształy zawierające wodór. Wiadomo było wówczas, że amplituda spójnego rozpraszania neutronów na wodorze musi być mała, jej wartość można było otrzymać z pomiarów całkowitego rozpraszania neutronów w orto- i parawodorze. Jednak dokładność tych pomiarów nie określała ani granic dokładności, ani znaku amplitudy. Dodatkowo zachodziło jeszcze podejrzenie, że atomy wodoru mogą podlegać anomalnie dużym ruchom termicznym w kryształach, co mogłoby stłumić rozpraszanie spójne. Wyjaśniono tę sprawę po otrzymaniu proszkowych dyfraktogramów dla NaH i NaD, których fragmenty są pokazane na rys. 4. Wy-



Rys. 4. Dyfraktogramy dla NaH i NaD wykazujące, że wodór wnosi normalny wkład do dyfrakcji.

nikiem analizy natężeń tych pełnych dyfraktogramów były amplitudy spójnego rozpraszania dla wodoru i deuteru (mają one przeciwne znaki) i wykazanie, że centra wodorowe podlegają raczej normalnym oscylacjom termicznym. Duże rozpraszanie rozmyte, widoczne dla NaH, wynika z nienormalnie dużego niespójnego rozpraszania spinowo-jądrowego na centrach wodorowych.

Inną interesującą strukturą wodorową, jaka przyciągnęła naszą uwagę, była struktura zwykłego lodu. Z rentgenowskich badań dyfrakcyjnych wiadomo, że podstawowa struktura była utworzona przez splecione tetraedry atomów tlenu, ale lokalizacja wiązań atomów wodoru była nieznana i proponowano na to kilka modeli. Rysunek 5 pokazuje proszkowy dyfraktogram otrzymany dla deuteryzowanej próbki lodu i jego analiza wykazała jasno ważność „pół-wodorowego” modelu struktury, czyli modelu Paulinga, jak to przedstawia rys. 6. Przygotowa-

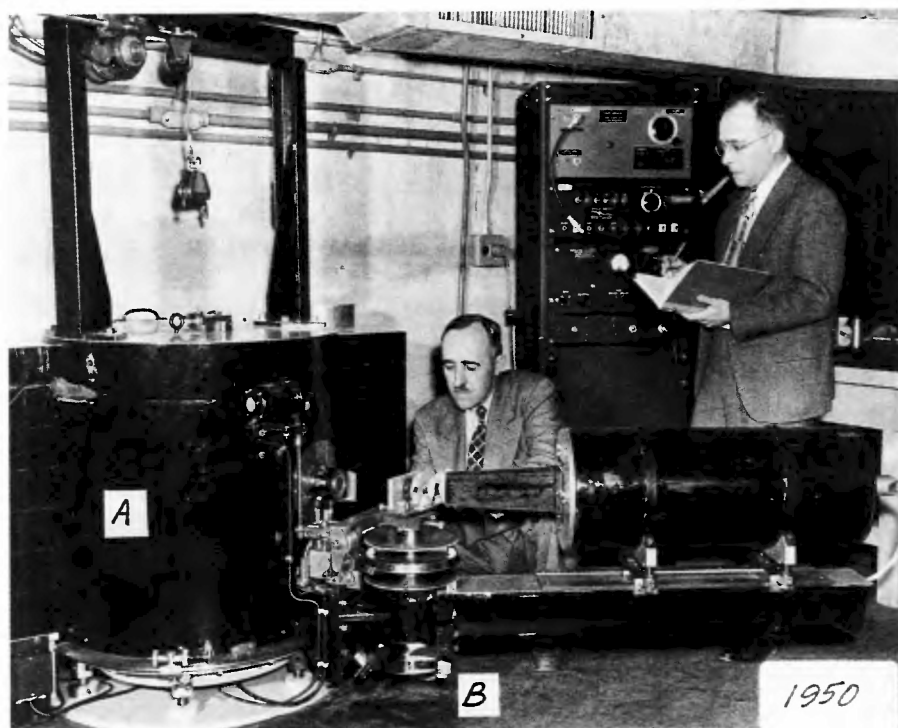
Rys. 5. Dyfraktogramy otrzymane dla proszkowej próbki lodu  $D_2O$ .

Rys. 6. Proponowane modele rozmieszczenia atomów wodoru w strukturze lodu.

nie proszkowej próbki z lodu  $D_2O$  nastęczyło nowe problemy. Zbudowany został nowy kriostat (z chłodziwem suchy lód – aceton), nazywany przez niektórych „maszynką do robienia kulek lodowych”. Para  $D_2O$  zamarała na wewnętrznej powierzchni cylindrycznej rury w kolejnych, nakładających się na siebie luźno ułożonych warstwach, bez zanieczyszczenia atmosferyczną wilgocią. Inne struk-

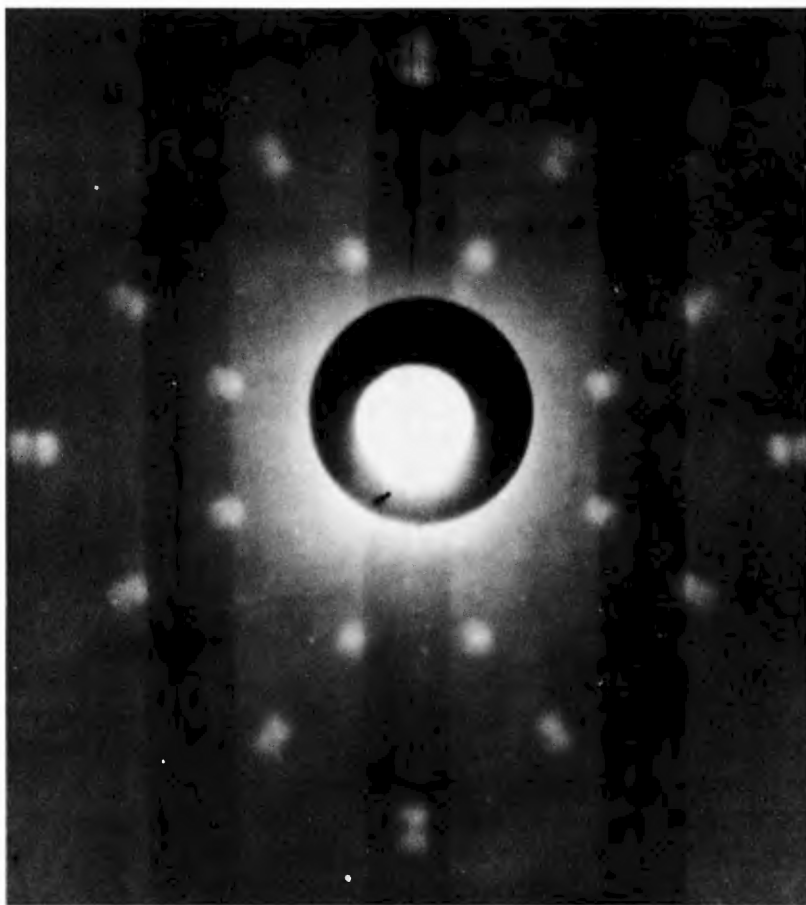
tury zawierające wodór były badane w ciągu następných dwóch lat, w większości wodorki metali przejściowych i ciężkich pierwiastków, łącznie z interesującym skrajnym przypadkiem wodorku uranu.

W połowie 1949 r. został zainstalowany drugi spektrometr u wylotu wiązki sąsiadującej z poprzednią. Ten spektrometr, również dwuosiowy, był rzeczywiście pierwszym prototypem obecnych spektrometrów neutronowych, posiadającym elementy specjalnie wykonane do zastosowania neutronów, a nie adaptowane z urządzeń rentgenowskich. Elegancka cylindryczna osłona (A) mieściła monochromatyzujący kryształ i spoczywała na dużym łożysku, które pozwalało na łatwą zmianę kąta wyprowadzonej wiązki, albo jej długości fali. Spektrometr z miejscem na próbkę (B) został przytwierdzony do osłony monochromatora i był dostatecznie wytrzymały aby udźwignąć ramię licznika bez zastosowania dodatkowych linek, które charakteryzowały pierwsze urządzenie. Dawna fotografia (rys. 7) ukazuje ten spektrometr z Ernestem Wollanem (kłęczy) i autorem tych wspomnień.



Rys. 7. Dawna fotografia spektrometru z Ernestem Wollanem (kłęczy) i autorem artykułu.

Równocześnie z wykorzystaniem spektrometrów, w których do pomiaru natężenia pochodzącego od efektów dyfrakcyjnych użyto czułych na neutrony liczników w kształcie rury, zainteresowaliśmy się wykorzystaniem fotograficznej metody detekcji, tak efektywnie zastosowanej w technice promieniowania X. Było oczywiste, że klisza fotograficzna nie jest czuła na promieniowanie neutronowe i trzeba będzie zastosować ekran konwertera przyłożony bezpośrednio do emulsji. Po kilku próbach stwierdzono, że do tego celu będzie się nadawać arkusz indu. Ind ma znaczny przekrój czynny na absorpcję neutronów termicznych i aktywuje się emitując promieniowanie beta, które wywołuje efekt fotograficzny. Ten rodzaj detektora złożonego z ekranu i kliszy został użyty do otrzymania pierwszego neutronowego obrazu Lauego kryształu NaCl z czasem ekspozycji ok. 10 godzin (rys. 8).



Rys. 8. Obraz dyfrakcyjny Lauego dla kryształu NaCl.

Zastosowano bezpośrednią wiązkę neutronów o pełnym widmie, wyprowadzoną z reaktora przez długi osłonięty kolimator i padającą na kryształ, za którym w odległości 10 cm znajdowała się klisza. Wśród szczegółów, jakie można dostrzec na tym pierwszym obrazie, daje się zauważyć podwójna struktura plamek Lauego. Początkowo byliśmy tym zaskoczeni, ale późniejsze badania wykazały, że był to efekt spowodowany zbliżeniem wybranego przez nas kryształu. Można również zauważyć w tle szereg wąskich pasemek biegnących z góry do dołu. Jest to wynik obecności taśmy klejącej, utrzymującej razem przylegające do siebie paski folii indowej. Tak więc, jest to nie tylko pierwszy neutronowy obraz Lauego, ale również pierwszy neutronowy radiogram!

W moim skrótowym opisie pierwszych lat rozwoju badań nad rozpraszaniem neutronów, jakie przebiegały w Oak Ridge, zabrakło stwierdzenia, że wielu innych kolegów i współpracowników, oprócz wymienionych, uczestniczyło w tym całym wysiłku. Należą się im, jak również innym pracownikom Wydziału Fizyki i administracji Laboratorium w Oak Ridge, moje serdeczne wyrazy uznania za niezawodną pomoc. Ale najbardziej cenię sobie przebywanie, współpracę i bliską przyjaźń, trwającą prawie dziesięć lat, z Ernestem Wollanem, który pierwszy wprowadził mnie w cudowną dziedzinę badań neutronowych. Żałuję, że nie żył on wystarczająco długo aby mieć udział w tych zaszczytach, którymi zostałem obdarowany.

*Tłumaczył Konrad Blinowski*

Instytut Energii Atomowej  
Świerk



## RÓŻNE

**Józef Hurwic**

*Université de Provence  
Marsylia, Francja*

### O nagrodach Nobla z fizyki i chemii – niekonwencjonalnie

#### On the Nobel Prizes in Physics and Chemistry – unconventionally

*Abstract:* We have only recently learnt the names of those pre-World War II Nobel candidates who had not been awarded the Prize. Presumably the theoreticians were underprivileged as a result of lack of esteem for theory among the members of the Nobel Committees for Physics and Chemistry. Such outstanding theoreticians as Henri Poincaré or Arnold Sommerfeld were never awarded the Prize. Others, like Albert Einstein, Niels Bohr, Max Planck or a chemist Walther Nernst, received it many years after the publication of their achievements. It is harder to explain why the Nobel Prize in chemistry for the fission of uranium nuclei was awarded in 1945 only to Otto Hahn and not to Lise Meitner.

Zacznijemy od zwięzłego przypomnienia historii tej najbardziej prestiżowej nagrody i zasad jej przyznawania.

Alfred Nobel, szwedzki wynalazca i przemysłowiec, urodzony w 1833 r., wynalazł w 1867 r. dynamit, dodając do nitrogliceryny wypełniacza porowatego lub proszku absorbującego. Otrzymał w ten sposób materiał wybuchowy silniejszy niż czysta nitrogliceryna, a jednocześnie bezpieczniejszy w użyciu. Nobel zorganizował produkcję tego materiału w około stu fabrykach rozsianych po całym świecie. Przyniosły one ich założycielowi olbrzymią fortunę.

Dnia 10 grudnia 1896 r. umiera on w stanie bezzennym w swej wspaniałej willi w San Remo, pozostawiając testament zredagowany rok wcześniej, 27 listopada 1895 r., w jego paryskim mieszkaniu przy ulicy Malakowa. Zacytujmy najistotniejszy fragment testamentu.

„Całość majątku, który pozostawię umierając, nadająca się do spieniężenia, ma być użyta w sposób następujący: kapitał, ulokowany przez wykonawców testamentu w bezpiecznych papierach wartościowych, będzie stanowił fundusz, z którego dochody mają być rozdzielane corocznie jako nagrody między osoby, co w roku poprzednim przyniosły ludzkości największe korzyści. Dochody te mają być podzielone na pięć równych części. Pierwsza ma być przyznana autorowi najważniejszego odkrycia lub wynalazku w dziedzinie fizyki; druga – autorowi najważniejszego odkrycia lub wynalazku w chemii; trzecia – autorowi najważniejszego odkrycia w fizjologii albo w medycynie; czwarta – autorowi najwybitniejszego dzieła literackiego wywodzącego się z inspiracji idealistycznej; piąta – osobie, która najbardziej przysłużyła się zbliżeniu narodów, likwidacji lub redukcji stałych armii albo zasłużyła się w zwoływaniu i popieraniu kongresów pokojowych. Nagrody będą przyznawane: z fizyki i chemii przez szwedzką Akademię Nauk, z fizjologii i medycyny przez Karoliński Instytut Medycyny i Chirurgii w Sztokholmie, z literatury przez Akademię Szwedzką, a za obronę pokoju przez pięcioosobową komisję wybraną przez norweski Storting (tj. parlament – J.H.). Życzę sobie w sposób zdecydowany, by nagrody były przyznawane bez względu na narodowość, tj. aby je otrzymywały osoby najbardziej zasługujące, niezależnie od tego, czy są Skandynawami, czy nie.”

Wyjaśnienia wymaga przydzielenie Stortingowi funkcji dystrybutora nagrody pokojowej. Otóż w owym czasie Szwecja i Norwegia były zjednoczone, zachowując jednak odrębne parlamenty.

Nobel w testamencie kwalifikuje do nagrody naukowej jedynie prace wykonane w poprzednim roku. Aby ocenić jednak doniosłość odkrycia lub wynalazku, potrzebny jest na ogół dłuższy czas. Toteż uchwalony w 1900 r. statut Fundacji umożliwia uwzględnienie również prac starszych, jeżeli znaczenie ich ujawniono dopiero „w ostatnim czasie”. Ta interpretacja będzie w przyszłości powszechnie stosowana.

Pewne zdziwienie może wywołać fakt, iż matematycy nie są reprezentowani wśród laureatów Nagrody Nobla. Wynika to zapewne z tego, iż fundator Nagrody był praktykiem, eksperymentatorem, który z matematyką niewiele miał wspólnego i nie przypisywał jej zbyt dużego znaczenia. Nie jest przy tym wykluczone, że czynnik uczuciowy mógł tu odegrać rolę dodatkową. Nobel i wybitny matematyk szwedzki Gösta Mittag-Leffler (1846–1927) ubiegali się o względy tej samej kobiety, która nie wybrała Nobla, lecz jego rywala.

Bratankowie Nobla starali się o unieważnienie testamentu, lecz się to im nie udało. Po uregulowaniu różnych zagadnień prawnych testament został wreszcie

Dnia 10 grudnia 1896 r. umiera on w stanie bezzennym w swej wspaniałej willi w San Remo, pozostawiając testament zredagowany rok wcześniej, 27 listopada 1895 r., w jego paryskim mieszkaniu przy ulicy Malakowa. Zacytujmy najistotniejszy fragment testamentu.

„Całość majątku, który pozostawię umierając, nadająca się do spieniężenia, ma być użyta w sposób następujący: kapitał, ulokowany przez wykonawców testamentu w bezpiecznych papierach wartościowych, będzie stanowił fundusz, z którego dochody mają być rozdzielane corocznie jako nagrody między osoby, co w roku poprzednim przyniosły ludzkości największe korzyści. Dochody te mają być podzielone na pięć równych części. Pierwsza ma być przyznana autorowi najważniejszego odkrycia lub wynalazku w dziedzinie fizyki; druga – autorowi najważniejszego odkrycia lub wynalazku w chemii; trzecia – autorowi najważniejszego odkrycia w fizjologii albo w medycynie; czwarta – autorowi najwybitniejszego dzieła literackiego wywodzącego się z inspiracji idealistycznej; piąta – osobie, która najbardziej przysłużyła się zbliżeniu narodów, likwidacji lub redukcji stałych armii albo zasłużyła się w zwoływaniu i popieraniu kongresów pokojowych. Nagrody będą przyznawane: z fizyki i chemii przez szwedzką Akademię Nauk, z fizjologii i medycyny przez Karoliński Instytut Medycyny i Chirurgii w Sztokholmie, z literatury przez Akademię Szwedzką, a za obronę pokoju przez pięcioosobową komisję wybraną przez norweski Storting (tj. parlament – J.H.). Życzę sobie w sposób zdecydowany, by nagrody były przyznawane bez względu na narodowość, tj. aby je otrzymywały osoby najbardziej zasługujące, niezależnie od tego, czy są Skandynawami, czy nie.”

Wyjaśnienia wymaga przydzielenie Stortingowi funkcji dystrybutora nagrody pokojowej. Otóż w owym czasie Szwecja i Norwegia były zjednoczone, zachowując jednak odrębne parlamenty.

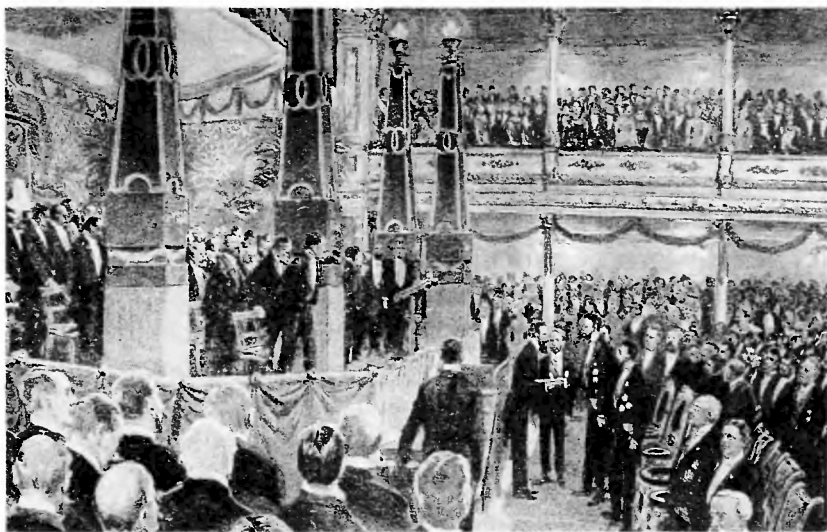
Nobel w testamencie kwalifikuje do nagrody naukowej jedynie prace wykonane w poprzednim roku. Aby ocenić jednak doniosłość odkrycia lub wynalazku, potrzebny jest na ogół dłuższy czas. Toteż uchwalony w 1900 r. statut Fundacji umożliwia uwzględnienie również prac starszych, jeżeli znaczenie ich ujawniono dopiero „w ostatnim czasie”. Ta interpretacja będzie w przyszłości powszechnie stosowana.

Pewne zdziwienie może wywołać fakt, iż matematycy nie są reprezentowani wśród laureatów Nagrody Nobla. Wynika to zapewne z tego, iż fundator Nagrody był praktykiem, eksperymentatorem, który z matematyką niewiele miał wspólnego i nie przypisywał jej zbyt dużego znaczenia. Nie jest przy tym wykluczone, że czynnik uczuciowy mógł tu odegrać rolę dodatkową. Nobel i wybitny matematyk szwedzki Gösta Mittag-Leffler (1846–1927) ubiegali się o względy tej samej kobiety, która nie wybrała Nobla, lecz jego rywala.

Bratankowie Nobla starali się o unieważnienie testamentu, lecz się to im nie udało. Po uregulowaniu różnych zagadnień prawnych testament został wreszcie

zatwierdzony w 1898 r. Dwa lata były jednak jeszcze niezbędne na opracowanie statutu Fundacji.

W 1901 r. przyznano po raz pierwszy Nagrody Nobla. Otrzymali je: z fizyki – uczoney niemiecki Wilhelm Conrad Roentgen (1845–1923) za odkrycie promieni noszących jego imię, które od razu znalazły liczne zastosowania, z chemii – wybitny fizykochemik holenderski Jacobus Henricus van't Hoff (1852–1911), z medycyny – lekarz niemiecki Emil Adolf von Behring (1854–1917), z literatury – Francuz Sully Prudhomme (1839–1907) i wreszcie nagrodę pokojową – łącznie Szwajcar Jean Henri Dunant (1828–1910), założyciel międzynarodowego komitetu Czerwonego Krzyża, i pacyfista francuski Frédéric Passy (1822–1912). W 1968 r. Bank Szwecji z okazji swego 300-lecia ufundował nagrodę z ekonomii, wynoszącą tyle co inne nagrody, przyznawaną, jak nagrody z fizyki i chemii, przez Akademię Nauk w Sztokholmie, ale która to nagroda, w odróżnieniu od nagród stworzonych przez samego Nobla, nie nazywa się Nagrodą Nobla, lecz Nagrodą ku pamięci Nobla.



Wręczenie pierwszych Nagród Nobla w 1901 r. (ze zbiorów Fundacji Nobla).

Ograniczymy się do omówienia nagród z fizyki i chemii.

Łączna liczba laureatów tych nagród do dnia dzisiejszego (do roku 1995 włącznie) wynosi 261. Dominują Amerykanie (95), często pochodzenia europejskiego, z których wielu wywodzi się z małych miasteczek polskich, ukraińskich i rosyjskich. Drugie i trzecie miejsce zajmują odpowiednio Niemcy (46) i Wielka

Brytania (41). Na następnym miejscu znajduje się Francja, która mimo niewiele mniejszego potencjału naukowego, ma wskutek wadliwej – według autora – organizacji nauki i szkolnictwa wyższego, znacznie mniej laureatów (16). Inne kraje (jest ich 20) muszą się zadowolić jeszcze mniejszą liczbą laureatów: od 1 do 9. I wreszcie jest wiele krajów, do których – niestety – należy i Polska, co – mimo znacznych niekiedy osiągnięć naukowych – nie mają ani jednego laureata z fizyki i z chemii.

W tabeli 1 szczegółowo zestawiono liczbę laureatów Nagrody Nobla z fizyki i z chemii według przynależności państwowej.

Nie ulega żadnej wątpliwości, że wszyscy laureaci na nagrodę zasługują, choć późniejszy rozwój nauki zakwestionował niektóre osiągnięcia laureatów. Z drugiej jednak strony, wielu fizyków i chemików godnych Nagrody Nobla nie otrzymało jej. Jest to zupełnie zrozumiałe, skoro w każdym roku w danej dziedzinie może być przyznana tylko jednak nagroda, która ewentualnie może być – według statutu – podzielona najwyżej między trzech kandydatów. Pominięcie jednak kilku uczonych wydaje się trudne do usprawiedliwienia.

Aby sprawę tę, a także inne związane z Nagrodą Nobla, wyjaśnić, trzeba bliżej zaznaczyć się ze sposobem selekcji kandydatów. Zadanie to w interesującym nas zakresie spoczywa na dwóch 5-osobowych komitetach: Komitecie Fizyki i Komitecie Chemii. One to dokonują wyboru spośród zgłoszonych kandydatów. Do zgłaszania propozycji uprawnieni są, według statutu Fundacji Nobla: 1) członkowie szwedzkiej Akademii Nauk, 2) członkowie noblowskich komitetów fizyki i chemii, 3) dotychczasowi laureaci nagród z fizyki i z chemii, 4) profesorowie odpowiednich przedmiotów na uniwersytetach w Uppsali, Lund, Sztokholmie, Oslo, Kopenhadze, Helsinkach a także w Instytucie Karolińskim i w Politechnice Sztokholmskiej, 5) profesorowie tych samych przedmiotów w co najmniej sześciu wyższych uczelniach starannie dobieranych co roku przez szwedzką Akademię Nauk w ten sposób, by zapewnić możliwie równomierną reprezentację różnych narodów i 6) uczeni, do których Akademia zwraca się w tej sprawie personalnie.

W ten sposób prawie wszyscy, jeżeli nie wszyscy, uczeni zasługujący na Nagrodę Nobla znajdują się na liście kandydatów. Właściwy komitet dokonuje selekcji i przedstawia wniosek, który jest następnie opiniowany przez odpowiednią sekcję Akademii. Decyzję ostateczną podejmuje zgromadzenie plenarne Akademii, które na ogół zatwierdza wniosek komitetu. Praktycznie więc, z rzadkimi wyjątkami, to komitet wybiera laureatów, biorąc pod uwagę liczbę propozycji wysuwających daną kandydaturę, a zwłaszcza wagę naukową wnioskodawców. Rozstrzygające są, oczywiście, inklinacje naukowe członków komitetu. Pewną rolę odgrywa aktualna moda naukowa, bo i w nauce istnieją mody. Nie można wreszcie wykluczyć osobistych sympatii i animozji.

Tabela 1. Liczba laureatów Nagrody Nobla z fizyki i z chemii według przynależności państwowej.

Państwo	Fizyka	Chemia	Łącznie
Stany Zjednoczone	59	36	95
Niemcy	19	27	46
Wielka Brytania	20	21	41
Francja	10	7	16 <sup>a</sup>
Holandia	6	3	9
Szwecja	4	4	8
ZSRR	7	1	8
Szwajcaria	3	4	7
Austria	3	1	4
Włochy	3	1	4
Japonia	3	1	4
Kanada	2	2	4
Dania	3	–	3
Chiny	2	–	2
Argentyna	–	1	1
Australia	–	1	1
Belgia	–	1	1
Czechosłowacja	–	1	1
Finlandia	–	1	1
Indie	1	–	1
Irlandia	1	–	1
Norwegia	–	1	1
Pakistan	1	–	1
Węgry	–	1	1
Ogółem	147	115	261

<sup>a</sup> W przypadku Francji łączna liczba laureatów jest o jeden mniejsza niż suma liczby laureatów z fizyki i laureatów z chemii, gdyż jeden z laureatów (Maria Skłodowska-Curie) występuje w obu rubrykach. Stąd też niezgodność w ogólnym podsumowaniu.

Zgłoszone kandydatury i obrady odpowiednich ciał Akademii okryte są całkowitą tajemnicą. Komentarz do par. 7 statutu zaznacza, że wnioskodawca nie powinien informować o swojej propozycji kandydata ani rozpowszechniać swego wniosku. Jeżeli nawet zastrzeżenie to nie było rygorystycznie przestrzegane, to krąg osób wiedzących o danej kandydaturze był bardzo mały. Paragraf 10 statutu głosi, że ewentualna różnica zdań w czasie obrad „nie może być ujawniona ani w sprawozdaniu, ani w żaden inny sposób”.

Tajemnica, jaką była dotąd okryta procedura przyznawania nagród, przestała ostatnio obowiązywać wobec nagród starszych niż 50 lat, a więc wszystkich nagród sprzed drugiej wojny światowej. Szwedzka Akademia Nauk udostępniła historykom nauki odpowiednie archiwa. Znamy więc, jeżeli chodzi o nagrody z tego okresu, nazwiska nie tylko laureatów, ale wszystkich zgłoszonych kandydatów i wnioskodawców.

Historyk nauk ścisłych, Elisabeth Crawford, szczegółowo opracowała dzieje Nagród Nobla z fizyki i chemii od początku do 1915 r., korzystając z materiałów przechowywanych w Akademii w Sztokholmie oraz z korespondencji nie zawsze dyskretnych protagonistów wydarzeń, które nas interesują.

Jak już wspomnieliśmy, decydujące znaczenie w wyborze laureatów mają opinie naukowe członków odpowiedniego komitetu. Otóż przeglądając skład komitetów fizyki i chemii, stwierdzamy, że wszyscy członkowie, w każdym razie w okresie początkowym, byli eksperymentatorami, którzy nie darzyli teorii szczególną estymą. Nic więc dziwnego, iż szanse kandydatów teoretyków, jeżeli nie znikome, to były niezmiernie ograniczone.

Francuski matematyk i fizyk teoretyk, Henri Poincaré (1854–1912), jeden z najwybitniejszych uczonych przełomu XIX i XX w., był aż 54 razy proponowany do nagrody z fizyki, ale nigdy nagrody nie otrzymał. Nie dostali również nagrody tak wybitni fizycy, jak Arnold Sommerfeld (1868–1951) – niemiecki badacz budowy atomu i widm atomowych czy Paul Langevin (1872–1946) – francuski twórca teorii para- i diamagnetyzmu. Wielki Albert Einstein (1879–1955) otrzymał Nagrodę Nobla z fizyki dopiero w 1922 r. (za rok poprzedni), tj. 17 lat po ogłoszeniu szczególnej i 6 lat po opublikowaniu ogólnej teorii względności, i to nie za te genialne prace, ale głównie za odkrycie prawa efektu fotoelektrycznego, które zostało potwierdzone doświadczalnie i znalazło liczne zastosowania praktyczne. Dopiero również w tymże roku nagrodę z fizyki dostał Duńczyk Niels Bohr (1885–1962), za opracowany 9 lat wcześniej kwantowy model atomu. Kandydatura niemieckiego fizyka Maxa Plancka (1858–1947), który wychodząc z teorii promieniowania ciała doskonale czarnego wprowadził pojęcie kwantu, była proponowana 49 razy w ciągu 12 lat. W 1908 r. Akademia wahała się między kandydaturami Plancka i francuskiego fizyka Gabriela Lippmanna (1845–1921),



wynalazcy opartej na interferencji fotografii kolorowej, i nagrodę przyznano temu drugiemu za metodę, która nigdy nie została zastosowana. Planck dostał nagrodę dopiero w roku 1919 (za rok poprzedni).



Na dworcu w Sztokholmie (grudzień 1933): żona Schrödingera Anny, matka Diraca i trzech laureaci – P.A.M. Dirac (1933), Werner Heisenberg (1932), Erwin Schrödinger (1933).

Ponieważ nagroda z fizyki w 1908 r. została „zajęta” przez Lippmanna, brytyjskiemu twórcy fizyki jądrowej Ernestowi Rutherfordowi (1871–1937) „przydzielono” nagrodę ... z chemii, do której *nota bene* laureat odnosił się raczej lekceważąco. Na bankiecie, wydanym w Sztokholmie z okazji wręczenia nagród, zażartował, iż najszybszą przemianą, z jaką miał do czynienia, była jego własna nagła przemiana z fizyka w chemika.

Jeżeli znakomity teoretyk holenderski Hendrik Antoon Lorentz (1853–1928), twórca teorii elektronu, uzyskał w 1902 r. nagrodę z fizyki, to chyba tylko dlatego, że dołączono go jako współlaureata do jego ucznia Pietera Zeemana (1865–1943), który doświadczalnie udowodnił teorię Lorentza o wpływie pola magnetycznego na widmo atomowe.

Podobną jak w fizyce wstrzemięźliwość wobec teoretyków można zauważyć w chemii. Największy zapewne teoretyk, niemiecki fizykochemik Walther Nernst (1864–1941), był poczynając od 1906 r. przez 15 lat z rzędu proponowany do





Maria Goeppert (Nagroda Nobla 1937, już jako Maria Goeppert-Mayer) i Max Born (Nagroda Nobla 1954) w Getyndze na przełomie lat dwudziestych i trzydziestych.

nagrody (41 wniosków), by otrzymać ją dopiero w 1921 r. (za rok 1920) za prace termochemiczne. Pewien wpływ wywarła tu prawdopodobnie również niechęć ze strony także wybitnego fizykochemika, Szweda Svante Arrheniusa (1859–1927), członka Komitetu Fizyki. Osobiste sympatie i animozje są cechą ludzką.

Nie można wreszcie nie poruszyć sprawy Rosjanina Dmitrija Mendelejewa (1834–1907). W 1869 r. podał swą pierwszą wersję układu okresowego, którą rozwijał następnie na początku lat siedemdziesiątych. Były to, oczywiście, czasy bardzo odległe. Gdy jednak na początku naszego wieku uczeni brytyjscy Lord Rayleigh (1842–1919) i William Ramsay (1852–1916) odkryli gazy szlachetne i znaleźli dla nich miejsce w układzie okresowym, wykazali, że ma on jeszcze większe znaczenie niż dotąd sądzono. Było to wystarczającą podstawą dla propozycji

przyznania w 1905 r. Nagrody Nobla z chemii twórcy układu okresowego. Akademia Nauk wybrała jednak niemieckiego organika Adolfa von Bayera (1835–1917). Kandydaturę Mendelejewa wysunięto ponownie w roku następnym. Komitet Chemii wprawdzie ją podtrzymał, ale po dyskusji na posiedzeniu chemicznej sekcji Akademii oddano na Mendelejewa 4 głosy, a jego francuski konkurent, Henri Moissan (1852–1907), odkrywca fluoru, otrzymał 5 głosów przy jednym głosie wstrzymującym się. W rezultacie największy zapewne chemik wszystkich czasów nie otrzymał Nagrody Nobla. Kto dziś, poza specjalistami, słyszał o Moissanie, gdy na całym świecie każdy choćby nieco wykształcony człowiek zna nazwisko Mendelejewa i wie, że stworzył racjonalną klasyfikację pierwiastków.

Na wynik głosowania jurorów nie bez pewnego wpływu była, oczywiście, ogromna odległość w czasie odkrycia Mendelejewa. Zauważmy, iż były jednak przypadki nagradzania prac jeszcze starszych. Rosjanin Piotr Kapica (1894–1984) otrzymał w 1978 r. nagrodę z fizyki za prace z lat trzydziestych w zakresie niskich temperatur. W 1995 r. nagrodę przyznano Amerykaninowi Frederikowi Reinesowi (ur. 1918) (wraz z Martinem Perlem (ur. 1927)) za doświadczalne wykazanie w 1956 r. (razem z Clydem L. Cowanem (1920–1974)) istnienia neutrina. Wreszcie niemiecki fizyk Ernst Ruska (1906–1988) został w 1986 r. nagrodzony za dokonany aż 56 lat wcześniej wynalazek mikroskopu elektronowego. Przypomniano sobie o nim przyznając Niemcowi Gerdowi Binnigowi (ur. 1947) i Szwajcarowi Heinrichowi Rohrerowi (ur. 1933) nagrodę z fizyki za skaningowy mikroskop tunelowy; wtedy to Ruskę dołączono jako trzeciego współlaureata.

Wymienimy kilka trudnych do wytłumaczenia przypadków, w których nie przyznano Nagrody Nobla.

Giuseppe Paolo Stanislao Occhialini (1907–1993), włoski badacz cząstek, niezbyt trafnie nazywanych elementarnymi, wniósł wybitny, jeżeli nawet nie decydujący, wkład do prac, które w 1948 r. przyniosły nagrodę z fizyki Brytyjczykowi Patrickowi Maynardowi Blackettowi (1897–1974), a dwa lata później innemu Brytyjczykowi, Cecilowi Frankowi Powellowi (1903–1969), a sam nagrody nie otrzymał. Komora Wilsona, przystosowana wspólnie przez Blacketta i Occhialiniego do nowych zadań, umożliwiła odkrycie par negaton-pozyton. Occhialini opracował technologię produkcji grubych i czułych emulsji fotograficznych, w których można było zaobserwować rozpad pionu na mion i neutrino, a później mionu na elektron i cząstki obojętne.

Równie krzyżującą niesprawiedliwość było pominięcie uczonej austriackiej Lise Meitner (1878–1968) w nagrodzie z chemii za odkrycie rozszczepienia jądrowego. Otrzymał ją w 1945 r. (za rok 1944), i to niewątpliwie zasłużenie, radiochemik niemiecki Otto Hahn (1879–1968). Wykrył on wraz z Fritzem Strassmannem (1902–1980) bar, lantan i cer wśród produktów bombardowania uranu



1938 – Enrico Fermi i Pearl Buck (literacka Nagroda Nobla).

neutronami. Zupełnie jednak nie rozumiał wtedy istoty zjawiska. To dopiero Lise Meitner wraz ze swym siostrzeńcem Ottonem Frischem (1904–1979) wyjaśniła, że następuje tu pęknięcie jądra uranu na dwie części stanowiące jądra atomów pierwiastków ze środkowej części układu okresowego, do których należą trzy znalezione przez Hahna pierwiastki. Podział nagrody między Hahna i Meitner wydawałby się całkowicie uzasadniony, zwłaszcza, iż oboje wspólnie dokonali wielu innych odkryć i przez wiele lat byli w pracy naukowej niemal nierozdzielni. Według relacji Fajansa, o którym mowa dalej, na jednym z kongresów ktoś zwrócił się do Lise Meitner, przypominając, że się w poprzednim roku spotkali na innym zjeździe. Na to uczona odpowiedziała: „Mnie tam nie było, chyba pomylił mnie pan z profesorem Hahnem”.

Nieco obszerniej warto przypomnieć, jak Nagroda Nobla umknęła Kazimierzowi Fajansowi (1887–1975). Wybitny ten fizykochemik polskiego pochodzenia,



1949 – Hideki Yukawa odbiera nagrodę z rąk szwedzkiego następcy tronu.

przed I wojną światową asystent, a następnie docent na Politechnice w Karlsruhe, później zaś profesor uniwersytetu w Monachium, wsławił się szczególnie odkryciem prawa przesunięć promieniotwórczych. Przypomnijmy, iż prawo to uporządkowało istną dżunglę naukową, jaką stworzyło w swoim czasie odkrycie ok. 30 substancji promieniotwórczych, które wtedy uważano za odrębne pierwiastki, gdy w układzie okresowym między ołowiem i uranem było tylko kilka wolnych miejsc. W 1924 r. wpłynęło do noblowskiego Komitetu Chemii kilka wniosków i jeden do Komitetu Fizyki o przyznanie Fajansowi za to odkrycie Nagrody Nobla. Przebieg obrad nie jest znany, ale były pewne przecieki informacji. Dziennik szwedzki *Svenska Dagbladet*, na ogół dobrze poinformowany, miał chyba uzasadnione powody, by kilka dni przed ogłoszeniem decyzji Akademii zwrócić się do Fajansa z prośbą o przysłanie fotografii w celu opubli-

kowania jej wraz z wiadomością o przyznaniu mu nagrody. Z podobną prośbą zwróciła się do Fajansa pewna monachijska agencja fotograficzna. List ten, jak również wycinki z prasy szwedzkiej znajdują się w archiwum Fajansa zdeponowanym w Bentley Historical Library wchodzącej w skład Michigan Historical Collections przy Uniwersytecie stanu Michigan w Ann Arbor, gdzie uczony przez ostatnią część swego życia zajmował katedrę chemii. W przededniu podania do publicznej wiadomości werdyktu Akademii dzienniki szwedzkie donosiły, że nagrodę z chemii otrzyma Fajans, a z fizyki uczony szwedzki bez wymienienia jego nazwiska. Nazajutrz, ku ogólnemu zdziwieniu, zakomunikowano, że w tym roku nikomu nie przyznano ani nagrody z fizyki, ani z chemii. Akademia chciała przypuszczalnie w ten sposób „ukarać” prasę za niedyskrecję. W 1925 r. nagrodę z fizyki otrzymał istotnie Szwed, Karl Manne Siegbahn (1886–1978) za badania ze spektroskopii promieni Roentgena. Nagrody zaś z chemii za rok 1924 nigdy nie przyznano. Kandydaturę Fajansa proponowano jeszcze raz, w 1928 r, a następnie w 1934. Było już jednak wtedy wielu poważnych konkurentów. Po wojnie zaś szanse Fajansa były znikome, gdyż opracowana wtedy przez niego kwantykulowa teoria wiązania chemicznego, choć spójna i poprawna, nie została zaakceptowana przez chemiczne środowisko naukowe.

Granice między fizyką i chemią nie zawsze są wyraźne. Komitety fizyki i chemii, działające w porozumieniu, starają się w przypadkach spornych przydzielać nagrodę z fizyki za prace o dominującym charakterze fizycznym, a z chemii za badania, w których przeważa element chemiczny. W kilku jednak przypadkach popełniono odstępstwa.

Wspomnieliśmy już o tym, że Rutherford otrzymał nagrodę z chemii za prace należące bardziej do fizyki. Podobnie w 1977 r. nagrodę z chemii dostał Belg pochodzenia rosyjskiego, Ilya Prigogine (ur. 1917), za badania dotyczące termodynamiki procesów nieodwracalnych, które trzeba raczej zaliczyć do fizyki.

Odwrotna sytuacja zaistniała w 1903 r. Połowę nagrody z fizyki przyznano Henriemu Becquerelowi (1852–1908) za odkrycie promieniotwórczości, która jest zjawiskiem fizycznym, drugą zaś połowę łącznie Marii Skłodowskiej-Curie (1867–1934) i Piotrowi Curie (1859–1906) za prace wprawdzie również związane z promieniotwórczością, ale stanowiące głównie badania chemiczne, które doprowadziły do odkrycia dwóch pierwiastków chemicznych: polonu i radu. Nagroda z chemii była już jednak wtedy „obsadzona” przez Arrheniusa, któremu ją przyznano za opracowanie teorii dysocjacji elektrolitycznej. Małżonków Curie dołączono więc do Becquerela, przyznając również im nagrodę z fizyki. Może to być, oczywiście, usprawiedliwione tym, że prace wszystkich trzech uczonych są z tej samej dziedziny – promieniotwórczości. Na wniosek Pera Teodora Cleve’a



Irène Joliot-Curie i Frédéric Joliot, Nagroda Nobla z chemii 1935 za odkrycie sztucznej promieniotwórczości.

(1840–1905), profesora chemii na Uniwersytecie w Uppsali, zastąpiono proponowane poprzednio uzasadnienie „za ich odkrycie pierwiastków samorzutnie promieniotwórczych” przez charakterystykę ogólniejszą, mało precyzyjną, „za ich wspólne badania zjawisk promieniowania odkrytych przez profesora Heniego Becquerela”, nie wspominając ani słowem odkrycia polonu i radu. *Nota bene*, w tekście tym na dyplomie nagrody popełniono błąd ortograficzny: opuszczono literę „c” w nazwisku Becquerela. Nowe sformułowanie pozostawi możliwość przyznania w przyszłości nagrody z chemii za odkrycie polonu i radu. Nastąpi to istotnie w 1911 r.: nagrodę z chemii otrzymała Maria Curie (Piotr już wtedy nie żył). W uzasadnieniu wymieniono dawne odkrycia, właściwie już poprzednio nagrodzone, i dołączono nowe wyniki: „W uznaniu zasług dla rozwoju chemii przez odkrycie pierwiastków radu i polonu, wyodrębnienie radu i badania natury związków tego niezwykłego pierwiastka.”



Król Szwecji Gustaw VI wręcza w 1955 r. Nagrodę Nobla z fizyki Polykarpowi Kuschowi (1911 – 1993) za precyzyjne wyznaczenie magnetycznego momentu elektronu.

Wróćmy jednak do kulis nagrody z 1903 r. Gdy w 1901 r. przyznawano po raz pierwszy Nagrodę Nobla, od razu nasunęła się myśl nagrodzenia badań promieniotwórczości. Charles-Jaques Bouchard (1837–1915), profesor patologii na Wydziale Lekarskim w Paryżu, autor pierwszego komunikatu z „radioskopii” (rentgenologii) lekarskiej, który następnie we współpracy z innym lekarzem i z Piotrem Curie będzie badał działanie fizjologiczne promieni wysyłanych przez radon, zaproponował przyznanie Nagrody Nobla łącznie Becquerelowi i małżonkom Curie. Jak wiemy, propozycji tej Akademia w Sztokholmie nie podtrzymała. Toteż w następnym roku Bouchard ponowił swój wniosek, również bez powodzenia. Tym razem zresztą taką samą propozycję zgłosiło także kilku innych uczonych. W 1903 r. Bouchard nie przesłał żadnego wniosku. Natomiast grupa członków Akademii Nauk w Paryżu zbiorowo zaproponowała nagrodzić Becquerela i Piotra Curie, pomijając z niezrozumiałych powodów Marię Curie. Jest to tym bardziej dziwne, że wśród wnioskodawców znajdowali się szczerzy przyjaciele uczonej, którzy niezmiernie wysoko cenili jej wkład do nauki. Dowiedział się o tym Mittag-Leffler,



Louis Néel – Nagroda Nobla 1970.

bardzo wpływowy w szwedzkim środowisku naukowym. Przypomnijmy, iż on to już w 1884 r. poparł inną kobietę – uczoną. Dzięki niemu matematyczka rosyjska Sofia Kowalewska (1850–1891) została mianowana profesorem na uniwersytecie w Sztokholmie. Mittag-Leffler zawiadomił konfidencyjnie Piotra Curie o pominięciu jego żony, nie podając, oczywiście, bliższych szczegółów. W archiwum Akademii Nauk w Paryżu znajduje się kopia odpowiedzi Piotra Curie z dnia 6 sierpnia 1903 r. na ten list. Czytamy tam: „Był Pan łaskaw poinformować mnie uprzejmie, że była mowa o Nagrodzie Nobla dla mnie. Nie wiem, czy pogłoski te są wiarygodne, jeżeli jednak okaże się, że bierze się poważnie pod uwagę moją kandydaturę, pragnąłbym bardzo, by rozważano łącznie udział mój i pani Curie w naszych badaniach ciał promieniotwórczych. W rzeczywistości to jej pierwsza praca doprowadziła do odkrycia nowych ciał i jej udział w tym odkryciu jest bardzo wielki (ona również wyznaczyła ciężar atomowy radu). Sądzę, że gdyby nas w tej sytuacji rozdzielono, bardzo by to zadziwiło wielu ludzi. (...)”

Według regulaminu Fundacji Nobla, odrzucona kandydatura nie może być rozpatrywana w następnym roku, jeżeli nowy wniosek nie zostanie zgłoszony. W tym przypadku uwzględniono propozycję Boucharda z poprzedniego roku, uzasadniając to (pod względem formalnym chyba niezbyt w porządku) tym, iż jako



członek zagraniczny Królewskiej Akademii Nauk w Sztokholmie miał on stałe prawo proponowania kandydatur.

Dzięki temu Maria Skłodowska-Curie została pierwszą kobietą wyróżnioną Nagrodą Nobla, a następnie przez długie lata jedynym dwukrotnym laureatem tej Nagrody.

Jeszcze kilkanaście lat temu liczba potencjalnych „noblistów” była dość ograniczona i nazwisko laureata było na ogół dobrze znane już przed przyznaniem mu nagrody, przynajmniej w świecie naukowym. Obecnie zdarza się, iż nawet specjaliści po raz pierwszy poznają nazwisko laureata w chwili ogłoszenia decyzji o nagrodzeniu go. Przyznanie w 1995 r. Nagrody Nobla Reinesowi, którego osiągnięcia fizycy znają od dawna, stanowi wyjątek.

Nauka staje się coraz bardziej anonimowa. Wynika to z ustawicznego wzrostu liczby pracowników nauki i z coraz większego rozpowszechnienia badań zespołowych. W fizyce cząstek „elementarnych” zdarzają się prace podpisane przez kilkuset autorów. Mimo tej ewolucji prestiż Nagrody Nobla wciąż się utrzymuje.

## Literatura

- [1] *Nobel Foundation Directory* (Stockholm 1989).
- [2] E. Crawford, *La Fondation des Prix Nobel scientifiques 1901–1915*, traduit de l'anglais par N. Dhombres, Collection: Regards sur la Science (Editions Belin, Paris 1988).
- [3] E. Crawford, J.L. Heilbrom, R. Ulrich, *The Nobel Population 1901–1937. A Census of the Nominators and Nominees for the Prizes in Physics and Chemistry* (Office for History of Science and Technology, University of California – Berkeley, Office for History of Science, Uppsala University – Uppsala 1987).
- [4] H. Hartmann, *Lexikon der Nobelpreisträger* (Verlag Ullstein GmbH, Frankfurt/M – Berlin 1967).
- [5] B. Wojtkowiak, *Tous les Nobel de chimie* (Ouest Editions, Nantes 1990).
- [6] M. Rouzé, *Les Nobel scientifiques français* (Edition La Découverte, Paris 1988).
- [7] W.M. Tiutiunnik, *Alfred Nobel i Nobelewskie premii, Bibliograficzeskij ukazatel* (Tambowski Filiał Moskovskogo Gosudarstwiennogo Instituta Kultury, Tambow 1988).
- [8] W.M. Tiutiunnik, *Laurieaty Nobelewskoj premii po chimii 1901–1917 gg., Bibliograficzeskij ukazatel* (Tambowski Filiał Moskovskogo Gosudarstwiennogo Instituta Kultury, Tambow 1989).
- [9] R. Dragon, *Laureaci Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki 1901–1992, Informator biograficzny*, wydanie II poprawione i rozszerzone (Wyższa Szkoła Inżynierska w Opolu, Opole 1993).
- [10] A. Hurwic, *Pierre Curie*, préface de P.-G. de Gennes, *Figures de la Science* (Flammarion, Paris 1995).

## WSPOMNIENIA – ROCZNICE

**Andrzej Z. Hrynkiewicz**

*Instytut Fizyki Jądrowej  
im. H. Niewodniczańskiego  
Kraków*

### **Metody jądrowe w badaniach skondensowanej fazy materii\***

**40 lat rozwoju i zastosowań w Instytucie Fizyki Jądrowej  
i w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego**

**Nuclear methods in condensed matter research**

*Abstract:* Nuclear methods in condensed matter studies introduced and applied in Kraków in the Institute of Nuclear Physics and in the Institute of Physics of the Jagellonian University are presented. They are based either on hyperfine interactions of nuclear probes or on interactions of charged particle beams with surface layers of materials. Hyperfine interactions of nuclei with extranuclear fields are briefly discussed and methods of the nuclear magnetic resonance, perturbed angular correlations of  $\gamma$ -rays and the Mössbauer spectroscopy are described. The charged particle beam methods are represented by the Rutherford back-scattering, channeling and the induced emission of characteristic X-rays. Some examples of applications of the described methods in both Institutes are given.

---

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

## 1. Wstęp

Fizyka jądrowa pozwoliła wniknąć w strukturę atomu, a następnie w strukturę jądra atomowego i doprowadziła do odkrycia dwóch nowych oddziaływań, silnego i słabego, które obok znanych poprzednio oddziaływań: grawitacyjnego i elektromagnetycznego, rządzą procesami we Wszechświecie. Fizyka jądrowa dostarczyła też informacji o pierwszych minutach istnienia Wszechświata i wyjaśniła źródło energii gwiazd. W ciągu 60 lat układ periodyczny pierwiastków został wzbogacony o setki promieniotwórczych izotopów znanych pierwiastków. Odkryto nowe jądra o liczbach atomowych przewyższających liczbę atomową uranu aż o 19 jednostek. Dziś w laboratoriach fizyki jądrowej badane są nie występujące we Wszechświecie egzotyczne stany jądrowe oraz deformacje jąder obracających się z wielkimi częstościami.

Ale nie tylko. Oddziaływania jądrowe zostały wykorzystane w różnych dziedzinach techniki oraz w diagnostyce medycznej i terapii. Zjawisko rozszczepienia jąder stało się podstawą energetyki jądrowej i konstrukcji broni atomowej. Badania w dziedzinie fizyki jądrowej doprowadziły, niejako po drodze, do powstania i rozwoju nowych technologii. Przykładami mogą być: technika wysokiej próżni, technika wysokich napięć i technologie otrzymywania superczystych materiałów. Elektronika stosowana w fizyce jądrowej była motorem rozwoju dzisiejszej informatyki i automatyzacji.

Ale nie tylko. Fizyka jądrowa stworzyła nowe, cenne metody badania struktury i własności różnych substancji. Jądra atomowe i cząstki jądrowe okazały się doskonałymi próbnikami, szczególnie w badaniach skondensowanej fazy materii. Dzięki bardzo małym rozmiarom pozwalają badać lokalne własności materiałów. Dostarczają informacji o mikrostrukturze i mikrodynamice atomów i ich najbliższego otoczenia i stały się bardzo przydatne w inżynierii materiałowej.

Omówieniu metod jądrowych w fizyce ciała stałego będzie poświęcony ten referat. Ograniczę się do przedstawienia metod, które zostały po raz pierwszy w Polsce wprowadzone w Krakowie, w Instytucie Fizyki Jądrowej i w ścisłej z nim współpracującym Instytucie Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego. Nie będę więc mówić o rozpraszaniu neutronów i o zastosowaniach promieniowania synchrotronowego, mimo że wielu fizyków krakowskich od lat wykorzystuje te metody w eksperymentach prowadzonych za granicą. Nie będę też omawiać metod opartych na anihilacji pozytonów, gdyż zostały one po raz pierwszy w Polsce wprowadzone w Uniwersytecie Wrocławskim, na początku lat sześćdziesiątych, przez prof. Jana Wesołowskiego i jego ucznia Bronisława Rozenfelda. W Krakowie w Instytucie Fizyki Jądrowej są one stosowane dopiero od 1980 r.

Metody, w których nośnikiem informacji są wysokoenergetyczne fotony, a takimi są spektroskopia mössbauerowska i zaburzone korelacje kierunkowe promieniowania  $\gamma$ , mają dwie szczególne zalety:

(i) cechuje je wysoka czułość, gdyż rejestrowane są sygnały od poszczególnych jąder, co pozwala prowadzić pomiary dla bardzo małych stężeń stosowanych próbników. Wobec tego, jeżeli atomy próbника nie są elementami składowymi badanej substancji, ale są do niej wprowadzane dla dokonania sondażu wewnętrznych oddziaływań, małe ich stężenia nie zaburzają własności badanego materiału;

(ii) dzięki przenikliwości promieniowania  $\gamma$  badane materiały mogą być umieszczane w pojemnikach o stosunkowo grubych ściankach. Jest to szczególnie ważne, gdy pomiary są wykonywane w różnych temperaturach lub pod dużymi ciśnieniami, a więc muszą być stosowane piece, kriostaty lub komory ciśnieniowe.

Metody, o których mowa w referacie można podzielić na dwie grupy. Do pierwszej należą metody polegające na pomiarach oddziaływań nadsubtelnych. Są to magnetyczny rezonans jądrowy, zaburzone korelacje kierunkowe promieniowania  $\gamma$  i spektroskopia mössbauerowska. Do drugiej grupy zaliczam wykorzystanie wiązek protonów i cząstek  $\alpha$  w badaniach warstw powierzchniowych różnych materiałów przez obserwację rozprożeń i wzbudzeń atomowych lub jądrowych.

## 2. Badania oddziaływań nadsubtelnych

Oddziaływaniami nadsubtelnymi nazywamy oddziaływania momentów jądrowych z pozajądrowymi polami elektromagnetycznymi.

### 2.1. Oddziaływanie magnetyczne dipolowe

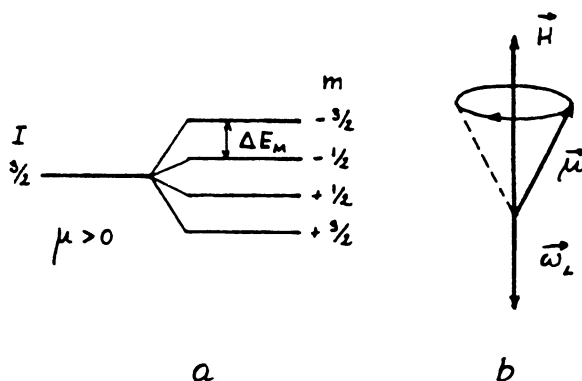
Oddziaływanie magnetyczne dipolowe ( $M1$ ) momentu magnetycznego jądra  $\mu$  z polem magnetycznym  $H$  powoduje rozszczepienia zeemanowskie poziomu jądrowego o spinie  $I$  na  $2I + 1$  składowych o energiach

$$E_M(m) = -g\mu_N m H, \quad (1)$$

gdzie  $g$  jest jądrowym czynnikiem Landégo,  $\mu_N = 3.152 \times 10^{-8}$  eV/T jest magnetonem jądrowym, a magnetyczne liczby kwantowe  $m$  przyjmują wartości  $I, I - 1, \dots, -I$ . Różnica energii podpoziomów nie zależy od  $m$

$$\Delta E_M = -g\mu_N H. \quad (2)$$

Dla  $I = 3/2$  rozszczepienie jest pokazane na rys. 1a.



Rys. 1. (a) Rozszczepienie zeemanowskie poziomu jądrowego o spinie  $3/2$ , (b) Precesja Larmora momentu magnetycznego.

Oddziaływanie magnetyczne dipolowe może być opisane przez częstość precesji Larmora  $\omega_L$  momentu magnetycznego jądra wokół kierunku pola magnetycznego (rys. 1b)

$$\omega_L = -g\mu_N H/\hbar . \quad (3)$$

## 2.2. Oddziaływanie elektryczne monopolowe

Oddziaływanie elektryczne monopolowe (E0) jest oddziaływaniem elektrostatycznym ładunku jądra z elektronami. Stanowi ono dominujący udział w całkowitej energii atomu. W spektroskopii mössbauerowskiej oddziaływanie E0 przejawia się w postaci przesunięcia izomerycznego, które jest konsekwencją małej poprawki do oddziaływania kulombowskiego, wynikającej ze skończonych rozmiarów jądra

$$\delta E_c = CZ e \langle r^2 \rangle \rho(0) , \quad (4)$$

gdzie  $\rho(0)$  jest gęstością ładunku elektronów w jądrze,  $\langle r^2 \rangle$  jest efektywnym kwadratem promienia jądra, a we współczynniku  $C$  jest uwzględniony kształt jądra i relatywistyczna poprawka gęstości elektronów.

## 2.3. Oddziaływanie elektryczne kwadrupolowe

Oddziaływanie elektryczne kwadrupolowe (E2) jest oddziaływaniem kwadrupolowego momentu elektrycznego

$$eQ = \int \rho(r)(3z^2 - r^2)d^3r , \quad (5)$$

gdzie  $\rho(r)$  jest gęstością ładunku elektrycznego jądra, z gradientem pola elektrycznego w miejscu jądra

$$V_{ij} = \frac{\partial^2 V}{\partial i \partial j} . \quad (6)$$

To oddziaływanie, w przypadku gradientu o symetrii osiowej ( $V_{xx} = V_{yy}$ ) prowadzi do rozszczepienia poziomów jądrowych o spinie  $I$  na podpoziomy o energiach

$$E_Q(m) = \frac{eQV_{zz}}{4I(2I-1)} [3m^2 - I(I+1)] . \quad (7)$$

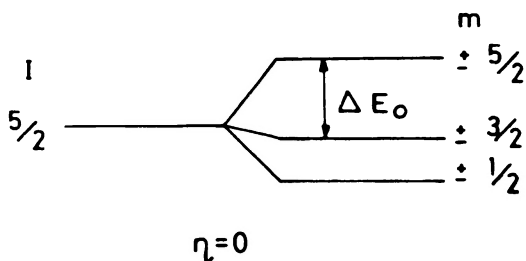
Odstępy między podpoziomami zależą od  $m$

$$\Delta E_Q = \frac{eQV_{zz}}{4I(2I-1)} 3(m^2 - m'^2) , \quad (8)$$

a odpowiadające im częstości przejść są wielokrotnością częstości podstawowej

$$\omega_Q = \frac{eQV_{zz}}{4I(2I-1)\hbar} . \quad (9)$$

Rozszczepienie elektryczne kwadrupolowe dla  $I = 5/2$  jest pokazane na rys. 2.



Rys. 2. Rozszczepienie elektryczne kwadrupolowe poziomu jądrowego o spinie  $5/2$  (parametr asymetrii EFG  $\eta = 0$ ).

Ten krótki przegląd pozwala zorientować się jak wiele informacji przynoszą badania oddziaływań nadsubtelnych. Fizycy jądrowi mogą mierzyć momenty magnetyczne i spiny jąder, mogą wyznaczać elektryczne momenty kwadrupolowe lub ich stosunki, mogą określać różnice między rozmiarami jąder w stanach wzbudzonych i podstawowym. Dziś obszar badań dla uzyskania informacji o jądrach atomowych został już w dużej mierze wyeksploatowany. Nastąpił rozkwit zastosowań próbników jądrowych do badań własności materiałów. Co trzy lata odbywają się międzynarodowe konferencje poświęcone oddziaływaniom nadsubtelny (HFI), a co dwa lata konferencje na temat zastosowań spektroskopii

mössbauerowskiej (ICAME). Magnetyczny rezonans jądrowy jest reprezentowany co dwa lata na kongresach AMPERE, a co trzy lata na międzynarodowych konferencjach ISMAR.

Dla zilustrowania liczby prac dotyczących np. zastosowań spektroskopii mössbauerowskiej wystarczy podać, że dorobek przedstawiony na ICAME'93 w Vancouverze wyraził się 328 komunikatami ok. 1100 autorów, a materiały konferencji mają postać 5 tomów o łącznej objętości 2422 stron.

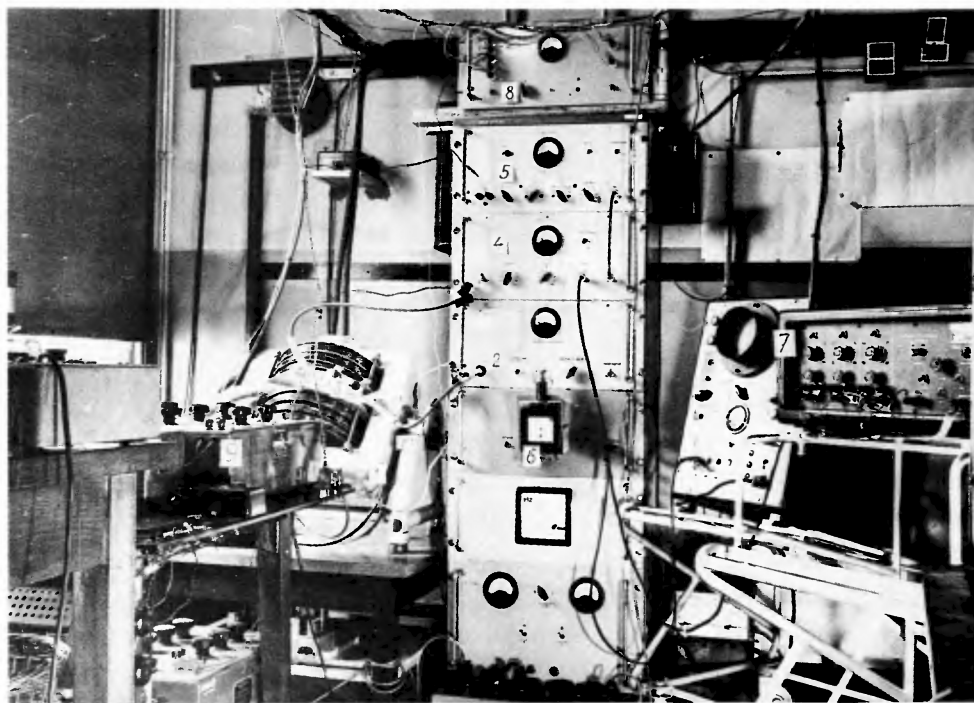
### 3. Magnetyczny Rezonans Jądrowy (MRJ)

W tej metodzie oddziaływania nadsubtelne jąder-próbników badane są przez pomiar częstości odpowiadającej przejściu między podpoziomami magnetycznego (zeemanowskiego) rozszczepienia poziomów jądrowych. Jest to częstość precesji Larmora (równ. (3)). W polu magnetycznym 1 T dla protonów ta częstość wynosi 42.6.MHz, dla jąder  $^{19}\text{F}$  – 40.1 MHz, dla jąder  $^{31}\text{P}$  – 17.3 MHz, a dla jąder  $^{13}\text{C}$  – 10.7 MHz. Są to więc częstości w obszarze radiowym (długości fal rzędu 10 m).

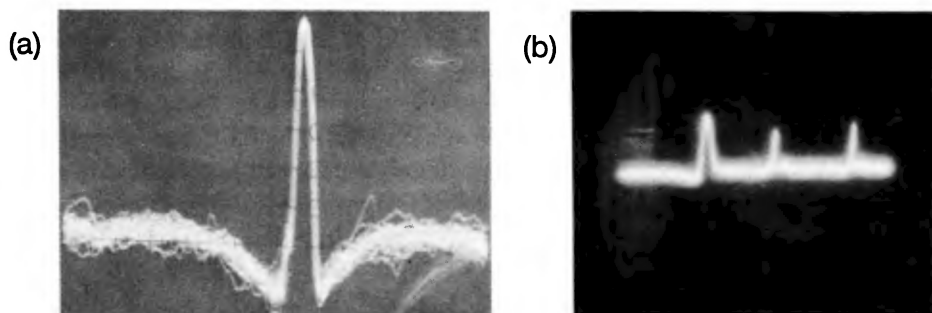
W kilka lat po pierwszych obserwacjach MRJ w Stanfordzie [1] i na Uniwersytecie Harvarda [2], bo już w 1950 r., postanowiliśmy z Jackiem Hennelem zbudować aparaturę do badania tego obiecującego zjawiska. W maju 1953 r. po kilku nieudanych próbach zobaczyliśmy pierwszy w Polsce sygnał rezonansu jądrowego. Było to w Instytucie Fizyki przy ul. Gołębiej 13, w niedzielę rano. Zawęziliśmy amplitudę modulacji pola magnetycznego i dzięki temu pojawił się na ekranie oscylografu oczekiwany sygnał. W poczuciu odniesionego sukcesu poszliśmy na przedpołudniowy seans filmowy do kina „Wanda”. Jak się okazało, obu nas nurtowała myśl czy uda się nam ponownie tak zestroić aparaturę żeby znów zaobserwować upragnione wychylenie plamki oscylografu. Wyszliśmy z kina przed zakończeniem filmu i pognaliśmy do Instytutu. Udało się, a prowadzone przez nas próby trwały do późnego wieczora.

Do pierwszej krakowskiej Pracowni Magnetycznego Rezonansu Jądrowego oprócz nas należeli Olgierd Daszkiewicz i Tadeusz Waluga. Wkrótce do tej ekipy dołączyli Kazimierz Krynicki i Grzegorz Zapalski. Olgierd Daszkiewicz zajął się wprowadzaniem techniki impulsowej MRJ, co zaowocowało uruchomieniem w 1954 r. jednej z pierwszych w Europie aparatów echa spinowego. Rysunek 3 przedstawia pierwszy w Polsce spektrometr MRJ zbudowany w latach 1952–53. Pierwsze sygnały absorpcji rezonansowej i echa spinowego pokazane są na rys. 4. Interesujący był cykl prac poświęconych obserwacji MRJ w przepływającej cieczy [3]. Wywołanie nieadiabaticznego obrotu namagnesowania jądrowego w przepływającej wodzie prowadziło do odwrócenia obsadzeń podpoziomów magnetycznych protonów, co jest równoważne z uzyskaniem ujemnych temperatur spino-

wych [4]. To zjawisko ilustruje rys. 5. Została również opracowana nowa metoda pomiaru długich czasów relaksacji spinowo-sieciowej w cieczech [5].

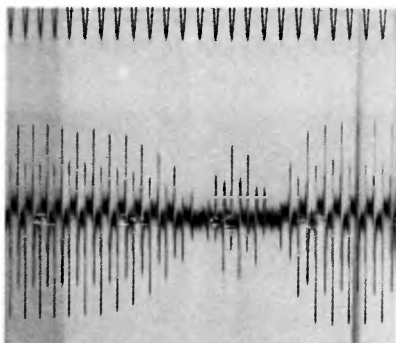


Rys. 3. Ogólny widok aparatury MRJ.



Rys. 4. Pierwsze sygnały MRJ zaobserwowane w Polsce: (a) sygnał absorpcji, (b) sygnał echa spinowego.





Rys. 5. Efekt odwrócenia linii rezonansu zarejestrowany za pomocą oscylografu lustrzanego.

Na jesieni 1958 r. wyjechałem na staż do Stanów Zjednoczonych, gdzie zainteresowałem się spektroskopią jądrową i jądrowymi metodami badań ciał stałych opartymi na detekcji promieniowania  $\gamma$ . Kierownictwo Pracowni Magnetycznego Rezonansu Jądrowego objął Jacek Hennel.

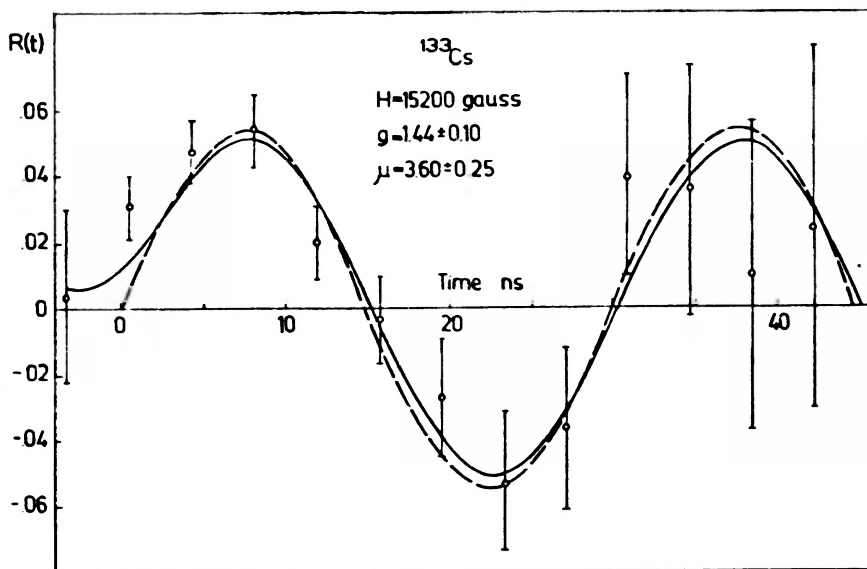
Do prowadzonych w IFJ badań metodą MRJ włączyli się pracownicy Instytutu Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego na czele z Jerzym Blicharskim, który stworzył w Uniwersytecie duży zespół badań MRJ w kierowanym przez siebie Zakładzie Radiospektroskopii. Jerzy Blicharski w 1967 r. podał [6] a następnie rozwinął [7] teorię interferencji oddziaływań w procesach relaksacji MRJ.

Pracownicy obu Zakładów Radiospektroskopii w IFJ i IFUJ opublikowali ponad 300 prac dotyczących różnych aspektów magnetycznego rezonansu jądrowego. Oprócz już wymienionych osiągnięć na szczególnie podkreślenie zasługują: badania relaksacji w roztworach wodnych protein [8], badania zjawiska przejść tunelowych w jonach amonowych  $\text{NH}_4^+$  i  $\text{ND}_4^+$  [9] oraz uruchomienie tomografii mikroskopowej do badań obiektów biologicznych [10]. W obu Zespołach wypromowano 24 doktorów.

#### 4. Zaburzone korelacje kierunkowe promieniowania gamma

W czasie stażu naukowego w Stanach Zjednoczonych w latach 1958–60 pracowałem pod kierunkiem Martina Deutscha w Laboratory for Nuclear Science w Massachusetts Institute of Technology. Opracowaliśmy różniczkową metodę zaburzonych korelacji kierunkowych promieniowania  $\gamma$  (Time Differential Perturbed Angular Correlations – TDPAC) i otrzymaliśmy krzywe precesji spinowej w zewnętrznym polu magnetycznym. Pomiar częstości precesji Larmora w zna-

nym polu magnetycznym pozwala wyznaczyć moment magnetyczny wzbudzonego stanu jądrowego. Pierwszy pomiar tą metodą został wykonany dla stanu 81 keV  $^{133}\text{Cs}$  o czasie życia 6 ns [11]. Historyczna krzywa precesji dla tego stanu jest pokazana na rys. 6. Po powrocie do kraju wprowadziłem metodę TDPAC w kierowanym przeze mnie Zakładzie Spektroskopii IFJ.



Rys. 6. Krzywa precesji momentu magnetycznego jądra  $^{133}\text{Cs}$  w stanie wzbudzonym („historyczna” krzywa otrzymana w MIT).

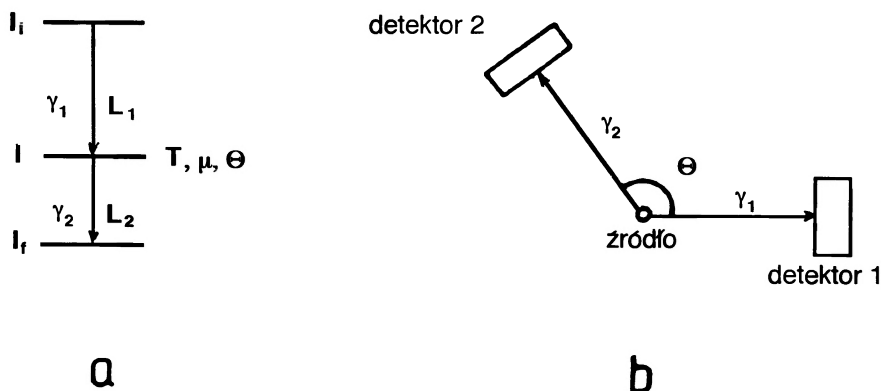
### Zasada metody TDPAC

Metoda zaburzonych korelacji kierunkowych promieniowania  $\gamma$  polega na obserwacji rozkładu kąтового dwóch fotonów emitowanych w kaskadzie przez wzbudzone jądro atomowe. Jeżeli w czasie życia jądra w stanie przejściowym między emisją pierwszego i drugiego fotonu  $\gamma$  (rys. 7a) występuje oddziaływanie nadsubtelne momentów jądrowych z polami pozajądrowymi, to korelacja kierunkowa zostaje zaburzona. Pomiar tego zaburzenia dostarcza informacji o wielkości, charakterze i przebiegu czasowym oddziaływań nadsubtelnych. Rozkład kątowy dwóch fotonów kaskady emitowanych przez jądro jest opisany wzorem

$$W(\theta) = 1 + \sum_{k=2}^{k_{\max}} A_k P_k(\cos \theta), \quad (10)$$

gdzie  $A_k$  są współczynnikami korelacji kierunkowej zależnymi od spinów poziomów jądrowych i multipolowości przejść  $\gamma$ :  $L_1$  i  $L_2$ . Wielkości  $P_k(\cos \theta)$  są wielomianami Legendre’a. Wskaźnik sumowania jest liczbą parzystą, przy czym  $k_{\max} = \min(2I, 2L_1, 2L_2)$ . Funkcja

korelacji  $W(\theta)$  może być wyznaczona przy użyciu dwóch detektorów promieniowania  $\gamma$ , pracujących w koincydencji (rys. 7b).



Rys. 7. (a) Kaskada  $\gamma$ - $\gamma$ , (b) Geometria pomiaru korelacji kierunkowej.

W przypadku, gdy  $A_4 = 0$  funkcja korelacji ma prostą postać

$$W(\theta) = 1 + \frac{A_2}{2}(3 \cos^2 \theta - 1). \quad (11)$$

Jeżeli występują oddziaływania nadsubtelne w czasie życia jądra w stanie przejściowym, to korelacja kierunkowa fotonów  $\gamma$  staje się zależna od czasu, co opisują współczynniki  $G_k(t)$  wprowadzone do wzoru (10). Dla  $A_4 = 0$

$$W(\theta, t) = 1 + G_2(t) \frac{A_2}{2}(3 \cos^2 \theta - 1), \quad (12)$$

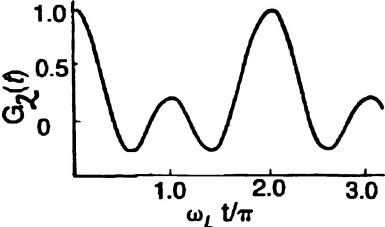
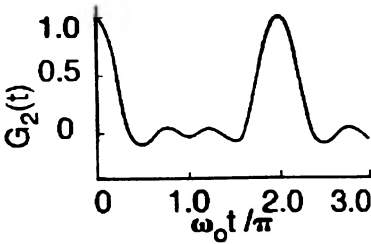
a  $G_2(t)$  może być otrzymane z pomiarów dla kątów  $90^\circ$  i  $180^\circ$

$$G_2(t)A_2 = 2 \frac{W(180^\circ, t) - W(90^\circ, t)}{W(180^\circ, t) + 2W(90^\circ, t)}. \quad (13)$$

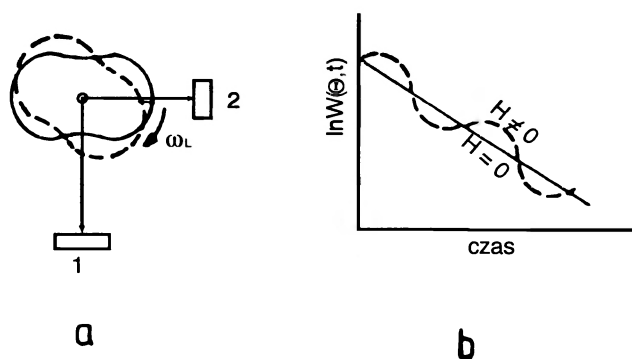
Prosty przypadek zaburzenia korelacji przez oddziałujące z momentem magnetycznym jądra pole magnetyczne, prostopadłe do płaszczyzny detekcji fotonów  $\gamma$  jest pokazany na rys. 8. Widma czasowe zaburzonej korelacji kątowej  $G_2(t)$  są wyznaczane za pomocą konwertera czasu na amplitudę przy zastosowaniu impulsów pochodzących od fotonów  $\gamma_1$  i  $\gamma_2$  jako sygnałów „start” i „stop”. W tabeli 1 podane są informacje jakie można uzyskać z widm TDPAC.

Początkowo stosowaliśmy w Krakowie metodę TDPAC do pomiarów momentów magnetycznych krótkożyciowych stanów wzbudzonych jąder przez pomiar częstości precesji Larmora w zewnętrznym polu magnetycznym. Aparatura

Tabela 1. Informacje uzyskiwane z widm TDPAC

Widmo TDPAC	Informacje
1. Magnetyczne oddziaływanie dipolowe (M1)	efektywne pola magnetyczne ( $H$ ) kierunek namagnesowania
	
$G_2(t) = \frac{1}{5} [1 + 2 \cos(\omega_L t) + 2 \cos(2\omega_L t)]$	
2. Elektryczne oddziaływanie kwadrupolowe (E2)	gradienty pól elektrycznych (EFG) asymetria EFG ( $\eta$ ) kierunek EFG w monokryształach
	
$I = 5/2 \quad \eta = 0 \quad \omega_0 = 6\omega_Q$	
$G_2(t) = \frac{1}{35} [7 + 13 \cos(\omega_0 t) + 10 \cos(2\omega_0 t) + 5 \cos(3\omega_0 t)]$	

jest pokazana na rys. 9. Opracowaliśmy nowy wariant metody, tzw. metodę tangensów [12], a zmierzony przez nas moment magnetyczny stanu 482 keV  $^{181}\text{Ta}$  był przez szereg lat najdokładniej zmierzonym momentem magnetycznym jądra w krótkożyciowym stanie wzbudzonego. Wkrótce jednak metoda TDPAC stała się powszechnie stosowaną metodą w badaniach ciał stałych. Do najważniejszych prac wykonanych w Krakowie w Zakładzie Spektroskopii Jądrowej IFJ i w Zespole Krzysztofa Królasa w Zakładzie Fizyki Jądrowej IF UJ należy zaliczyć: pomiary wewnętrznych pól magnetycznych działających na różne jądra atomowe wprowa-



Rys. 8. (a) Precesja Larmora obrazu korelacji kierunkowej, (b) Zależność czasowa funkcji korelacji kierunkowej.



Rys. 9. Przy aparaturze do pomiaru TDPAC z A.S. Eklundem (dyr. gen. MAEA) i H. Niewodniczańskim.

dzone do magnetyków [13], pomiary oddziaływań między domieszkami w rozcieńczonych stopach trójskładnikowych [14,15], pomiary gradientów pól elektrycznych i ich zależności temperaturowej w stopach i związkach międzymetalicznych [16] oraz badania utleniania wewnętrznego w metalach i tworzenie związków mię-

dzymetalicznych w obszarach międzywarstwowych [17]. Dotychczas Zespoły obu instytutów opublikowały ok. 90 prac, a ośmiu ich pracowników uzyskało stopień doktora.

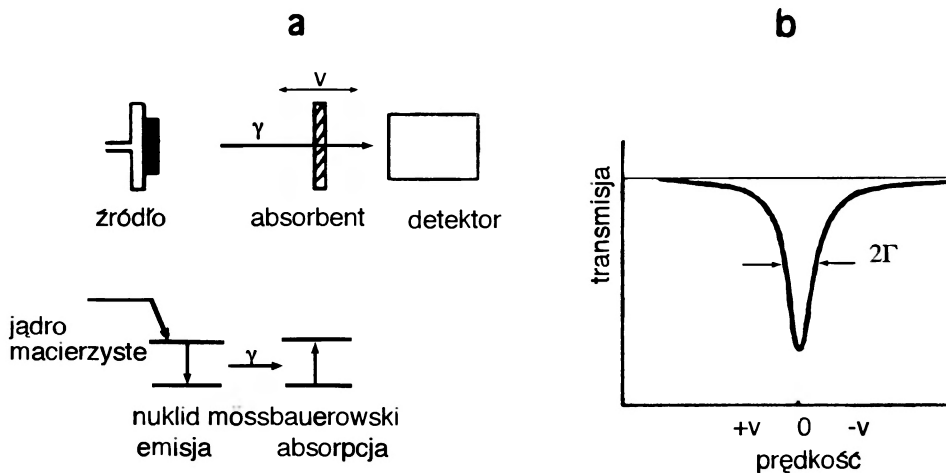
## 5. Spektroskopia mössbauerowska

Gdy przebywałem w MIT, zafascynował mnie wykład R.V. Pounda o niedawno odkrytym przez Rudolfa Mössbauera [18] efekcie bezdrutowej rezonansowej absorpcji promieniowania  $\gamma$  i o zastosowaniu tego efektu do pomiaru gravitacyjnego przesunięcia energii fotonów spadających z 25-metrowej wieży Uniwersytetu Harvarda.

Bezdrutowa emisja i absorpcja promieniowania  $\gamma$  czyli efekt Mössbauera występuje wówczas, gdy odrzutowi jądra emitującego foton  $\gamma$  nie towarzyszy tworzenie w kryształach fononów. Pęd jądra jest wówczas przejmowany przez cały kryształ, co powoduje, że zmiana energii fotonu jest zanedbywalnie mała i jeżeli również pęd jądra absorbującego foton  $\gamma$  jest przekazywany całemu kryształowi, to spełnione są warunki rezonansowej absorpcji. Prawdopodobieństwo efektu Mössbauera jest tym większe im niższe są energia fotonów  $\gamma$  i temperatura, a im wyższa jest temperatura Debye'a kryształu.

### Zasada rejestracji widma Mössbauera

Pomiar jest schematycznie zilustrowany na rys. 10a. Wykorzystywany jest efekt Dopplera wywołany przez nadawanie absorbentowi prędkości  $v$  względem źródła promienio-



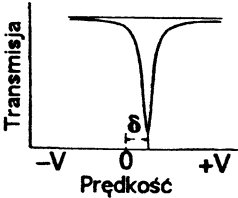
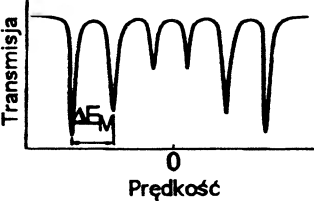
Rys. 10. (a) Zasada pomiaru widma mössbauerowskiego, (b) Linia absorpcji.

wania  $\gamma$ . Zmiana prędkości w przedziale  $\Delta v$  pozwala prześledzić kształt widma absorpcji w zakresie energii

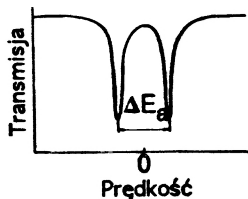
$$\Delta E = E_0 \frac{\Delta v}{c}, \quad (14)$$

gdzie  $E_0$  jest energią emitowanych fotonów. Typowe widmo dla  $^{57}\text{Fe}$  rozciąga się w skali prędkości w przedziale  $\pm 10$  mm/s. Na rysunku 10b pokazane jest schematycznie widmo zawierające pojedynczą linię absorpcji. Oddziaływania nadsubtelne powodują rozszczenie poziomów jądrowych na składowe co w widmie mössbauerowskim przejawia się rozszczeniem linii. W tabeli 2 zestawione są wielkości, które mogą być wyznaczone z widm mössbauerowskich.

Tabela 2. Wielkości wyznaczone metodą spektroskopii mössbauerowskiej

Widmo mössbauerowskie	Informacje
1. Przesunięcie izomeryczne (oddziaływanie E0)	struktura elektronowa
 $\delta \propto \rho(0)_A - \rho(0)_S$	
2. Rozszczenie zeemanowskie (oddziaływanie M1)	efektywne pola magnetyczne ( $H$ ) kierunek namagnesowania
 $\Delta E_M \propto \mu H$	

### 3. Elektryczne rozszczepienie kwadrupolowe (oddziaływanie E2)

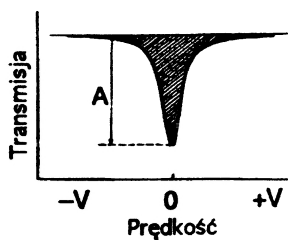


gradienty pól elektrycznych (EFG)  
asymetria EFG ( $\eta$ )  
kierunek EFG w monokryształach  
anizotropia drgań, tekstura

$$\Delta E_Q \propto QV_{zz}$$

### 4. Natężenie linii

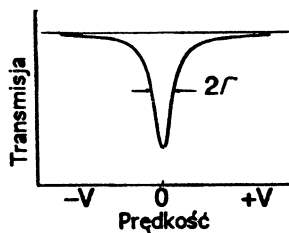
amplituda drgań ( $x^2$ )



$A$  (lub powierzchnia)  $\propto f$   
 $f$  – czynnik Debye'a-Wallera

### 5. Szerokość linii

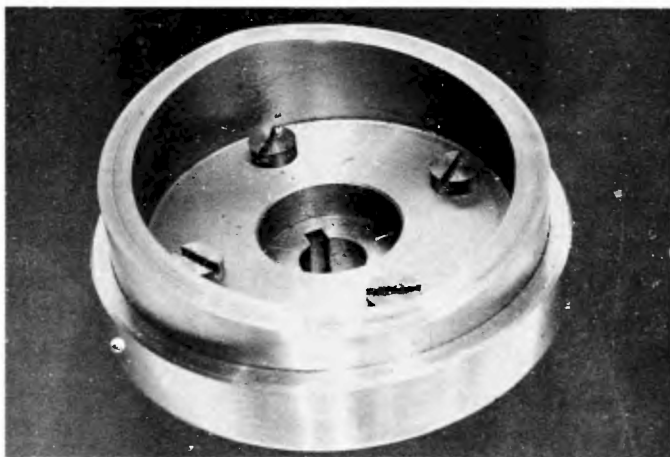
charakter dyfuzji



$\Delta\Gamma/\Gamma \propto D$   
 $D$  – stała dyfuzji



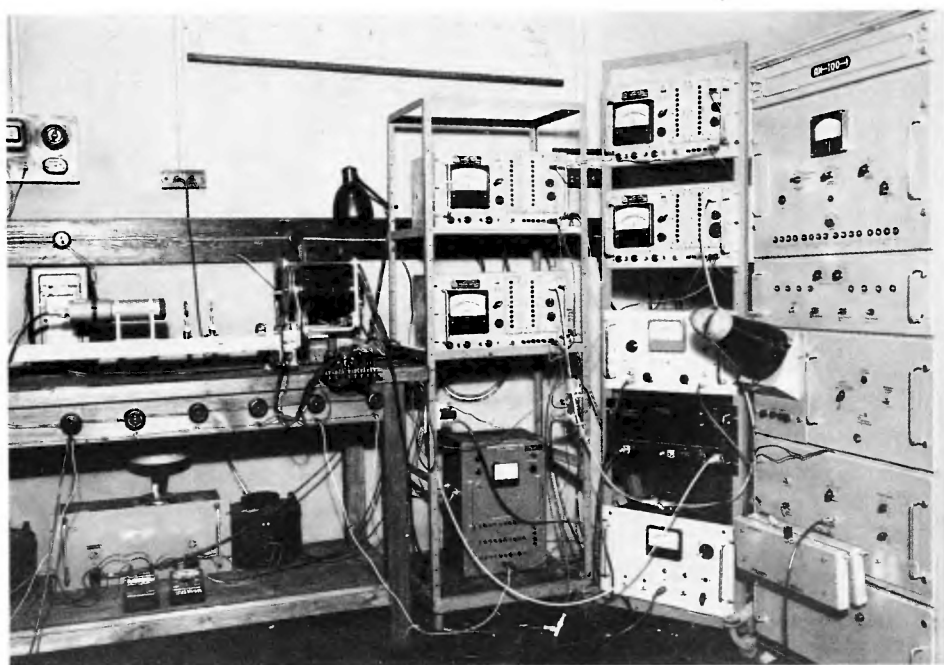
Pierwszą w Polsce aparaturę do pomiaru widm mössbauerowskich uruchomiliśmy w Instytucie Fizyki UJ na jesieni 1960 r. Do zespołu należeli Dominik Kulgawczuk i Henryk Lizurej. Kulgawczuk zaprojektował obracającą się krzywkę (rys. 11), która popychała pręt poruszający źródło promieniowania gamma. Prędkość ruchu była wyznaczana ze stroboskopowego pomiaru częstości obrotów krzywki. Widmo mössbauerowskie należało zdejmować punkt po punkcie. Cyklotron Krakowski w IFJ, przyspieszający deuterony do 12 MeV, pozwalał otrzymać źródło  $^{57}\text{Co}$  z reakcji  $^{56}\text{Fe}(d,n)^{57}\text{Co}$ , toteż pomiary rozpoczęliśmy dla  $^{57}\text{Fe}$ , które stało się najbardziej popularnym nuklidem mössbauerowskim. Ogólny widok pierwszej aparatury przedstawia rys. 12. Na rysunku 13 podane jest jedno z pierwszych widm mössbauerowskich otrzymanych w naszej pracowni.



Rys. 11. Krzywka zaprojektowana przez D. Kulgawczuka.

Pracownia Mössbauerowska w Instytucie Fizyki UJ szybko się rozrastała. Wkrótce jej pracownikami zostali Józef Bara, Krzysztof Tomala i Jerzy Sawicki, których prace magisterskie dotyczyły efektu Mössbauera. Do 1975 r. prace doktorskie z zakresu zastosowań efektu Mössbauera wykonało siedem osób. Filia uniwersyteckiej Pracowni szybko powstała w Instytucie Fizyki Jądrowej. W 1975 r. zorganizowaliśmy w Krakowie Międzynarodową Konferencję Zastosowań Efektu Mössbauera, która była pierwszą wspólną konferencją „mössbauerowców” Wschodu i Zachodu.

W ciągu 35 lat istnienia Pracowni Mössbauerowskich w IFUJ i IFJ ich pracownicy opublikowali ok. 150 prac dotyczących różnych zastosowań tej metody, a 27 osób uzyskało stopień doktora. Do najważniejszych osiągnięć obu pracowni

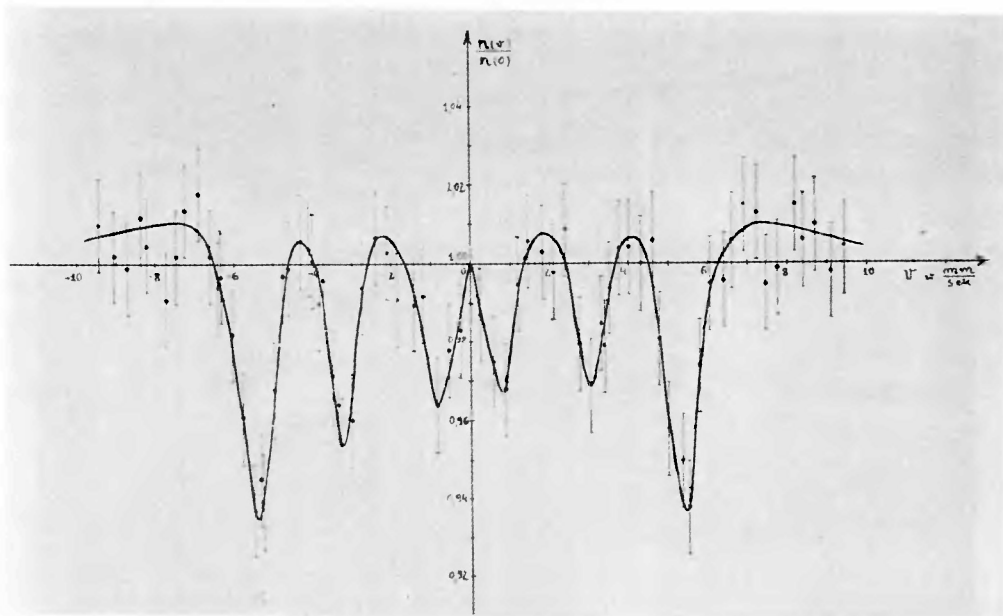


Rys. 12. Ogólny widok pierwszego spektrometru mössbauerowskiego.

należy zaliczyć: rozszerzenie zakresu badań do obszaru niskich temperatur (do 1.8 K), rozszerzenie badań na inne niż  $^{57}\text{Fe}$  nuklidy mössbauerowskie:  $^{119}\text{Sn}$ ,  $^{151}\text{Eu}$ ,  $^{155}\text{Gd}$ ,  $^{161}\text{Dy}$  i  $^{197}\text{Au}$  [19,20], pomiary wewnętrznych pól magnetycznych w związkach zawierających żelazo [21], badanie magnetyzmu układów międzymetalicznych zawierających ziemie rzadkie [22,23], badanie dynamiki atomów domieszkowych Fe w różnych metalach [24], rozwój spektroskopii mössbauerowskiej z detekcją elektronów konwersji wewnętrznej (CEMS) i jej zastosowanie w badaniach struktury atomów  $^{57}\text{Fe}$  implantowanych do różnych materiałów [25] oraz zastosowanie spektroskopii mössbauerowskiej do badań próbek geologicznych zawierających żelazo [26].

## 6. Metody oparte na wykorzystaniu wiązek przyspieszonych protonów i cząstek $\alpha$

Zbudowany z inicjatywy prof. Niewodniczańskiego mały cyklotron C-48 został uruchomiony w końcu 1956 r. przez zespół pod kierownictwem Jacka Hennela w piwnicy Instytutu Fizyki UJ przy ul. Gołębiej 13. W 1957 r. został on prze-



Rys. 13. Widmo mössbauerowskie otrzymane w Krakowie w 1961 r. (praca magisterska J. Bary).

niesiony do Instytutu Fizyki Jądrowej. Przyspieszane w nim protony do energii 3 MeV i cząstki  $\alpha$  do energii w przedziałach 1 – 1.5 MeV i 3 – 6 MeV zostały m.in. wykorzystane do badań warstw powierzchniowych różnych substancji. Grubość badanych warstw była uwarunkowana zasięgiem cząstek. Zasięgi protonów o energii 3 MeV wynoszą w krzemie  $90.9 \mu\text{m}$ , w srebrze  $35.7 \mu\text{m}$ , a w tkankach organicznych ok.  $130 \mu\text{m}$ . Zasięgi cząstek  $\alpha$  o tej energii są niższe i wynoszą odpowiednio  $11.8 \mu\text{m}$ ,  $5.42 \mu\text{m}$  i  $15 \mu\text{m}$ . Maksymalne natężenie prądu wiązek nie przekraczało  $1 \mu\text{A}$ , a rozmycie energii przyspieszonych cząstek było rzędu  $100 \text{ keV}$ .

Wiązki małego cyklotronu były stosowane w metodzie wstecznego rozproszenia rutherfordowskiego (Rutherford Back Scattering – RBS), w badaniach zjawiska kanałowania naładowanych cząstek w kryształach i w metodach wyznaczania śladowych stężeń domieszek przez rejestrację wzbudzeń charakterystycznego promieniowania X (Particle Induced X-Ray Emission – PIXE) i rejestrację promieniowania  $\gamma$  wzbudzonego w reakcjach jądrowych (Particle Induced Gamma Emission – PIGE). Lepszym urządzeniem do tego rodzaju badań jest akcelerator Van de Graaffa. Jest prostszy w obsłudze, energia cząstek może być zmieniana w sposób ciągły, można uzyskiwać wyższe prądy wiązek, a rozmycie energetyczne jest kilkadziesiąt razy mniejsze. W 1991 r. Instytut Fizyki Jądrowej otrzymał

fundusze na zakup (co prawda używanego) akceleratora Van de Graaffa na napięcie 3 MV. Akcelerator został uruchomiony w 1994 r. Mały cyklotron, po 35 latach pracy przekazano Instytutowi Fizyki Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, gdzie stanowi element układu separacji i implantacji jonów oraz badań warstw powierzchniowych.

### 6.1. Wsteczne rozproszenie rutherfordowskie (RBS)

Metoda polega na wykorzystaniu faktu, iż energia cząstek rozproszonych pod dużym kątem na jądrach bombardowanej tarczy zależy od masy, a więc od liczby masowej  $A$ , rozpraszających jąder. Ponieważ przekrój czynny na rozproszenie jest proporcjonalny do kwadratu ładunków cząstki padającej i rozpraszającej, natężenie wiązki rozproszonej silnie zależy od liczby atomowej  $Z$  jąder rozpraszających. Badając wobec tego rozproszenie cząstek można uzyskać informacje o pierwiastkach występujących w powierzchniowej warstwie bombardowanej tarczy.

#### Zasada metody RBS

Dokonuje się rejestracji widma energetycznego cząstek rozproszonych pod dużym kątem, bliskim  $180^\circ$ . Stosunek prędkości cząstek rozproszonych  $v$  do prędkości  $v_0$  cząstek padających jest dany przez wzór

$$\frac{v}{v_0} = \frac{M_0 \cos \theta + \sqrt{M^2 - M_0^2 \sin^2 \theta}}{M + M_0}, \quad (14)$$

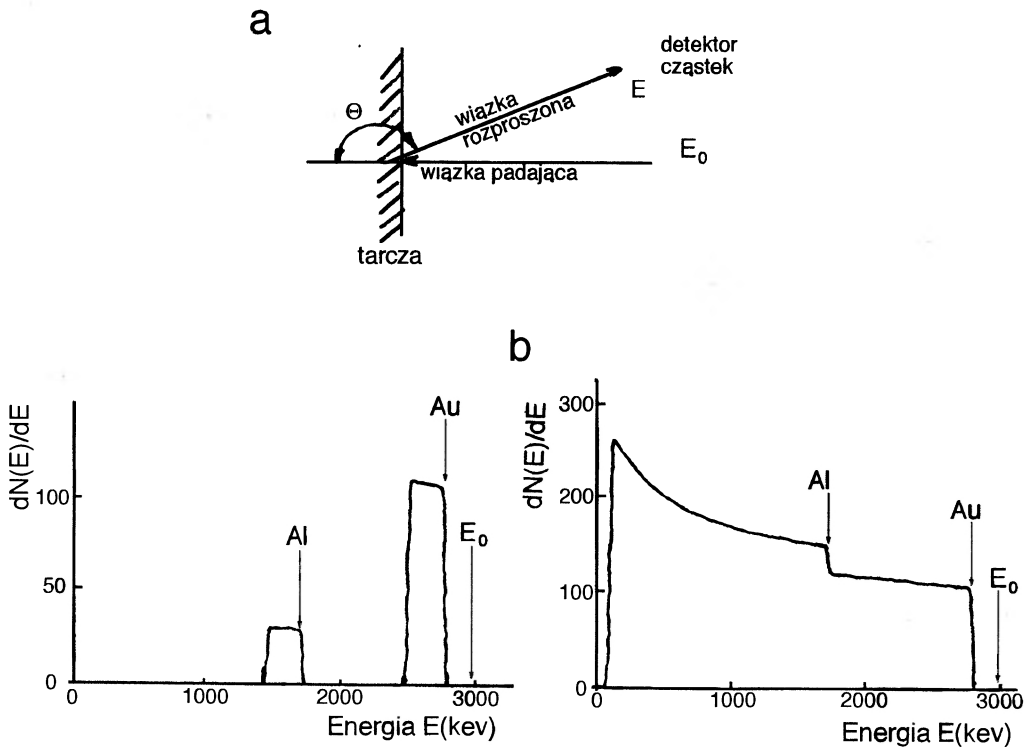
gdzie  $M_0$  jest masą cząstek padających,  $M$  – masą cząstek rozpraszających (jąder tarczy), a  $\theta$  – kątem rozproszenia. Dla  $\theta = 180^\circ$  stosunek energii kinetycznych cząstek rozproszonych i padających jest równy

$$\frac{E}{E_0} = \left( \frac{M - M_0}{M + M_0} \right)^2. \quad (15)$$

Drugi wzór, z którego korzysta się w metodzie RBS, to wzór na różniczkowy przekrój czynny rozproszenia rutherfordowskiego. W przypadku, gdy  $M_0/M \ll 1$

$$\frac{d\sigma}{d\omega} = \frac{1}{4} \left( \frac{e^2 Z_0 Z}{E_0} \right)^2 \frac{1}{\sin^4(\theta/2)}. \quad (16)$$

Na rysunku 14a przedstawiona jest geometria pomiaru, a na rys. 14b schematyczne widma, które uzyskuje się w przypadku rozproszeń skolimowanej wiązki cząstek  $\alpha$  pod kątem  $\theta = 150^\circ$  od cienkiej i grubej tarczy zawierającej Al i Au w stosunku 10:1. Przez ciekłą tarczę rozumiemy taką, której grubość jest znacznie mniejsza od zasięgu bombardujących cząstek.

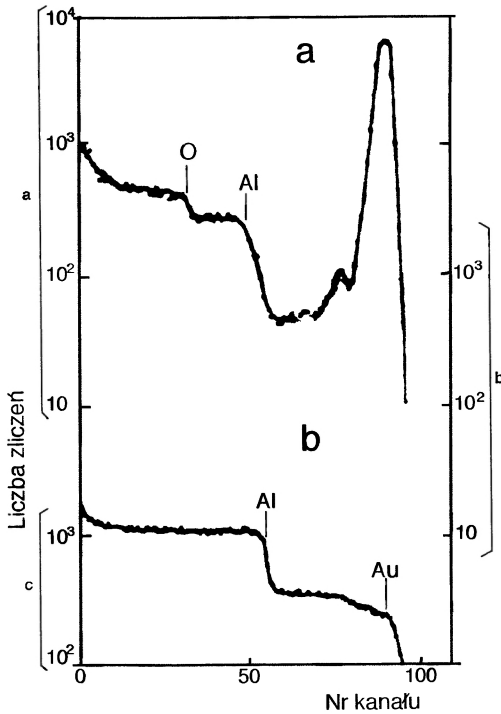


Rys. 14. (a) Geometria pomiaru wstecznego rozproszenia rutherfordowskiego, (b) Schematyczne widma dla cienkiej (500 nm) i grubej tarczy zawierającej Al i Au w stosunku 10:1.

Metoda RBS została zaproponowana w 1958 r. przez S. Rubina [28]. W Krakowie metodę tę wprowadziliśmy w 1965 r. [29], a otrzymane przez nas widma przy użyciu cząstek  $\alpha$  z cyklotronu C-48 (rys. 15) w pełni potwierdziły słuszność naszej koncepcji. W następnych latach metoda RBS była z powodzeniem stosowana w IFJ do badań warstw powierzchniowych zmodyfikowanych przez implantację jonów.

## 6.2. Metoda kanatowania cząstek naładowanych

W 1960 r. został stwierdzony eksperymentalnie efekt, który był łatwy do przewidzenia, a polegający na tym, że zasięg w monokryształach cząstek naładowanych będzie największy, gdy cząstki poruszają się wzdłuż kanałów utworzonych przez regularnie rozmieszczone atomy sieci krystalicznej.

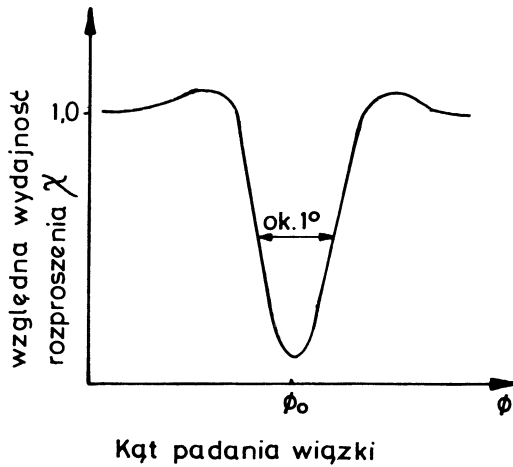


Rys. 15. (a) Widmo RBS otrzymane na wiązce cząstek  $\alpha$  z cyklotronu C-48. Cienka tarcza Au ( $0.50 \text{ mg/cm}^2$ ) na grubej tarczy  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Czas pomiaru 2 min., (b) Widmo RBS dla grubej tarczy stopu Al (85%) i Au (15%) [29].

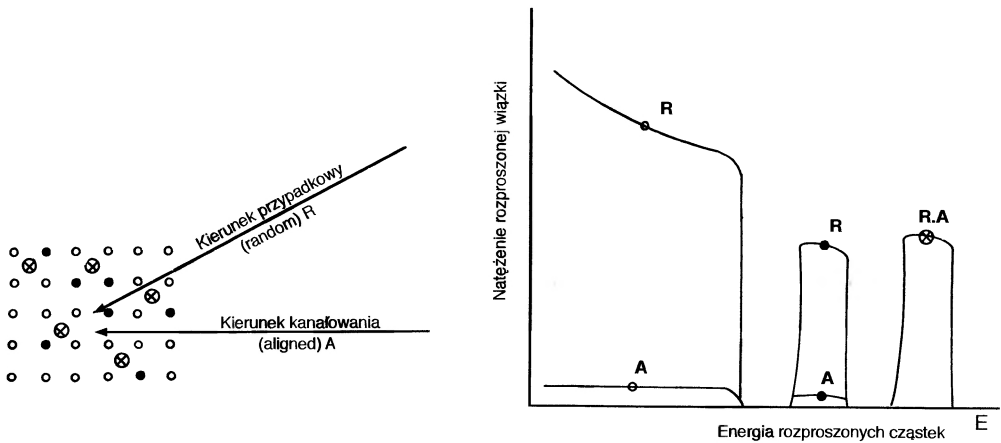
### Zasada metody kanałowania

Najprostszy sposób badania kanałowania polega na rejestracji widma cząstek rozproszonych w monokryształ. Monokryształ, stanowiący tarczę bombardowaną przez skolimowaną wiązkę cząstek, jest umieszczony w uchwycie goniometrycznym, co pozwala na zmianę kąta jego ustawienia względem kierunku wiązki. Gdy kierunek padania cząstek nie pokrywa się z ustawieniem płaszczyzn krystalicznych, cząstki są rozpraszane w sposób przypadkowy, tak jakby tarcza była substancją amorficzną lub polikrystaliczną. Jeżeli wycelujemy cząstki zgodnie z kierunkiem ustawienia atomów, cząstki będą „kanałowane”, ich zasięg znacznie wzrośnie, a wobec tego nastąpi spadek natężenia cząstek rozproszonych. Pomiar strumienia rozproszonych cząstek w funkcji kąta ustawienia monokryształu daje charakterystyczne minimum przedstawione schematycznie na rys. 16. Jeżeli jakieś atomy (domieszki) znajdują się w środku kanału, to minimum ulegnie rozdwojeniu. Cenne informacje o strukturze monokryształu oraz o rodzaju i położeniu ewentualnych domieszek można uzyskać przez porównanie widma energetycznego rozproszonych cząstek padających w kierunku kanałowania (*aligned*) i w kierunku przypadkowym (*random*). Takie porównanie widm rozproszenia rutherfordowskiego przedstawione jest schematycznie na

rys. 17 dla kryształu, w którym ciężkie atomy domieszek znajdują się w pozycjach węzłowych lub są rozmieszczone przypadkowo wewnątrz kanału. Założone jest przy tym, że oba typy domieszek znajdują się w cienkiej warstwie, blisko powierzchni kryształu.



Rys. 16. Efekt kanałowania. Względna wydajność rozproszenia w zależności od kąta ustawienia monokryształu.



Rys. 17. Badanie warstw powierzchniowych monokryształów. Widma rozproszonych cząstek dla kierunku kanałowania (*aligned*) A i kierunku przypadkowego (*random*) R:  $\circ$  atomy matrycy o masie  $M$ ,  $\bullet$  atomy domieszki w pozycjach węzłowych ( $M_W$ ),  $\times$  atomy domieszki w pozycjach międzywęzłowych ( $M_M$ );  $M < M_W < M_M$ .

Badania zjawiska kanałowania zainicjowane przez Stefana Koptę i Ewę Maydell-Ondrusz rozpoczęły się w IFJ w 1974 r. Dotyczyły m.in. takich procesów jak wzbudzenie kulombowskie i wytwarzanie charakterystycznego promieniowania X w warunkach kanałowania [30]. Zjawisko kanałowania zostało m.in. zastosowane przez Bogusława Rajchela do badania kryształów jonowych [31].

## 7. Metody PIXE i PIGE wyznaczania śladowych koncentracji pierwiastków

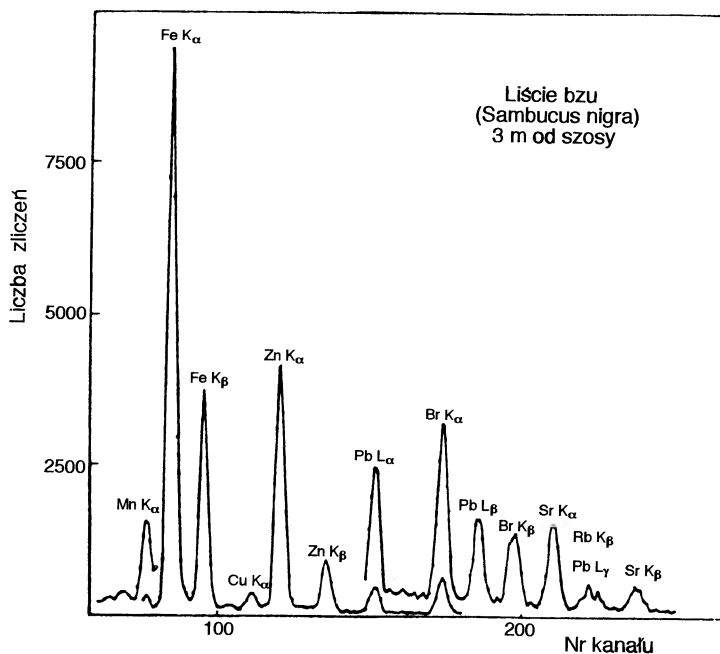
Bombardująca tarczę wiązka cząstek naładowanych wywołuje jonizacje atomów. Zapełnianiu dziur wytworzonych w głębokich powłokach elektronowych towarzyszy emisja charakterystycznego promieniowania X. Energie linii w widmie promieniowania charakteryzują pierwiastek, którego atomy uległy jonizacji przez bombardujące cząstki. Dla Si linia  $K_{\alpha}$  ma energię 1.7 keV, dla Cd – 23.2 keV, a dla Pb – 75 keV. Linia  $L_{\alpha}$  dla Cd ma energię 3.1 keV, a dla Pb – 10.5 keV.

Metoda PIXE (Particle Induced X-Ray Emission) polega na rejestracji charakterystycznego promieniowania X emitowanego przez bombardowaną tarczę za pomocą detektora Si(Li) o wysokiej energetycznej zdolności rozdzielczej ( $< 200$  eV). Natężenie linii danego pierwiastka w widmie jest proporcjonalne do jego koncentracji w badanej próbce. Zakres stosowności metody obejmuje wszystkie pierwiastki od aluminium wzwyż. Dla pierwiastków o niższej liczbie atomowej charakterystyczne promieniowanie X ma zbyt niską energię i nie przenika do detektora. Typowe widmo otrzymane metodą PIXE jest pokazane na rys. 18. Metoda odznacza się wysoką czułością, gdyż pozwala wyznaczać koncentracje domieszek rzędu  $10^{-6}$ . Jej zaletą jest możliwość wyznaczania stężeń różnych domieszek w jednym pomiarze. Próbka może być bardzo mała i nie wymaga żadnej obróbki chemicznej, która mogłaby wpłynąć na jej skład.

Metoda PIGE (Particle Induced Gamma Emission) polega na detekcji promieniowania gamma powstającego w wyniku reakcji jądrowych wywołanych bombardującymi cząstkami. Przykładem może być wzbudzenie kulombowskie  $^{19}\text{F}$ , któremu towarzyszą przejścia  $\gamma$  o energiach 110 keV i 197 keV rejestrowane za pomocą detektora germanowego lub scyntylacyjnego.

Metoda PIXE została opracowana w 1970 r. w Lund przez T.B. Johanssona [32]. W Krakowie metodę PIXE wprowadził Stanisław Szymczyk i pierwsze pomiary na wiązce cyklotronu C-48 były przeprowadzone w 1973 r. przez niego, Józefa Kajfosa i Pawła Wodnieckiego. Na rysunku 19 przedstawiona jest komora tarczowa stosowana w Krakowie. W 1978 r. został wykonany pomiar PIGE zawartości fluoru w porostach w otoczeniu Huty Aluminium w Skawinie [33],

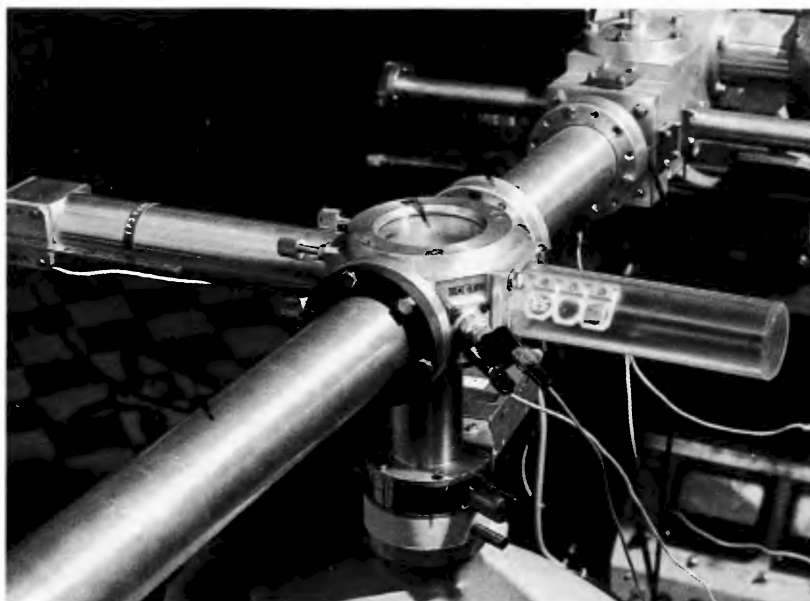




Rys. 18. Typowe widmo PIXE [35].

a w 1979 r. poszerzyliśmy zakres śladowych zanieczyszczeń wykrywanych w porostach przez zastosowanie również metody PIXE [34]. W 1981 r. ulepszyliśmy technikę analiz pierwiastków śladowych w tarczach nieprzewodzących przez zastosowanie komory pomiarowej z pośrednim ciśnieniem [35]. Usprawniło to i przyspieszyło pomiary, w szczególności dla suchych próbek roślinnych [36]. Zespół kierowany przez S. Szymczyka wykonywał w latach 1978–88 pomiary dla kilku tysięcy próbek rocznie. Pomiary dotyczyły próbek roślinnych, produktów żywnościowych, tkanek ludzkich i zwierzęcych, mineralnych depozytów w organizmie i wielu innych próbek dostarczanych przez ponad 40 instytucji zainteresowanych ze względów naukowych, technicznych i komercyjnych śladowymi zanieczyszczeniami różnych materiałów. W roku 1976 prace nad zastosowaniem metody PIXE rozpoczęły się w Zakładzie Fizyki Jądrowej IF UJ, kierowanym przez Adama Strzałkowskiego. Pomiary wykonywane przez Eugeniusza Rokitę na wiązce cyklotronu C-48 były prowadzone przede wszystkim dla próbek medycznych. Najważniejsze wyniki dotyczyły stężenia szkodliwych metali w osoczu krwi [37] i biomineralizacji tkanek [38].

Serdecznie dziękuję kierownikom i pracownikom wymienionych w referacie zespołów badawczych za przypomnienie szeregu faktów z historii 40-letniego rozwoju w Instytucie Fizyki Jądrowej i w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Jagielloń-



Rys. 19. Fragment jonowodu z komorą tarczową i detektorami do pomiarów PIXE.

skiego metod jądrowych w fizyce fazy skondensowanej oraz za pomoc w wyborze cytowanych prac. Przepraszam równocześnie tych wszystkich pracowników, których bezsporne osiągnięcia nie zostały we właściwy sposób przedstawione. Nie uchylam się od odpowiedzialności za te braki, ale częściowo tłumaczy mnie ograniczenie objętości publikacji.

### Literatura

- [1] F. Bloch, W.W. Hansen, M. Packard, *Phys. Rev.* **69**, 127 (1946).
- [2] E.M. Purcell, H.C. Torrey, R.V. Pound, *Phys. Rev.* **69**, 37 (1946).
- [3] A.Z. Hryniewicz, T. Waluga, „On Nuclear Magnetic Resonance in Flowing Liquid”, *Acta Phys. Pol.* **16**, 381 (1957).
- [4] A.Z. Hryniewicz, T. Waluga, G. Zapalski, „On the Vector Model of Nonadiabatic Transition in NMR”, *Arch. Sci. (Genève)* **11**, 190 (1958).
- [5] J.W. Hennel, A.Z. Hryniewicz, „Method of Measurement of Long Spin-Lattice Relaxation Times in Liquids”, *Arch. Sci. (Genève)* **11**, 238 (1958).
- [6] J.S. Blicharski, „Interference Effect in Nuclear Magnetic Relaxation”, *Phys. Lett.* **24A**, 608 (1967).
- [7] J.S. Blicharski, „Interference Effects in Nuclear Magnetic Resonance”, *Proc. XXVI Congress AMPERE 1992*, s. 203.

- [8] O.K. Daszkiewicz, J.W. Hennel, B. Lubas, T.W. Szczepkowski, „Proton Magnetic Relaxation and Protein Hydration”, *Nature* **200**, 1006 (1963).
- [9] Z.T. Lalowicz, C.A. McDowell, P. Raghunathan, „Proton Magnetic Resonance Spectroscopy of the Tunnelling Ammonium Ion: Generalized Lineshape Theory and Some Experimental Examples”, *J. Chem. Phys.* **70**, 4819 (1979).
- [10] B. Tomanek, A. Jasiński, A. Krzyżak, S. Kwieciński, T. Skórka, Z. Sułek, „Magnetic Resonance Microscopy of Internal Structure of the Honey Bee Drone and Queen”, *J. of Apiculture Res.*, w druku.
- [11] M. Deutsch, A.Z. Hryniewicz, R. Stiening, „Coincidence Experiments”, MIT, Laboratory of Nuclear Science, Progress Report, May 1959, s. 136; A.Z. Hryniewicz, „Pomiary momentów magnetycznych krótkozyciowych stanów wzbudzonych jąder atomowych”, *Postępy Fizyki* **9**, 521 (1960).
- [12] E. Bożek, A.Z. Hryniewicz, J. Styczeń, „G-factor of 482 keV State of  $^{181}\text{Ta}$  Measured with the Differential Method”, *Phys. Lett.* **1**, 126 (1962).
- [13] A. Bałanda, K. Królas, A.Z. Hryniewicz, J. Styczeń, „The Effective Magnetic Field on Zn Nuclei in Fe, Co, and Ni”, *Acta Phys. Pol. A* **42**, 453 (1972).
- [14] A.Z. Hryniewicz, K. Królas, „Formation of Two-Impurity Complex in Dilute Alloys Observed through Perturbed Angular Correlations of  $\gamma$ -Rays”, *Phys. Rev. B* **28**, 1864 (1983).
- [15] Z. Ingot, A.Z. Hryniewicz, K. Królas, P. Wodniecki, „Repulsive Interactions between In and Ag Impurities in Palladium Host”, *Hyperfine Interact.* **35**, 639 (1987).
- [16] B. Wodniecka, P. Wodniecki, M. Marszałek, A.Z. Hryniewicz, „Electric Quadrupole Interaction at  $^{181}\text{Ta}$  Probes in Hexagonal  $\text{TiNi}_3$ -Type Compounds”, *J. of Alloys and Comp.* **219**, 128 (1995).
- [17] P. Wodniecki, M. Marszałek, B. Wodniecka, A.Z. Hryniewicz, „Intermetallic Compound Formation at the In-Pd Interface Investigated with  $^{111}\text{In}$  Local Probes”, *Hyperfine Interact.* **78**, 319 (1993).
- [18] R. Mössbauer, *Z. Phys.* **151**, 124 (1958).
- [19] E. Görlich, H.U. Hryniewicz, R. Kmiec, K. Łątka, K. Tomala, „The Mössbauer Effect in  $\text{Eu}_3\text{S}_4$  at Low Temperatures”, *Phys. Status Solidi (b)* **64**, K147 (1975).
- [20] J.A. Sawicki, T. Tyliczszak, J. Stanek, B.D. Sawicka, J. Kowalski, „Conversion Electron Mössbauer Spectroscopy of  $^{197}\text{Au}$ ”, *Nucl. Instrum. Methods* **215**, 567 (1983).
- [21] A.Z. Hryniewicz, D.S. Kulgawczuk, E.Z. Mazanek, A.J. Pustówka, J.A. Sawicki, M.E. Wyderko, „Mössbauer Effect Study of Calcium Magnetites”, *Phys. Status Solidi (b)* **43**, 401 (1971).
- [22] E.A. Görlich, A.Z. Hryniewicz, R. Kmiec, K. Tomala, „Hyperfine Interactions of  $^{161}\text{Dy}$  and  $^{57}\text{Fe}$  in Metallic Phases  $\text{Dy}(\text{Me}_{1-x}\text{Me}_x)_2\text{Si}_2$  (Me: Mn, Fe, Co, Ni, Cu)”, *J. Phys. C* **15**, 6049 (1982).
- [23] E.A. Görlich, K. Łątka, K. Tomala, „Investigation of Hyperfine Interactions in  $\text{Gd}_{1-x}\text{Y}_x$  and  $\text{Gd}_{1-x}\text{Sc}_x$  Alloys by the Mössbauer Effect for  $^{155}\text{Gd}$  Isotope”, *J. Phys. (France)* **40**, C2-654 (1979).
- [24] J. Bara, A.Z. Hryniewicz, „The Mössbauer Effect for the Impurity Atoms of the  $^{57}\text{Fe}$ ”, *Phys. Status Solidi* **15**, 205 (1966).
- [25] J. Stanek, J. Sawicki, B. Sawicka, „Conversion Electron Mössbauer Spectroscopy of  $^{57}\text{Fe}$  Implanted into Solids”, *Nucl. Instrum. Methods* **130**, 613 (1975).

- [26] A.Z. Hrynkiewicz, J. Kubisz, D. Kulgawczuk, „Zastosowanie efektu Mössbauera w problematyce mineralogicznej”, *Prace Miner. PAN* **6**, 608 (1966).
- [27] J. Kraczką, D.S. Kulgawczuk, A.Z. Hrynkiewicz, W. Żabiński, „Mössbauer Study of Naturally Occurring Heulandites”, *Hyperfine Interact.* **29**, 1129 (1986).
- [28] S. Rubin, *Proc. Accelerator Conference*, Cambridge, Mass. 1958.
- [29] A.Z. Hrynkiewicz, H. Niewodniczański, L. Pomorski, „Rapid Identification of Isobars by the Large Angle Scattering of Low Energy Alpha Particles from the Cyclotron”, *Nukleonika* **10**, 405 (1965).
- [30] S. Kopta, R. Hajduk, A.Z. Hrynkiewicz, E. Maydell-Ondrusz, B. Rajchel, „RBS, Coulomb Excitation,  $\gamma$ -Rays and X-Rays Production Studied in Channeling Conditions”, *Phys. Status Solidi (a)* **101**, 77 (1987).
- [31] B. Rajchel, „Radiation Damage in a CdF<sub>2</sub> Ionic Crystal by Channeled Proton Beam”, *Nucl. Instrum. Methods B* **68**, 435 (1992).
- [32] T.B. Johansson, R. Akelsson, S.A.E. Johansson, *Nucl. Instrum. Methods* **84**, 141 (1970).
- [33] M. Olech, J. Kajfosz, S. Szymczyk, P. Wodniecki, „Fluorine Content in Epiphytic Lichens and Mosses”, *Zeszyty Naukowe UJ (Prace Botaniczne)* **56**, 163 (1981).
- [34] A.Z. Hrynkiewicz, S. Szymczyk, J. Kajfosz, M. Olech, „PIXE and NRA Environmental Studies by Means of Lichen Indicators”, *Nucl. Instrum. Methods* **168**, 517 (1980).
- [35] S. Szymczyk, J. Kajfosz, A.Z. Hrynkiewicz, „Improvement of PIXE Analytical Technique by Use of Target-Chamber with an Intermediate Air Pressure”, *Nukleonika* **26**, 562 (1981).
- [36] S. Szymczyk, J. Kajfosz, A.Z. Hrynkiewicz, A. Curzydło, „PIXE Studies of Pollutants in Plants”, *Nucl. Instrum. Methods* **181**, 281 (1981).
- [37] D. Słonimska, L. Jarczyk, E. Rokita, A. Łosiowski, A. Macheta, A. Strzałkowski, N. Sych, S. Moszkowicz, „Application of PIXE Method to Determination of Lead Content in Blood”, *Nukleonika* **24**, 1109 (1979).
- [38] T. Cichoński, D. Heck, L. Jarczyk, E. Rokita, A. Strzałkowski, N. Sych, „Experimental Comparison of PIXE with Other Methods Utilized for Biomineralization Studies”, *Nucl. Instrum. Methods B* **31**, 449 (1988).

## ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

XVIII Kazimierzowska Konferencja Fizyki Cząstek Elementarnych  
w Ames

W dniach 17 – 26 maja 1995 r. w Uniwersytecie Stanu Iowa w Ames odbyły się Międzynarodowe Warsztaty i Sympozjum Teorii i Fenomenologii Cząstek Elementarnych. Zostały one zorganizowane przez Międzynarodowy Instytut Fizyki Teoretycznej i Stosowanej (IITAP) Uniwersytetu Stanu Iowa przy współpracy z Wydziałem Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego i Wydziału Fizyki Uniwersytetu Wisconsin w Madison (USA). Impreza ta stanowiła kontynuację zarówno Kazimierzowskich Konferencji Fizyki Cząstek Elementarnych jak i Sympozjów Fenomenologii Cząstek organizowanych w Madison. Instytut IITAP został utworzony w 1994 r. przez Uniwersytet Stanu Iowa i UNESCO na wzór Międzynarodowego Centrum Fizyki Teoretycznej (ICTP) w Trieście, istniejącego od prawie 30 lat. Głównym zadaniem obu placówek jest pomoc naukowcom z krajów rozwijających się w prowadzeniu badań w swoich krajach w wielu dziedzinach nauki, włączając fizykę, informatykę, biologię, technologię materiałów, ochronę środowiska itp. Program IITAP przewiduje organizację konferencji, warsztatów, szkół, kursów i staży naukowych przy współpracy zarówno instytucji amerykańskich jak i zagranicznych. W Uniwersytecie Stanu Iowa, powstałym w 1858 r., kształcą się obecnie 24 tysiące studentów, w tym ponad 10% stanowią studenci zagraniczni z ponad stu krajów. Studenci stanowią połowę mieszkańców miasta Ames, leżącego 50 km na północ od Des Moines – stolicy stanu Iowa.

Sympozjum i warsztaty były poświęcone przeglądowi najnowszych wyników fizyki cząstek elementarnych zarówno teoretycznych jak i doświadczalnych. Tematyka wykładów i komunikatów uwzględniała fizykę ciężkich kwarków (zwłaszcza nowo odkrytego kwarka  $t$ ), fizykę bozonów Higgsa, problem masy fermionów, fizykę neutrin, badanie struktury hadronów i chromodynamikę kwantową, supersymetrię oraz związki fizyki cząstek elementarnych i kosmologii.

Najważniejszym wynikiem doświadczalnym było oczywiście potwierdzenie przez niezależne eksperymenty (o nazwach CDF i D0) w Laboratorium Fermiego (FNAL) w Batawii odkrycia kwarka  $t$  w analizie zderzeń  $p\bar{p}$  w akceleratorze Tevatron przy energii 1.8 TeV w układzie środka masy. Wśród ok.  $10^8$  zarejestrowanych przypadków w eksperymentach CDF i D0 znaleziono odpowiednio 43 i 17 przypadków zgodnych z produkcją kwarków  $t\bar{t}$ . Kwarki  $t$  rozpadają się głównie na bozon  $W$  i kwark  $b$ , a następnie bozon  $W$  rozpada się albo na leptony, albo na kwarki. Przypadki, w których oba bozony  $W$  rozpadają się na leptony ( $e$  lub  $\mu$ ), stanowią najczystszy sygnał produkcji kwarków  $t$ : w CDF zaobserwowano 6 takich przypadków przy tle  $1.3 \pm 0.3$ , w D0 odpowiednio 3 przypadki przy tle  $0.65 \pm 0.15$ . Według danych doświadczenia CDF masa kwarka  $t$  wynosi  $(176 \pm 8 \text{ (stat.)} \pm 10 \text{ (syst.)}) \text{ GeV}/c^2$ , a w przypadku D0:  $(199 \pm 20 \text{ (stat.)} \pm 22 \text{ (syst.)})$

$\text{GeV}/c^2$ . Bardzo dużo referatów poświęconych było analizie produkcji kwarka  $t$  zarówno w Tevatronie jak i w przyszłych akceleratorach (np. w wielkim zderzaczach hadronów – LHC i następnym zderzacz liniowym – NLC), a także fenomenologii kwarka  $t$ , powiązanej z wyjściem poza model standardowy. Duża masa kwarka  $t$  stwarza nadzieje na odkrycie śladów nowej fizyki, a liczba powstałych już scenariuszy wskazuje na to, że fizyka kwarka  $t$  przez wiele lat będzie jednym z głównych przedmiotów badań.

Spośród wyników teoretycznych warto zwrócić uwagę na dwa zagadnienia. Pierwsze związane jest z precyzyjnymi testami modelu standardowego. Istniejące dane doświadczalne pozwalają nie tylko na precyzyjne sprawdzanie modelu standardowego, ale także na rozpoczęcie istotnych testów uogólnień tego modelu, a w szczególności minimalnego supersymetrycznego modelu standardowego. Ważnym elementem tych sprawdzianów jest wartość numeryczna stosunku rozpadów  $R_b$  bozonu  $Z$  na parę kwarków powabnych. Zmierzona wartość eksperymentalna  $R_b^{\text{eksp}} = 0.2204 \pm 0.0020$  różni się od przewidywań modelu standardowego  $R_b^{\text{teor}} = 0.216$  o dwa standardowe odchylenia. Analiza przeprowadzona w ramach minimalnego supersymetrycznego modelu standardowego pozwala na uzyskanie z jednej strony lepszej zgodności obliczeń teoretycznych z danymi doświadczalnymi, a z drugiej strony prowadzi do mniejszej wartości silnej stałej sprzężenia, zgodnej z przewidywaniami niskoenergetycznymi. Jednocześnie uzyskane ograniczenia na parametry modelu supersymetrycznego wskazują, że niektóre nowe cząstki związane z modelem supersymetrycznym mogą być w zasięgu doświadczeń prowadzonych przy akceleratorze LEP2 w CERN-ie, czyli mogą zostać odkryte jeszcze przed końcem tego tysiąclecia.

Drugie zagadnienie wiąże się z prowadzonymi od lat bardzo czasochłonnymi obliczeniami na sieci w chromodynamice kwantowej. Opracowano nową metodę umożliwiającą wykonanie wielu obliczeń „sietkowych” przy użyciu komputerów osobistych, a nie wyspecjalizowanych komputerów o ogromnej mocy obliczeniowej. Istotnym nowym elementem tej metody jest uwzględnienie w obliczeniach wyników perturbacyjnych, umożliwiających wyeliminowanie kosztownych czasowo i sprzętowo obliczeń przy malejącej stałej sieci. W obliczeniach na sieci trzeba bowiem przejść do granicy odpowiadającej zerowej stałej sieci (czyli ciągłej czasoprzestrzeni) i do tego można wykorzystać rozwinięcie perturbacyjne w znormalizowanej stałej sprzężenia (przejście do małych stałych sietkowych odpowiada przejściu do obszaru wysokich energii, w którym takie rozwinięcie perturbacyjne daje dobre wyniki).

W symposium i warsztatach wzięło udział 138 osób, w tym 108 z USA, 5 z Polski, 5 z Rosji, 5 z Azji, 6 z Meksyku i Ameryki Południowej. Łącznie przedstawiono 29 referatów na symposium i 52 komunikaty z prac własnych podczas warsztatów (uczestnicy polscy mieli łącznie 4 wystąpienia). Wykłady i komunikaty były bardzo interesujące, towarzyszyła im żywa dyskusja i wspaniała atmosfera. Materiały symposium i warsztatów zostaną opublikowane przez World Scientific w Singapurze.

*Zygmunt Ajduk, Jan Kalinowski*

Institut Fizyki Teoretycznej UW  
Warszawa

## Światowy Kongres Towarzystw Fizycznych

W dniach 18–22 września 1995 r. odbyła się w Tokio II Międzynarodowa Konferencja nt. Badań i Komunikacji w Fizyce (RACIP 2), która jednocześnie była Światowym Kongresem Towarzystw Fizycznych.

Konferencja zgromadziła ok. 120 fizyków, przedstawicieli towarzystw fizycznych z 45 krajów. Polskę reprezentował, jako sekretarz generalny Polskiego Towarzystwa Fizycznego, piszący te słowa. Miejscem konferencji był Uniwersytet ONZ. Organizatorami były: Fizyczne Towarzystwo Japonii oraz Japońskie Towarzystwo Fizyki Stosowanej. Pierwsza konferencja (RACIP 1) odbyła się w Waszyngtonie w roku 1986.

Program konferencji zorganizowanej w postaci sesji plenarnych oraz dyskusji panelowych obejmował następujące zagadnienia: rola fizyki i jej perspektywy w XXI wieku, organizacja środowiska fizyków i jego powiązania z organizacjami międzynarodowymi, nauczanie fizyki i znaczenie edukacji fizycznej dla przyszłych pokoleń, powiązania fizyki z przemysłem, relacje fizycy – społeczeństwo, wymiana informacji z wykorzystaniem najnowszych technik telekomunikacyjnych (publikowanie elektroniczne), problemy fizyki w krajach rozwijających się i podlegających przemianom oraz rola towarzystw fizycznych w zmieniającym się świecie. Zarówno wykłady jak i dyskusje zawierały bardzo wiele interesujących poglądów i informacji na powyższe tematy.

Prezes Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego, prof. K. Patel, w swoim wykładzie „Fizyka i fizycy dla XXI wieku” rozważał co należy uczynić, aby fizyka i fizycy byli lepiej akceptowani przez społeczeństwa i organizacje rządowe, jak należy przekonywać o celowości finansowania badań fizycznych, jak uwzględniać potrzeby „dużej” i „małej” fizyki. W dyskusji podzielano pogląd, że rygorystyczny podział na fizykę podstawową i stosowaną bywa trudny merytorycznie do uzasadnienia, dzieli środowisko fizyków i osłabia siłę ich wystąpień i żądań. Analizując przyczyny trudności, z jakimi spotyka się zrozumienie roli fizyki i jej potrzeb, zwrócono uwagę, że fizyka różni się od innych nauk podstawowych takich jak chemia czy biologia brakiem odpowiednika inżynierii chemicznej czy biotechnologii, co identyfikuje te nauki z rozwojem odpowiedniej gałęzi przemysłu, a więc tworzeniem społecznego majątku. Nie istnieje inżynieria fizyczna. Fizyka stosowana nie jest jej odpowiednikiem. Wynika z tego szczególna rola właściwych relacji fizyki z przemysłem, kształcenia fizyków dla przemysłu, traktowania fizyki uprawianej w przemyśle i dla przemysłu jako nauki o tej samej randze co fizyka akademicka obejmująca badania podstawowe. Proponowano termin „fizyka przemysłowa” lub przez analogię do przemysłu chemicznego „physics-based industry” i działania na rzecz powstania takiej dyscypliny i takiej gałęzi przemysłu.

Wiele interesujących wypowiedzi dotyczyło sposobu kształcenia fizyków. Zwrócono uwagę na celowość realizowania bardziej ogólnych programów kształcenia. Obserwuje się ciągle zbyt wąskie i specjalistyczne nauczanie, programy przeładowane treścią, zbyt długi czas kształcenia i nastawienie programów na kształcenie fizyków głównie dla potrzeb czystej nauki. Tymczasem należy dążyć do tego, aby fizycy byli przygotowani do pracy w wielu innych dziedzinach, co pozwoli wnieść do nich wyjątkowe walory „ducha fizyki” i zbudować przyszłości dla fizyki w różnych obszarach życia gospodarczego i społecznego.



Wielki nacisk położono na rolę współpracy począwszy od kontaktów osobistych do szerokiego współdziałania narodowych towarzystw fizycznych i ich grup. Współdziałanie międzynarodowe fizyków w obecnym okresie, wobec wyłonienia się globalnych problemów ludzkości, reprezentowanych przez tzw. „meganauki”, i wykorzystania do badań tzw. „dużych urządzeń”, których koszty przekraczają niekiedy budżety niektórych krajów, staje się bardziej konieczne niż kiedykolwiek. Współdziałanie to doprowadziło do powstania sześciu dużych regionalnych grup narodowych towarzystw fizycznych. Należą do nich: Europejskie Towarzystwo Fizyczne EPS (36 członków zbiorowych), Związek Towarzystw Fizycznych Azji i Pacyfiku AAPPS (15 członków), Amerykański Instytut Fizyki AIP (12 towarzystw), Federacja Latinoamerykańskich Towarzystw Fizycznych FELASOFI (16 członków), Towarzystwo Afrykańskich Fizyków i Matematyków SAPAM (6 członków) i Euro-Azjatyckie Towarzystwo Fizyczne EAPS (5 członków).

Prezes EPS-u, prof. H. Schopper, w swym wystąpieniu „Nowe wyzwania dla fizyki i fizyków” poruszając wiele istotnych problemów stwierdził, że po zakończeniu zimnej wojny fizyka straciła swój prestiż wskutek utraty strategicznego charakteru dla obronności krajów. Fizyka nie jest w stanie rozwiązać fundamentalnego dziś dla rządów społecznego problemu bezrobocia. Astrologia, radiestezja, czy parapsychologia zajmują więcej stron w publikacjach niż nauka. Społeczeństwa i rządy stawiają pytanie: po co finansować fizykę?

W tej sytuacji fizyka musi znaleźć sobie nową rolę i nowy stosunek do społeczeństwa. Poza tworzeniem wiedzy będącej częścią ludzkiej kultury musi wносить większy wkład w rozwój technologii, w podnoszenie poziomu życia człowieka. Funkcja fizyki musi stać się bardziej zrozumiała dla polityków i kręgów publicznych. Fizyka musi lepiej demonstrować swoją użyteczność, wskazując na niezwykle doniosły fakt, że powstałe bezpośrednio z fundamentalnej fizyki najważniejsze wynalazki: tranzystora, lasera, reaktorów jądrowych, światłowodów i obrazowania za pomocą rezonansów magnetycznych stworzyły oblicze cywilizacji drugiej połowy XX w. Rządy i społeczeństwa muszą sobie uświadomić, że bez fizyków nie zostaną rozwiązane problemy kryzysu energetycznego, „czystej” energii i ochrony środowiska ziemskiego.

Podstawową rolę w osiągnięciu tych celów odgrywa tworzenie nowoczesnego i właściwie ukierunkowanego systemu edukacji młodego pokolenia oraz wykorzystanie środków masowego przekazu do promocji osiągnięć fizyki i stworzenia właściwych relacji ze społeczeństwem.

Organizatorzy zaprosili autora tego sprawozdania, jako przedstawiciela Polskiego Towarzystwa Fizycznego, do udziału w dyskusji panelowej „Rola towarzystw fizycznych w zmieniającym się świecie”. W swoim wystąpieniu przedstawiłem krótką historię, podstawowe formy działalności oraz sytuację PTF wynikającą z transformacji gospodarczo-politycznej kraju. Przekazałem także poglądy naszego Towarzystwa na rolę narodowych towarzystw fizycznych w dzisiejszym szybko zmieniającym się świecie. Można je krótko ująć w trzech punktach.



1. Aktualna sytuacja i potrzeby XXI w. wymagają jak najszerszej współpracy narodowych towarzystw fizycznych w skali światowej z wykorzystaniem najnowszych technik telekomunikacyjnych.

2. Narodowe towarzystwa fizyczne muszą położyć w swojej działalności większy nacisk na właściwą edukację młodego pokolenia w zakresie fizyki jako nauki wnoszącej podstawowy wkład do ludzkiej kultury. Właściwy poziom wiedzy fizycznej jest konieczny do korzystania z nowoczesnych technologii i będzie decydował o poziomie życia przyszłego społeczeństwa.

3. Problemy fizyki i środowiska fizyków muszą być lepiej znane społeczeństwu i organom rządowym państw. Toteż towarzystwa fizyczne muszą stać się rodzajem ciał do kontaktów publicznych, promujących i popularyzujących osiągnięcia fizyki za pomocą środków masowego przekazu.

Warto nadmienić, że wychodząc naprzeciw temu ostatniemu pogładowi Polska Agencja Prasowa w osobie swojego korespondenta w Tokio odnalazła polskiego przedstawiciela w celu przeprowadzenia z nim wywiadu.

Na zakończenie konferencji uchwalono „Tokijską Deklarację Towarzystw Fizycznych” skierowaną do rządów, organizacji pozarządowych, agencji międzynarodowych, fundacji regionalnych i międzynarodowych, międzynarodowych unii naukowych i akademii narodowych. Deklaracja ta mówi o woli podjęcia działań przez międzynarodowe środowisko fizyków w celu bliższego powiązania fizyki z potrzebami społecznymi, gospodarczymi i kulturalnymi narodów, o konieczności rozwoju edukacji w dziedzinie fizyki na wszystkich poziomach oraz o potrzebie rozszerzania kontaktów naukowych za pośrednictwem najnowocześniejszych technik telekomunikacyjnych.

Wszystkie wykłady i wystąpienia zostaną opublikowane w materiałach konferencji, które w formie książkowej wydaje World Scientific, Singapore.

Uznając pilną potrzebę ponownego spotkania tego typu ustalono, że trzecia konferencja RACIP powinna odbyć się nie później niż za pięć lat.

*Ireneusz Strzałkowski*

Polskie Towarzystwo Fizyczne

## **II Ogólnopolska Sesja Naukowa „Datowanie minerałów i skał w oparciu o rozpad promieniotwórczy potasu-40”**

W dniach 26–27 października 1995 r. odbyła się w Lublinie II Ogólnopolska Sesja Naukowa „Datowanie minerałów i skał w oparciu o rozpad promieniotwórczy potasu-40”. W Sesji wzięło udział 31 osób, w tym 3 z Francji i 2 z Ukrainy. Pierwszy dzień, a właściwie popołudnie, poświęcone było aspektom teoretycznym (prof. Norbert Clauer „K-Ar dating of fine-grained sedimentary-to-metamorphic clay minerals”, prof. Stanisław Hałas „Fizyczne podstawy termochrometrii argonowej”) oraz aparaturowym (mgr Tomasz Durakiewicz „Innowacje w aparaturze do wydzielenia i oczyszczania argonu”). Referatów słuchano w auli Instytutu Fizyki UMCS w Lublinie. Po zakończeniu pierwszego dnia obrad odbyło się spotkanie przy herbacie, podczas którego prof. Ryka przedstawił film

nt. parku narodowego Yellowstone. Drugiego dnia Sesja odbywała się w pałacyku Lubelskiego Towarzystwa Naukowego. Wysłuchano następujących referatów: prof. Norberta Clauera: „ $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating of clay-to-mica types in diagenetic-to-hydrothermal conditions”, dr Olgi Coń: „Wykorzystanie datowania K-Ar skał prekambryjskich do rozszyfrowywania ewolucji procesów geologicznych”, dra Marka Michalika: „Datowanie K/Ar diagenetycznych illitów ze stropowej części dolnopermских piaskowców z obszaru występowania dolnośląskich złóż miedzi – wnioski geologiczne”, mgra Michała Banasia: „Zastosowanie oznaczeń wieku muskowitów metodą K-Ar do rekonstrukcji obszarów źródłowych osadów klastycznych GZW”, dra inż. Zdzisława Krzowskiego: „Stopień przydatności glaukonitów trzeciorzędowych regionu lubelskiego w badaniach geochronologicznych”, prof. Tadeusza M. Peryta: „Wstępne wyniki datowania mioceńskich soli potasowych zapadliska przedkarpackiego”, mgra Artura Wójtowicza: „Porównanie metody wzorców zewnętrznych z metodą znacznika  $^{38}\text{Ar}$ ”. Streszczenia wygłoszonych referatów można jeszcze otrzymać pod adresem: Pracownia Spektrometrii Mas IF UMCS, Plac Marii Curie-Skłodowskiej 1, 20-031 Lublin.

Po zakończeniu ostatniego z referatów rozpoczęła się dyskusja okrągłego stołu, którą poprowadził prof. Wacław Ryka. Tematem dyskusji były nowe projekty i priorytety badawcze. Dyskutanci podkreślali brak środków potrzebnych do realizacji projektów geochronologicznych i przedstawiali sposoby na to, by „robić swoje” mimo trudności finansowych. Zaproponowano również aby przyszłoroczna Sesja, która powoli staje się jesienną tradycją, objęła wszystkie uprawiane w Polsce metody datowania minerałów i skał, tworząc w ten sposób pierwsze w naszym kraju forum dyskusji geochronologów.

Zdaniem piszącego te słowa wartość Sesji polega na tym, że umożliwia ona szeroki kontakt fizyków i geologów, co pozwala na lepsze zrozumienie wzajemnych oczekiwań. I tak np. dla fizyka najważniejsza jest nie tyle uzyskana data i jej interpretacja, ale precyzja pomiaru, polepszenie powtarzalności, zdolności rozdzielczej, stabilizacji temperatury, zrozumienie zagadnień dyfuzji argonu itp. Z drugiej strony geolog niechętnie wnika w szczegóły analityczne próbując dopasować otrzymaną datę do swoich oczekiwań. Współpraca fizyka i geologa jest więc niezbędna od chwili pobrania próby aż do opublikowania wyniku datowania.

*Tomasz Durakiewicz*  
Instytut Fizyki UMCS  
Lublin

## RECENZJE

Paweł Artymowicz: *Astrofizyka układów planetarnych*  
Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995, s. 552

Wydrukowana w lutym 1995 r. *Astrofizyka układów planetarnych* jest trzecią i ostatnią pozycją w zapoczątkowanej przez PWN przed dwoma laty serii „Astrofizyka” (dwie poprzednie to *Galaktyki i budowa Wszechświata* Michała Jaroszyńskiego oraz *Gwiazdy i materia międzygwiazdowa* Marcina Kubiaka). Jej Autor ukończył studia astronomiczne na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego w 1985 r. i doktoryzował się na tym samym Wydziale w 1990 r. Opublikował blisko 30 artykułów naukowych poświęconych w głównej mierze zjawiskom zachodzącym w dyskach protoplanetarnych i galaktycznych, w której to dziedzinie zalicza się do światowej czołówki (w latach 1990–93 otrzymywał prestiżowe stypendium Hubble’a i był członkiem Center for Star Formation Studies – konsorcjum naukowego utworzonego przez oddziały Uniwersytetu Kalifornijskiego w Santa Cruz i w Berkeley oraz Ośrodek Badań NASA-Ames). Od listopada 1993 pracuje w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Sztokholmskiego, utrzymując przez cały czas ścisłe związki z polskim środowiskiem astronomicznym.

Owoce tych związków jest m.in. recenzowana pozycja, omawiająca aktualny stan wiedzy o Układzie Słonecznym i pozasłonecznych układach planetarnych. *Astrofizykę układów planetarnych* wydrukowano bardzo dobrze czytelną czcionką, na dobrym papierze i w poręcznym formacie. Zrozumienie tekstu ułatwiają liczne (ponad 120) rysunki i wykresy, a lekturę uprzyjemnia zestaw wybranych przez Autora 38 fotografii różnych obiektów kosmicznych (16 zdjęć czarno-białych i 32 zupełnie przyzwoitej jakości zdjęcia kolorowe).

Autor i Wydawca adresują książkę do studentów fizyki i astronomii oraz do nauczycieli i uczniów starszych klas licealnych. Pozycji takiej brak było dotychczas na polskim rynku wydawniczym, i już z tego choćby powodu wypada ją gorąco zarekomendować. Kolejny plus książki – to aktualność zawartych w niej informacji (najświeższe z nich pochodzą z drugiej połowy 1994 r., co oznacza, że Autor uaktualniał tekst przesłany mu do korekty!). Trzecia jej wielka zaleta – to liczba i stopień wyczerpania poruszanych zagadnień (od mechaniki Układu Słonecznego poprzez procesy kosmogoniczne do budowy wewnętrznej planet oraz fizyki powierzchni planet i ich atmosfer). W stosunkowo niewielkiej objętości (540 stron, w tym przypisy i literatura) Autor zmieścił praktycznie całą wiedzę jaką powinien sobie wstępnie przyswoić doktorant, który pragnie specjalizować się w teorii układów planetarnych. Obszerny materiał jest ułożony bardzo przejrzyście i wzbogacony króciutkimi danymi biograficznymi. Na szczególną pochwałę (i na naśladowanie) zasługuje pomysł umieszczenia na końcu każdego rozdziału listy otwartych problemów naukowych związanych z jego treścią („Pytania bez odpowiedzi”). O ile mi wiadomo, większości informacji zawartych w książce dra Artymowicza trzeba było dotych-

czas szukać w materiałach konferencyjnych i artykułach zamieszczanych w periodykach naukowych. Z tego względu jest ona godna uwagi nie tylko studentów i doktorantów, lecz także zawodowych astrofizyków. Jestem przeświadczony, że każdy czytelnik należący do jednej z tych trzech kategorii skończy lekturę *Astrofizyki układów planetarnych* z przeświadczeniem, iż został rzetelnie poinformowany przez kompetentnego fachowca.

Po pochwałach kolej na uwagi krytyczne. Wbrew temu co piszą Autor i Wydawca, książka jest w wielu miejscach zdecydowanie za trudna dla uczniów szkół średnich. We „Wprowadzeniu” znajdujemy na s. 12 zapewnienie, iż do lektury wystarczy umiejętność różniczkowania i całkowania prostych funkcji. Tymczasem już na s. 50 napotykamy na równania różniczkowe II rzędu, a tylko trochę dalej – na układy takich równań (rozdz. 2.4.2 i 2.5.2). W dalszych rozdziałach Autor używa m.in. równań Maxwella i analizy wektorowej (operator nabla, twierdzenie Stokesa). Na s. 340 pojawia się równanie równowagi hydrostatycznej w postaci różniczkowo-całkowej (bez wyprowadzenia czy choćby objaśnienia), zaś na s. 360 – szereg pobieżnie tylko objaśnionych pojęć fizyki statystycznej (przestrzeń fazowa, funkcja rozkładu) oraz zupełnie nie objaśnione równanie utożsamiające ciśnienie ze średnim strumieniem pędu. Sprzeczność między deklarowanym i rzeczywistym stopniem trudności jest o tyle niebezpieczna, że w jej obliczu ambitny nawet uczeń może całkowicie stracić chęć do lektury i nie zapoznać się z treścią rozdziałów napisanych przystępnie i ciekawie (a jest ich w książce niemało; za przykład niech posłużą rozdziały 3.4.1 o wyznaczaniu wieku Układu Słonecznego metodą izotopową, 6.4.1 o dynamice komet oraz o strukturze i stabilności obłoków Oorta, 8.2 o kraterach uderzeniowych, 9.1 o efekcie cieplarnianym, czy wreszcie cały rozdział 11 traktujący o innych układach planetarnych).

Na trudności w zrozumieniu tekstu napotkają nie tylko uczniowie. Autor *Astrofizyki układów planetarnych* wymaga bowiem od swych czytelników obeznania nie tylko z matematyką i fizyką na poziomie II i III roku studiów, lecz także ze specyficznym językiem używanym przez zawodowych astrofizyków. Dla przykładu: „ewolucja chemiczna materii galaktycznej” (s. 156) to termin całkowicie mylący laika, zaś „indeks koloru” (s. 463) – to pojęcie, które laikowi nie mówi dokładnie nic (nawiasem mówiąc – angielski termin *colour index* został już dawno temu przyswojony w języku polskim pod znacznie zgrabniejszą postacią „wskaźnika barwy”). Podobnie hermetyczne jest zupełnie już żargonowe „pompowanie” (np. na s. 82 – prędkości małych ciał), które w praktyce znaczy tyle samo co „systematyczne zwięższanie”.

W książce dra Artymowicza znajdują się też usterki merytoryczne, na szczęście nieliczne i mające charakter drobnych nieścisłości. Na przykład, w czasie przesilenia wiosennego wektor wodzący Ziemi nie jest zwrócony w kierunku punktu Barana, lecz w kierunku punktu Wagi (s. 25). Na s. 132 (być może w następstwie niefortunnego sformułowania) turbulencja zostaje utożsamiona z wirowaniem. Pisząc na tejże stronie, że „energia pola magnetycznego nie daje się łatwo zamienić w ciepło”, Autor zapomina o zjawisku rekoneksji. Zdanie „lepkosć uwalnia uwięzioną w postaci rotacji różniczkowej dysku energię kinetyczną i pozwala jej uciec jako promieniowanie” (s. 152) każe czytelnikowi dopatrywać się pierwotnego źródła energii promienistej w ruchu orbitalnym dysku, podczas gdy w rzeczywistości źródłem tym jest energia potencjalna. Na s. 211–12 wśród czynników prowadzących do utraty masy z dysku nie wymieniono wiatru magnetycznego. Z podanych na s. 219 wartości masy i promienia Słońca wcale nie wynika, że „budowa

Słońca musi (podkr. M.R.) być bardzo niejednorodna”. Podobnie rozmiar strefy konwekcji nie znajduje potwierdzenia w pomiarach strumienia neutrin, z którymi nie ma nic wspólnego (s. 220). Pojęcia składowych poloidalnej i toroidalnej wektora indukcji pola magnetycznego (s. 242) oraz grubości optycznej (s. 418), a także metoda maksymalnej entropii (s. 474) objaśnione są w stopniu niezadowolającym lub wręcz niezrozumiale. Podobnych nieścisłości jest jeszcze znacznie więcej. Jedyne dostrzeżony przeze mnie poważniejszy błąd znajdziemy na s. 150, na której Autor objaśnia mechanizm niestabilności magnetorotacyjnej i stwierdza, że prowadzi ona do „przekazu momentu pędu między pierścieniami leżącymi nad sobą, a nie koło siebie” (tj. w kierunku prostopadłym do płaszczyzny dysku, a nie równoległym do niej). Wbrew temu stwierdzeniu, przekaz momentu pędu w kierunku równoległym do płaszczyzny dysku jest nie tylko możliwy, ale wręcz konieczny.

Najsłabszą stroną książki jest niestaranna korekta. Autor może nie zauważyć, że posługuje się nie zdefiniowanym wcześniej pojęciem lub symbolem; takie przeoczenie dyskwalifikuje jednak redaktora („ekliptyka”, s. 24;  $\lambda$ , s. 102; „orbity chaotyczne”, s. 105). Gęstość powierzchniowa jest na s. 205 oznaczana przez  $\Sigma$ , ale na s. 288 – przez  $\sigma$  (tak samo jak stała Stefana-Boltzmann). Na s. 24 w tekście użyty jest termin „perihelium”, a na rys. 1.3 – „perycentrum”. W tabeli 1.2 rubryka o nazwie „liczba pierścieni” nie zawiera ani jednej liczby (znajdziemy w niej jedynie ogólne określenia). Na s. 103 chodzi o dodatek B a nie C, zaś we wzorze na samym dole s. 363 występuje człon  $z^3$  zamiast  $z^2$ . Na s. 494 czytamy, iż „chmury w stratosferze rozmyte zostały znacznie rozmyte przez położone niżej prądy”, a w tabeli 11.4 – że kwaśny deszcz „truje selektywne gatunki”. Podobne przykłady można by jeszcze długo wyliczać. Ponadto redakcja oszczędziła sobie trudu poprawiania licznych niestety błędów stylistycznych. Dowiadujemy się dzięki temu, że „Pluton... składać się musi głównie z metanu z domieszką argonu lub innych lodów” (s. 11), „wszystkie planety są chłodnymi (w porównaniu ze Słońcem) ciałami stałymi, cieciami, bądź po części jednym i drugim” (s. 36), „fizyczną przyczyną wysokiej temperatury wnętrza Słońca jest równowaga dwóch rodzajów energii” (s. 218) i że można założyć, iż „po otwarciu przerwy planeta otacza się stacjonarnym rozkładem gęstości powierzchniowej” (s. 205).

Wszystkie te krytyczne uwagi nie zmieniają jednak mojej oceny ogólnej, zgodnie z którą książka dra Artymowicza jest pozycją bardzo wartościową. Badania układów planetarnych są bardzo szybko rozwijającą się gałęzią astrofizyki i należy liczyć się z tym, iż najdalej za pięć lat potrzebne będzie jej drugie, uaktualnione wydanie, do pracy nad którym wypada Autora gorąco zachęcić.

*Michał Różyczka*

Obserwatorium Astronomiczne UW  
Warszawa

## K R O N I K A

**Nominacje profesorskie**

Tytuł naukowy profesora nauk fizycznych, nadany przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej, otrzymał w dniu 22 listopada 1995 r. Stanisław Kaprzyk (AGH, Kraków).

*Sprawy Nauki*, nr 6 (1995)

**Nagroda Skłodowskiej-Curie 1995**

Nagroda naukowa im. Marii Skłodowskiej-Curie przyznawana jest corocznie przez Wydział Nauk Matematyczno-Fizycznych i Chemicznych PAN od 1967 r. na przemian fizykom i chemikom polskim za decydujący wkład wniesiony do tych dziedzin w ciągu sześciu lat poprzedzających otrzymanie nagrody. W 1995 r. laureatem został prof. dr hab. Jerzy Lukierski (ur. 1936), dyrektor Instytutu Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Wrocławskiego, za cykl prac opublikowanych w latach 1990–93 i poświęconych teorii deformacji kwantowych.

Jerzy Lukierski całą swoją drogę naukową związał z Uniwersytetem Wrocławskim. Studia fizyczne ukończył na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii, gdzie w 1961 r. obronił pracę doktorską „Teoria pól o spinie  $1/2$  w izotopowej przestrzeni Minkowskiego” przygotowaną pod kierunkiem prof. Jana Rzewuskiego. Habilitował się w 1967 r. na podstawie rozprawy „Relatywistyczne bieguny wielokrotne w kwantowej teorii pola”. W 1974 r. został profesorem nadzwyczajnym, a w 1983 r. – zwyczajnym. Przez wiele lat Lukierski

był kierownikiem studium doktoranckiego w Instytucie Fizyki Teoretycznej, w latach 1977–90 był zastępcą dyrektora, a od września 1990 r. jest dyrektorem IFT. Pod jego opieką 14 młodych fizyków uzyskało stopnie doktorskie. Kierowany przez niego Zakład Wysokich Energii i Teorii Cząstek Elementarnych jest najaktywniejszą grupą naukową w Instytucie. Jerzy Lukierski był dyrektorem trzech Zimowych Szkół Fizyki Teoretycznej w Karpaczu, z których ostatnia w 1994 r. miała tytuł „Grupy kwantowe – formalizm i zastosowania” i była dużym sukcesem naukowym, gdyż zgromadziła liczne grono wybitnych specjalistów światowych.

Deformacjami kwantowymi nazywa się uogólnienia związków komutacyjnych charakterystycznych dla różnych grup (lub odpowiadających im algebr Liego) wykorzystywanych w mechanice kwantowej czy kwantowej teorii pola (grupa Weyla-Heisenberga oparta na operatorach położenia i pędu, grupa obrotów, grupa Lorentza, grupa Poincarégo i inne). Występuje przy tym pewien parametr  $q$  przeważnie z przedziału  $[-1,1]$  albo z jednostkowego okręgu zespolonego, który jest miarą odstępstwa nowych związków komutacyjnych od tradycyjnych – dlatego mówi się o grupach  $q$ -zdeformowanych; występuje też termin grupy kwantowe jako inne odczytanie literki  $q$  od „quantum”. Po zastąpieniu klasycznych symetrii relatywistycznych odpowiednimi symetriami kwantowymi (czytaj: zdeformowanymi) otrzymuje się nowe podejście do zagadnienia struktury czasoprzestrzeni na małych od-



ległościach. W wersji deformacji kwantowych proponowanej przez Lukierskiego i jego współpracowników do dobrze znanych stałych przyrody: stałej Plancka  $\hbar$  i prędkości światła  $c$  zostaje dodana nowa stała  $\kappa$  o wymiarze masy (jej odwrotność w naturalnym układzie jednostek ma wymiar długości). Ta stała powinna rządzić zdarzeniami fizycznymi na małych odległościach, na których staje się znaczącą zmianą spowodowaną deformacjami. Teoria dotychczasowa odpowiada wartości  $\kappa = \infty$ . Wstępne porównania z danymi doświadczalnymi wskazują, że dopuszczalne wartości tej stałej spełniają nierówność  $\kappa > 10^{12}$  GeV (przypomnijmy, że masa planckowska jest rzędu  $10^{19}$  GeV). To oszacowanie oznacza, że zmiana symetrii relatywistycznych może być zauważalna jedynie na odległościach  $r < 10^{26}$  cm (długość planckowska wynosi  $10^{-33}$  cm).

Zainteresowania Lukierskiego teorią deformacji kwantowych zaczynają się od 1990 r., od kiedy pojawiają się publikacje, zawsze zespołowe, na ten temat. Oto najważniejsze wyniki zawarte w nagrodzonych pracach.

1) Zastosowanie zdeformowanych oscylatorów kwantowych do uzyskania deformacji nieskończeniowymiarowej algebry Virasora i opis układu zdeformowanych bozonowych i fermionowych operatorów kreacji i anihilacji współzmienniczych względem kwantowej supergrupy unitarnej (prace wspólne z P. Kuliszem i M. Chai-chianem).

2) Model zdeformowanej algebry Poincarégo ze strukturą nieprzemiennej algebry Hopfa. Ten model wydaje się najważniejszym odkryciem Lukierskiego. Pojawiły się już pierwsze próby znalezienia zastosowań: zmiana kinematyki relatywistycznej, zdeformowane równania Kleina-Gordona i Diraca, oszacowanie dla dużych lecz skończonych wartości  $\kappa$  poprawek do przesunięcia

Lamba i anomalnego momentu magnetycznego  $g-2$  (prace wspólne z H. Rueggiem, A. Nowickim, W. Rühlem i W. Tołstojem).

3) Deformacje kwantowe czterowymiarowej algebry konformnej (praca wspólna z A. Nowickim).

Szukanie modyfikacji lokalnej teorii relatywistycznej jest podstawowym zagadnieniem badawczym w teorii oddziaływań fundamentalnych. Supersymetrie wzbogaciły punkty czasoprzestrzeni przez dodanie do każdego z nich algebry Grassmanna; w teorii strun zamienia się obiekty punktowe na liniowe, natomiast w teorii Kaluzy-Kleina zastępuje się punkty przez małe rozmaitości zwarte (np. siedmiowymiarowe sfery w supergrawitacji jedenastowymiarowej). Wyniki Lukierskiego wpisują się w pierwszą linię tego awangardowego frontu badań. Zainteresowanie jego pracami jest na świecie bardzo żywe. Oto niektórzy, poza wspomnianymi współpracownikami Lukierskiego, autorzy, którzy rozwijali teorię zaproponowaną przez Lukierskiego: L.C. Biedenharn z Duke University (USA), E. Sorace i P. Tarlini z Uniwersytetu we Florencji (Włochy), H. Bacry z CNRS w Marsylii (Francja), J.A. de Azcarraga z Uniwersytetu w Walencji (Hiszpania), P. Minnaert z Uniwersytetu w Bordeaux (Francja), S. Majid z Uniwersytetu w Cambridge (Anglia).

Teoria grup kwantowych przyniosła polskiej nauce rozgłos światowy dzięki badaniom prof. Stanisława L. Woronowicza i jego grupy naukowej. Do bardzo znanych i cenionych w literaturze światowej należą także wyniki prof. Jerzego Lukierskiego i jego współpracowników. Ostatnio wiele osiągnięć grupy łódzkiej – dra hab. Jerzego Kosińskiego, dra hab. Pawła Maślanki i współpracowników – opiera się na rozwinięciu idei zawartych w pracach Lukierskiego. Także w Warszawie (prof. Sta-

niślaw Zakrzewski), Krakowie (dr Andrzej Sitarz) i Częstochowie (dr Małgorzata Klimek) badano model deformacji kwantowych Lukierskiego. Dodajmy, że wieloletni współpracownik Lukierskiego, dr hab. Anatol Nowicki pracuje w Zielonej Górze.

Prace Jerzego Lukierskiego są znane i szeroko cytowane w literaturze światowej. Dla sześciu nagrodzonych prac liczba cytowań według elektronicznego wykazu cytowań QSPIRES z Uniwersytetu Stanforda na dzień 31 grudnia 1995 r. wynosiła odpowiednio 81, 67, 62, 33, 29 i 18. W monografii V. Chariego i A. Pressleya *A Guide to Quantum Groups* (Cambridge University Press, 1994) cytowanych jest jego siedem prac. Lukierski przedstawiał wielokrotnie swoje wyniki na licznych szkołach i podczas posiedzeń plenarnych na sympozjach.

Jerzy Lukierski ma bez wątpienia wielki dar kontaktu i współpracy z innymi. Badania naukowe w jego dziedzinie wykonuje się przeważnie w małych grupach badawczych. Dlatego osobiste cechy charakteru stają się równie ważne jak umiejętności fachowe. Profesor Lukierski ma je w wysokim stopniu: entuzjazm i optymizm, cierpliwość i wyrozumiałość w wysłuchiwanie innych, chęć dzielenia się pomysłami i życzliwa krytyka. Takim go widzą koledzy i współpracownicy.

Bernard Jancewicz

## Nagroda Hewletta-Packarda 1996

Nagrodę Hewletta-Packarda za wybitne osiągnięcia w fizyce fazy skondensowanej Europejskie Towarzystwo Fizyczne przyznało za rok 1996 R.H. Friendowi (Cambridge, Anglia).

Friend został uhonorowany za „pionierskie prace nad organicznymi polimerowymi materiałami półprzewodzącymi

i opracowanie świecącej diody (LED) z materiałów organicznych”.

Richard Friend studiował fizykę w Cambridge, jest profesorem (Cavendish Professor) tego Uniwersytetu i od 1993 r. jest członkiem Towarzystwa Królewskiego w Londynie.

*Europhys. News* 26, nr 6 (1995)

## Doktorat honorowy dla Andrzeja Olesia

Na wniosek Rady Wydziału Fizyki i Techniki Jądrowej AGH, Senat tej Uczelni przyznał doktorat *honoris causa* profesorowi Andrzejowi Olesiu za wybitne osiągnięcia w dziedzinie fizyki, stworzenie szkoły fizyki ciała stałego i wyjątkowe zaangażowanie w sprawy dydaktyczno-wychowawcze.

Uroczystość nadania doktoratu odbyła się 25 października 1995 r. Początek przemówienia powitalnego J.M. Rektora, prof. Mirosława Handkego: „*Docendo discimus...*” (ucząc uczymy się) stanowił głębokie podsumowanie twórczej drogi Andrzeja Olesia, który wyznawał zawsze zasadę podporządkowania własnych osiągnięć i sławy powołaniu do uczenia i wychowywania. Zostało również podkreślone, że ucząc fizyki starał się pokazać jej piękno oraz rolę w naukach technicznych. Jest to niezmiernie ważne w przypadku uczelni technicznej. Przedstawiając osobowość prof. Olesia, a także olbrzymie zasługi w pracach organizacyjnych i promowaniu AGH, J.M. Rektor powiedział, że nadszedł dzień, w którym Uczelnia może zaofiarować Profesorowi to, co ma najszczytniejszego – tytuł honorowego doktora.

Promotorem był prof. Andrzej Maksymowicz (Wydział Fizyki i Techniki Jądrowej AGH), zaś recenzentami – prof. Andrzej Hryniewicz (UJ) i prof. Leszek Wojtczak (UŁ).





Prof. Andrzej Oleś (z lewej) i J.M. Rektor AGH prof. Mirosław Handke.

Andrzej Oleś urodził się w Krakowie 15 października 1923 r. Oprócz okresu wojennego, kiedy był pracownikiem fizycznym w fabryce marmurów w Kielcach, całe jego życie związane było z Krakowem, a praca z Akademią Górniczo-Hutniczą. Na Uniwersytecie Jagiellońskim studiował filozofię i fizykę. W 1948 r. rozpoczął pracę w II Katedrze Fizyki AGH jako asystent prof. Mięśowicza. W jego pracy naukowej można wyróżnić dwa okresy. W pierwszym, do 1963 r., uczestniczył w badaniach własności promieniowania kosmicznego. Z tego zakresu przedstawił rozprawę doktorską na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Łódzkiego. Od 1963 r. zmienia zainteresowania, poświęca

się problemom fizyki ciała stałego. Prowadzi głównie badania dotyczące struktur atomowych i magnetycznych oraz tekstur, a więc zbliżone do kierunków uprawianych w AGH.

W 1967 r. przedstawił w Uniwersytecie Jagiellońskim na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii rozprawę habilitacyjną „Oddziaływania pomiędzy magnetycznymi momentami atomowymi”. Po uzyskaniu stopnia doktora habilitowanego został kierownikiem Zakładu Fizyki Fazy Skondensowanej, który tworzył od podstaw. W 1974 r. uzyskał tytuł profesora nadzwyczajnego, a w 1984 r. – profesora zwyczajnego.

Wynikiem jego pracy twórczej jest kilkadziesiąt oryginalnych prac z zakresu badań podstawowych, wiele artykułów konferencyjnych i opracowań przeglądowych oraz powstałe pod jego kierunkiem opracowanie monograficzne *Magnetic structures determined by neutron diffraction*.

Równocześnie prof. Oleś prowadzi szeroką współpracę naukową z ośrodkami krajowymi i zagranicznymi oraz wykazuje wyjątkowe zaangażowanie w kształcenie młodej kadry fizyków. Odbывał też kilka długoterminowych staży naukowych i przez rok pracował w Uniwersytecie w São Paulo w Brazylii jako ekspert ONZ. Uczestniczył w tworzeniu Studium Doktoranckiego z zakresu fizyki i kierował nim przez okres 20 lat. W toku swej wieloletniej działalności wypromował 19 doktorów, wielu z nich uzyskało stopień doktora habilitowanego i tytuł profesora. Był recenzentem wielu prac doktorskich, rozpraw habilitacyjnych i wniosków o tytuł profesora.

Jest wzorem nauczyciela i wychowawcy. Jego starannie przygotowane wykłady, połączone z darem mówienia prosto o rzeczach trudnych, pozwalały studentom zrozumieć fizykę. Starał się zawsze nawiązać bezpośredni kontakt ze słucha-

czami, prowokując ich do dyskusji. Jest też znanym popularyzatorem wiedzy. Był współtwórcą i przez kilka lat kierownikiem Technicznego Uniwersytetu Otwartego przy AGH, autorem wielu książek i opracowań z zakresu metod pomiarowych w fizyce ciała stałego. Brał udział w pracach o charakterze organizacyjnym i społecznym, był współtwórcą Wydziału Fizyki i Techniki Jądrowej AGH.

W trudnym okresie stanu wojennego prof. Oleś sprawował godność prorektora AGH ds. nauki. Niósł wtedy pomoc represjonowanym pracownikom nauki.

Z wielkim zaangażowaniem wypełniał przez cztery kadencje obowiązki wiceprezesa PTF, a działając w Europejskim Towarzystwie Fizycznym był m.in. organizatorem międzynarodowej konferencji „Physics for Industry – Industry for Physics” (1991 r.).

Za swoją pracę był wielokrotnie nagradzany i wyróżniany (nagrody Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Rady ds. Pokojowego Wykorzystania Energii Jądrowej, Nagroda Senatu AGH im. prof. Taklińskiego, nagrody Rektora AGH). Był odznaczony Złotym Krzyżem Zasługi, Krzyżami Kawalerskim i Oficerskim Orderu Odrodzenia Polski, Krzyżem Zasłużonego Nauczyciela.

Profesor Oleś nadal pracuje, jest członkiem Rady Wydziału Fizyki i Techniki Jądrowej, członkiem Konwentu Seniorów AGH, członkiem Rady Głównej Szkolnictwa Wyższego i Centralnej Komisji ds. Tytułów i Stopni Naukowych.

Stworzył własną szkołę magnetyków. Jego uczniowie tworzą zespół, którego prace są szeroko znane i cytowane w literaturze. Są oni teraz sami opiekunami i wychowawcami kolejnego pokolenia ludzi nauki.

Stanisław Nizioł

## Doktorat honorowy dla Henryka Szymczaka

W dniu 30 listopada 1995 r., dokładnie w czterdziestą piątą rocznicę powstania Politechniki Częstochowskiej, uczelnia ta nadała profesorowi Henrykowi Szymczakowi (IF PAN) tytuł doktora *honoris causa*.



Prof. Henryk Szymczak.

Henryk Szymczak zajmuje się przede wszystkim fizyką zjawisk szeroko pojętego magnetyzmu oraz nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego. Doniosłą rolę w jego twórczości naukowej, zarówno w zakresie podstawowym jak też zastosowań, zajmują prace dotyczące dynamiki i przejść fazowych w magnetykach oraz magnetostrykcji powierzchniowej, a także nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego.

Osiągnięcia naukowe prof. Szymczaka doceniły odpowiednie instytucje krajowe powierzając mu ich kierownictwo. I tak, prof. Szymczak jest dyrektorem Instytutu Fizyki PAN, prezesem Polskiego Towarzystwa Fizycznego, wiceprzewodniczącym Komitetu Fizyki PAN oraz wiceprzewodniczącym Krajowego Funduszu na Rzecz Dzieci, w którym kieruje zadaniami związanymi z opieką nad dziećmi szczególnie uzdolnionymi.

Związki prof. Szymczaka z Katedrą Fizyki Politechniki Częstochowskiej datują się od roku 1975, tj. od czasu ukierunkowania badań Katedry na fizykę magnetyków. Wówczas to nawiązana została ścisła współpraca między naszą Katedrą a Instytutem Fizyki PAN w Warszawie, którego głównym inicjatorem ze strony Instytutu był i jest prof. Szymczak.

W czasie uroczystości nadania doktoratu honorowego prof. Henryk Szymczak wygłosił referat „Nowe możliwości wykorzystania nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego”.

Promotorem doktoratu honorowego prof. Szymczaka był prof. Bolesław Wysocki, kierownik Katedry Fizyki Politechniki Częstochowskiej.

*Wanda Ciurzyńska*

## Fizyk na czele dyrekcji nauki UE

Dyrektorem Generalnym zarządu nauką, badaniami i rozwojem Unii Europejskiej został fiński fizyk, Jorma Routti. Studiował on fizykę na Politechnice w Helsinkach, pracował na Uniwersytecie Kalifornijskim i w CERN-ie, jest profesorem swojej macierzystej uczelni. Opublikował ok. 200 prac z dziedziny rozszczepienia jądrowego, syntezy jądrowej, układów energetycznych i ekonomii. Ma wielkie doświadczenie w zarządzaniu badaniami.

*Phys. World 9, nr 2 (1996)*

*B. W.*

## Fizyk szefem NATO

Nowym sekretarzem generalnym NATO został Javier Solana, profesor fizyki ciała stałego na Universidad Complutense de Madrid (założonego w 1508 r.).

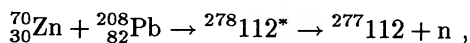
Solana, który ma 53 lata, był od 1982 r. ministrem spraw zagranicznych Hiszpanii i od 1977 r. członkiem hiszpańskiego parlamentu.

*Phys. World 9, nr 1 (1996)*

## Odkrycie pierwiastka 112

Na początku lutego 1996 r. został wytworzony i zidentyfikowany nowy pierwiastek, o liczbie atomowej 112. Dokonano tego w Instytucie Ciężkich Jonów (GSI) w Darmstadcie w Niemczech, tj. w tym samym Instytucie, w którym zostały zsyntetyzowane pierwiastki 110 i 111 w końcu 1994 r. (patrz Kronika *PF* z. 1/1995), a wcześniej (w pierwszej połowie lat 80-tych) – także pierwiastki 107, 108 i 109. Synteza pierwiastka 112 jest więc kontynuacją dość długiej już tradycji Instytutu GSI.

Synteza nastąpiła na drodze reakcji jądrowej



tzn. przez bombardowanie jąder ołowiu  ${}^{208}\text{Pb}$  jądrami cynku  ${}^{70}\text{Zn}$ , które przyspieszane były do energii 344 MeV w tamtejszym akceleratorze ciężkich jonów UNILAC. Powstałe przy zderzeniu stosunkowo słabo wzbudzone (ok. 10 MeV energii wzbudzenia) jądro  ${}^{278}112^*$  emituje prawie natychmiast jeden neutron, przechodząc w jądro  ${}^{277}112$ .

W ciągu trzech tygodni naświetlania zaobserwowano dwa przypadki jądra  ${}^{277}112$ . Wynika z tego bardzo mały przekrój czynny dla tej syntezy: 1 pb. W obu

przypadkach jądro to rozpadło się przez emisję cząstki  $\alpha$ . Czas życia: 0.24 ms. Zaobserwowano dwie energie kinetyczne cząstek  $\alpha$ : 11.65 MeV i 11.45 MeV.

Otrzymane wyniki mają duże znaczenie dla poznania struktury i własności bardzo ciężkich jąder. W szczególności stanowią dalsze potwierdzenie istotnej roli efektów powłokowych w tych jądrach. Według teorii bowiem, która jak dotąd się sprawdza, tylko dzięki strukturze powłokowej mogą te bardzo ciężkie jądra istnieć i być obserwowane.

Czytelników zainteresowanych bardziej szczegółowym opisem współczesnego eksperymentu nad syntezą najcięższych pierwiastków oraz teoretycznej interpretacji jego wyników odsyłamy do artykułu P. Armbrustera i współaut., *PF* 46, 431 (1995).

W chwili oddania tej notatki do druku (26 lutego 1996), opisany tu, a zaplanowany na 6 tygodni, eksperyment jeszcze trwa i może przynieść dodatkowe wyniki. Niewykluczone jest, że jeszcze w jego ramach podjęta będzie próba syntezy pierwiastka 113.

*Adam Sobiczewski*

## Fizyka w Szwajcarii

Szwajcarska Rada Nauki, która jest organem doradczym rządu federalnego, zakończyła trwające od dwóch lat prace nad oceną stanu fizyki w Szwajcarii. Raport oparty jest na opinii pięciu ekspertów zagranicznych, przeglądzie wyższych uczelni i wnioskach z konferencji dyskusyjnej fizyków.

Według opinii ekspertów jakość fizyki szwajcarskiej jest bardzo wysoka, szczególnie w dziedzinie fizyki cząstek elementarnych. W Szwajcarii poza CERN-em jest też Instytut Paula Scherrera (PSI), gdzie

prowadzi się przede wszystkim badania w zakresie fizyki jądrowej średnich energii. Szwajcaria ma również osiągnięcia w fizyce fazy skondensowanej – laboratorium IBM k. Zurychu jest wiodące w rozwoju skaningowej mikroskopii tunelowej i nadprzewodników wysokotemperaturowych.

Dziewięć spośród dziesięciu szwajcarskich wyższych uczelni ma wydziały fizyki. W 1993 r. na uczelniach i w PSI pracowało 1371 fizyków, z nich 40% w dziedzinie fizyki fazy skondensowanej i ok. 20% w fizyce cząstek. Liczba fizyków pracujących w wyższych uczelniach przypadająca na głowę ludności jest dwa razy większa niż w Danii i trzy razy większa niż w Wielkiej Brytanii.

Roczny budżet fizyki i astronomii wynosi ok. 260 mln CHF. Raport podkreśla, że przy ustalaniu budżetu należy uwzględnić wydatki na CERN i inne organizacje międzynarodowe.

Fizycy szwajcarscy dali jednak wyraz swojej niepewności co do dalszej kariery naukowej i zachowania miejsc pracy. Poszczególne uczelnie przeprowadzają reorganizację i częściowo likwidują niektóre kierunki badań. Raport zwraca uwagę na konieczność wspólnego ustalania przez wydziały fizyki, gdzie i jakie kierunki rozwijać, a jakie likwidować.

Raport stwierdza, że poziom finansowania fizyki powinien pozostać niezmieniony i że nie należy „tłumić” żadnej gałęzi fizyki, z tym jednak, że trzeba indywidualnie rozpatrywać potrzebę i stan rozwoju badań w poszczególnych laboratoriach, szczególnie gdy starzejący się pracownicy przechodzą na emeryturę. Zwraca się również uwagę na konieczność kontrolowania liczby nowo przyjmowanych studentów, tak, aby zapewnić w przyszłości odpowiednią wielkość personelu. Konieczna też jest silniejsza współpraca między uczelniami i przemysłem.

Giorgio Margaritondo, dyrektor Instytutu Fizyki Stosowanej na Politechnice Federalnej w Lozannie, stwierdził, że rekomendacje raportu zadowolają go i że „w Szwajcarii istnieje nadzwyczaj wysoka kultura badań naukowych i trzeba jej bronić za każdą cenę”.

*Phys. World* 9, nr 1 (1996)

B. W.

### **Amerykańscy fizycy chcą ulepszyć nauczanie fizyki**

Amerykańskie Towarzystwo Fizyczne (APS) i Amerykańskie Stowarzyszenie Nauczycieli Fizyki (AAPT) wspólnie podjęły kampanię dla przeprowadzenia reformy nauczania fizyki. Aby to urzeczywistnić muszą zdobyć fundusze w wysokości ok. 5 mln USD (*nota bene* duża część tej sumy wpłynęła jeszcze przed oficjalnym ogłoszeniem kampanii od prywatnych fundacji, spółek handlowych i przemysłowych oraz od osób prywatnych).

Celem kampanii jest podniesienie poziomu nauczania, uczenia się i zrozumienia zastosowań fizyki, na poziomie od przedszkoli aż do studiów doktoranckich.

„Szybki rozwój technologii zmieniający warunki ekonomiczne i powodujący wzrastającą światową współzależność wymaga armii pracowników dobrze wykształconych i umiejących dostosowywać się do zmian”, powiedział William Hewlett, współzałożyciel firmy Hewlett-Packard, który jest honorowym przewodniczącym tej kampanii. Przewiduje on, że w ciągu najbliższej dekady około trzech czwartych nowych miejsc pracy w USA będzie związane z technologią i będzie wymagało umiejętności twórczego i analitycznego myślenia. „Jeśli nie ulepszymy nauczania przedmiotów przyrodniczych, staniemy przed niebezpieczeństwem wychowania nowego pokolenia niezdolnego do efektywnego funkcjonowania w świecie, w któ-

rym myślenie naukowe jest konieczne dla osiągnięcia wyników we współzawodnictwie ekonomicznym i dla zapewnienia bezpieczeństwa narodowego.”

Przeprowadzone ostatnio badania wśród nauczycieli amerykańskich szkół podstawowych i średnich ujawniły, że 85% z nich nie czuje się odpowiednio przygotowanymi do nauczania fizyki.

Fizycy, czy to zatrudnieni w wyższych uczelniach czy w przemyśle, mogą odegrać niezmiernie ważną rolę w doprowadzeniu do tego, by dzieci były lepiej uczone przedmiotów przyrodniczych. „Dzięki naszym specjalnym uzdolnieniom i doświadczeniu możemy doskonale uzupełniać wiedzę nauczycieli”, powiedział były prezes APS, Burton Richter (Nobel 1976). Kierujący kampanią Nicolaas Bloembergen (Nobel 1981) uważa, że powinna ona pomóc nauczycielom, zainteresować uczniów i studentów, wciągnąć do pomocy naukowców i stworzyć realną współpracę między biznesem, uczelniami i organami rządowymi. Współpraca ta może zapewnić, że młodzież kończąca studia będzie lepiej przygotowana do rozwiązywania problemów stojących przed dzisiejszym przemysłem, a zatem łatwiej znajdzie zatrudnienie.

Planuje się przeszkalanie ochotników spośród pracowników naukowych, by mogli współpracować z systemem szkolnictwa przez układanie programów szkolnych, pomaganie nauczycielom (m.in. w ich dokształcaniu i organizowaniu pracowni szkolnych) i by stali się efektywnymi rzecznikami reformy szkolnictwa. Ma być również stworzone Centrum Zasobów Nauk Fizycznych (Physical Science Resource Center) gromadzące dane o najlepszych technikach nauczania. Informacje będą katalogowane i rozprzestrzeniane (w postaci wydruków a także przez pocztę elektroniczną), co pozwoli stworzyć dobre kontakty mię-

dzy nauczycielami różnych szkół, pracownikami nauki i osobami zajmującymi się układaniem programów nauczania.

*APS News* 4, nr 11 (1995)

B. W.

### Praktyki dla dziennikarzy naukowych

Instytut Fizyki Plazmy Maxa Plancka w Garching k. Monachium umożliwia dziennikarzom piszącym o sprawach nauki odbycie tygodniowej praktyki w Instytucie. Chodzi o danie im sposobności zapoznania się z przebiegiem prac i aparaturą, pokazania problemów nowoczesnych badań naukowych, a nawet, dla chętnych, wzięcia udziału w przeprowadzaniu jakiegoś doświadczenia.

Wydaje się, że jest to inicjatywa godna naśladowania.

*Phys. Bl.* 52, nr 1 (1996)

B. W.

### Czasopisma bez papieru

Firma wydawnicza VCH (Weinheim, Nowy Jork, Bazylea, Cambridge, Tokio) podjęła opracowanie projektu modelu elektronicznego wydawania czasopism i innych wydawnictw ciągłych. Chodzi o opracowanie całościowej struktury edytorskiej, bez przesyłania manuskryptów utrwalonych na papierze, od tekstu autorskiego aż do tekstu, który ma docierać do czytelnika. Projekt ma być zakończony w 1997 r. Niemiecki rząd federalny pokryje 35% kosztów tego przedsięwzięcia.

Obecnie już wiele redakcji czasopism korzysta z elektronicznego przekazywania tekstów, nie obejmuje to jednak pełnego cyklu wydawniczego. Zamierzeniem firmy VCH jest opracowanie całościowego systemu, bez wychodzenia poza łączność elektroniczną. Wśród czasopism objętych próbą stworzenia takiego modelu jest m.in. *Physica status solidi*.

*Phys. Bl.* 52, nr 1 (1996)

B. W.

### E.T.S. Walton (1903 – 1995)

Dnia 25 czerwca 1995 r. zmarł w Irlandii Ernest Thomas Sinton Walton, jeden z grona fizyków, którzy uczynili rok 1932 rokiem cudownym.

Walton urodził się 6 października 1903 r. w Dungarvan w Irlandii. Studiował fizykę w Trinity College w Dublinie. Potem pracował w Cavendish Laboratory w Cambridge, gdzie w 1931 r. doktoryzował się u Rutherforda. Próbował przyspieszać elektrony w kołowym polu elektrycznym (myśl ta została później rozwinięta przez Kersta w USA, który zbudował pierwszy betatron). Rutherford, który już badał reakcje jądrowe stosując cząstki alfa ze źródeł promieniotwórczych, zażądał od Waltona i Johna Cockrofta by podjęli próbę zbudowania źródła szybkich cząstek o energii znacznie większej. Walton i Cockroft w niezmiernie prymitywnych warunkach zbudowali akcelerator protonów. Napięcie przyspieszające kilkuset kilowoltów uzyskali stosując multiplikator napięcia. W kwietniu 1932 r. za pomocą swego akceleratora wywołali reakcję:  ${}^7_3\text{Li} + p \rightarrow \alpha + \alpha$ . Tę datę możemy uważać za narodziny akceleratorowej fizyki jądrowej. Pierwsze obserwacje prowadzili za pomocą ekranu scyntylacyjnego. Potem skonstruowali komorę jonizacyjną połączoną ze wzmacniaczem i oscyloskopem, co pozwoliło na pomiar energii cząstek alfa. Wyniki ogłosili 30 kwietnia 1932 r. w *Nature* w pracy „Rozpad litu pod wpływem szybkich protonów”. Doświadczenie to było również dowodem, że zachodzi zjawisko tunelowania, przewidziane przez Gamow, zastosowane bowiem napięcie 125 kV nie mogło być wystarczające do pokonania bariery kulombowskiej jądra. Później bombardowali inne tarcze oraz przyspieszali

deuterony. Za te prace Walton i Cockcroft otrzymali dopiero w 1951 r. Nagrodę Nobla z fizyki.

W 1934 r. Walton powrócił do Trinity College w Dublinie, gdzie został profesorem. Jego wykłady zyskały sławę prostoty i jasności. Miał ogromny wpływ na studentów.

Walton był głęboko przekonany pacyfistą i zawsze podkreślał, że nie czuje się odpowiedzialny za rozwój broni jądrowej. Był przez wiele lat prezesem irlandzkiego oddziału Konferencji Pugwash.

*Phys. World* 8, nr 11 (1995)

B. W.

### Sir Rudolf Peierls (1907 – 1995)

Dnia 19 września 1995 r. zmarł Sir Rudolf Peierls, jeden z pierwszego pokolenia fizyków, którzy rozpoczynali pracę po sformułowaniu mechaniki kwantowej.

Peierls urodził się w rodzinie żydowskiej w Berlinie 5 czerwca 1907 r. Studiował fizykę w Berlinie, Monachium, Lipsku i Zurychu. Jego nauczycielami byli Planck, Sommerfeld, Heisenberg i Pauli. W 1929 r. doktoryzował się u Heisenberga, po czym był przez dwa lata asystentem Pauliego. W 1933 r. był na stażu u Fermiego w Rzymie, potem pojechał do Cambridge i od 1937 r. był przez 24 lata profesorem w Birmingham, z paroletnią przerwą w czasie wojny na pracę w Los Alamos. Już w 1938 r. wspólnie z Ottonem Frischem (również uciekinierem z Niemiec) przepro-

wadził obliczenia masy krytycznej czystego izotopu  $^{235}\text{U}$ . Ku ich zdziwieniu okazało się, że wartość ta wyniosła tylko ok. 1/2 kg. Obawiając się, że Niemcy mogą pierwsi wykorzystać tę możliwość do skonstruowania bomby jądrowej, Peierls i Frisch wystosowali do rządu Wielkiej Brytanii memoriał zwracając uwagę na takie właśnie możliwości.

Peierls był bardzo wielostronny w swoich badaniach. Dał podstawowy wkład do teorii ciała stałego, m.in. przez wyjaśnienie efektu de Haasa-van Alphen, opracowanie teorii absorpcji światła w ciałach stałych, wyjaśnienie ruchu dyslokacji, przejść fazowych w dwuwymiarowym modelu Isinga, pokazaniu, że nie obsadzone miejsce w prawie wypełnionej przerwie energetycznej zachowuje się jak cząstka dodatnia. Bez pojęcia „dodatniej dziury” Peierlsa nie można sobie wyobrazić jakiegokolwiek postępu elektroniki. Może najbardziej znany jest ze swoich prac nt. elektronów w metalach. Osiągnął głębokie zrozumienie przejść metal-izolator w układach jednowymiarowych. W dziedzinie fizyki jądrowej i cząstek elementarnych bardzo istotne są jego prace nt. wychwytu elektronowego, fodezintegracji jąder, ruchów kolektywnych jądra, metody kwantyzacji pola, metody funkcjonału w kwantowej teorii pola.

Potrafił zawsze sprowadzić dany problem do zasadniczych punktów i wyrazić swoje idee w sposób jasny i precyzyjny.

*Phys. Bl.* 52, nr 1 (1996)

B. W.

## KALENDARZ IMPREZ

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

### 1996

10 – 14 kwietnia 1996, Szklarska Poręba

#### **26. Dni Aktywności**

Inst. Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN, Uniwersytet Wrocławski, Międzynarodowe Lab. Silnych Pól Magnetycznych i Niskich Temperatur; prof. Robert Troć, INTiBS PAN, Okólna 2, 50-950 Wrocław, fax: 712777, adr.el.: troc@highscreen.int.pan.wroc.pl.  
ang.

15 – 19 kwietnia 1996, Kraków

#### **Szkoła analizy termicznej**

Polskie Tow. Kalorymetrii i Analizy Termicznej oraz AGH; dr inż. Barbara Prochowska-Klich, Zakład Chemii Nieorganicznej, Wydz. Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel.: 338898 lub 172470, fax: 338898, adr.el.: bprochow@uci.agh.edu.pl.

22 – 24 kwietnia 1996, Poznań

#### **I Szkoła impulsowego EPR**

Inst. Fizyki Molekularnej PAN; prof. S.K. Hoffmann, IFM PAN, Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań, tel.: (61) 612407, adr.el.: skh@ifmpan.poznan.pl.  
Z: 30.3.96, U: 30, P, O: 70 zł.

30 kwietnia – 4 maja 1996, Szczyrk

#### **Neural Networks and their Applications**

Inst. Elektroniki i Systemów Sterowania Pol. Częstochowskiej we współpracy z Neural Networks Council of IEEE; dr Jarosław Bilski, IESS PCz, al. Armii Krajowej 17, 42-200 Częstochowa, tel.: (34) 250881, fax: (34) 612385, adr.el.: ksn@zieja.el.pcz.czest.pl lub ksn@mim.pcz.czest.pl.  
ang.

6 – 10 maja 1996, Ustroń

#### **11th Optoelectronic School: Photonics in Processing of Information**

Inst. Podstaw Elektroniki Pol. Warsz., Inst. Fizyki Technicznej WAT; B. Krawczyk, IPE PW, Nowowiejska 15/19, 00-665 Warszawa, tel.: 6607875 lub 257544, fax: 252300, adr.el.: bkraw@ipe.pw.edu.pl.  
Z: 31.3.96, ang. i pol.

10 – 14 maja 1996, Kraków

#### **Workshop on production, properties and interaction of mesons – MESON '96**

Inst. Fizyki UJ, GSI-Darmstadt, IfK – Forschungszentrum KFA-Jülich; prof. A. Bałanda, IF UJ, Reymonta 4, 30-059 Kraków, fax: (12) 337086, adr.el.: meson96@if.uj.edu.pl.  
A: 10.5.96, P, O: 100 USD, ang.



14 – 16 maja 1996, Szczyrk

**Optoelectronic and Electronic Sensors, COE '96**

WAT i Polska Sekcja SPIE; prof. Z. Jankiewicz, Inst. Optoelektroniki WAT, Kaliskiego 2, 01-498 Warszawa, tel.: 6859789, fax: 6668950.

Z: 31.3.96, ang. i pol.

20 – 24 maja 1996, Kazimierz

**Polarimetry and Ellipsometry**

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

A: 15.3.96, P, ang.

25 – 26 maja 1996, Ustroń-Jaszowiec

**Przedszkole Fizyki Półprzewodników**

Inst. Fizyki PAN, Wydział Fizyki UW i Centrum Badań Wysokociśnieniowych PAN; dr Perła Kacman, IF PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: 436861, fax: 430926, adr.el.: kacman@ifpan.edu.pl.

27 – 31 maja 1996, Ustroń-Jaszowiec

**XXV Internat. School on Physics of Semiconducting Compounds „Jaszowiec '96”**

Inst. Fizyki PAN, Wydział Fizyki UW i Centrum Badań Wysokociśnieniowych PAN; dr Tomasz Story, IF PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: 435626, fax: 430926, adr.el.: story@ifpan.edu.pl.

A: 15.3.96, U: 250, ang.

27 – 29 maja 1996, Lublin

**Ogólnopolskie Seminarium Spektroskopii Mössbauerowskiej '96**

Inst. Fizyki UMCS i Katedra Fizyki Politechniki Lubelskiej; prof. M. Budzyński, IF UMCS, pl. Curie-Skłodowskiej 1, 20-031 Lublin, tel.: (81) 376193, fax: (81) 376191, adr.el.: budzyn@tytan.umcs.lublin.pl.

Z: 31.1.96, A: 31.3.96, P, U: 80.

31 maja – 8 czerwca 1996, Jaszowiec

**3rd Internat. School and Symposium on Synchrotron Radiation in Natural Science (ISSRNS-3)**

Polskie Tow. Promieniowania Synchrotronowego; dr Marta Zimnal-Starnawska, Inst. Fizyki UJ, Reymonta 4, 30-059 Kraków, tel.: 336377 w. 540, fax: 337086, adr.el.: synchron@castor.if.uj.edu.pl.

Z: 1.3.96, A: 15.3.96, P, ang.

10 – 14 czerwca 1996, Polanica Zdrój

**18th Internat. Seminar on Surface Physics**

Inst. Fizyki Doświadczalnej UW; dr hab. Adam Kiejna, IFD UW; pl. M. Borny 9, 50-204 Wrocław, tel.: 201267, 201266, fax: 223365, adr.el.: sem96@max.ifd.uni.wroc.pl.

A: 1.3.96, U: 120, P, O: równowartość 260 USD (wraz z zakwaterowaniem i wyżywieniem), ang.

27 – 28 czerwca 1996, Warszawa

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

Inst. Fizyki Politechniki Warszawskiej i Polskie Towarzystwo Fizyczne; dr Mirosław Karpierz, IF PW, Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel.: 6288345, fax: 6282171, adr.el.: dni\_wymiany@if.pw.edu.pl.

1 – 5 lipca 1996, Kraków

**Workshop on Aperiodic Structures**

Wydz. Fizyki i Techniki Jądrowej AGH; Janusz Wolny, Wydz. FTJ AGH, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel.: (12) 172994, fax: (12) 340010, adr.el.: aperiodic@novell.ftj.agh.edu.pl.  
Z: 15.4.96, A: 3.6.96, O: 400 USD, studenci 250 USD (łącznie z zakwaterowaniem i wyżywieniem), ang.

1 – 7 lipca 1996, Białowieża

**Workshop: Quantization, Deformations and Coherent States**

Katedra Metod Matematycznych Fizyki, Wydz. Fizyki UW i Filia UW w Białymstoku; dr hab. A. Strasburger, KMMF, Hoża 74, 00-682 Warszawa, tel.: (22) 6217757, fax: (22) 6219775, adr.el.: wgmp@fuw.edu.pl.  
ang.

6 – 9 lipca 1996, Kraków

**Workshop on Applications of Symmetry Analysis to Diffraction Investigations**

Wydz. Fizyki i Techniki Jądrowej AGH; Wiesława Sikora, Wydz. FTJ AGH, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel.: (12) 172994, fax: (12) 340010, adr.el.: aperiodic@novell.ftj.agh.edu.pl.  
Z: 15.4.96, A: 3.6.96, O: 320 USD, studenci 200 USD (łącznie z zakwaterowaniem i wyżywieniem), ang.

10 – 20 lipca 1996, Białowieża

**X Szkoła Fizyki Fazy Skondensowanej: Electrons in Solids – Experiment and Theory**

Inst. Fizyki Filii UW w Białymstoku; mgr Katarzyna Rećko, IF Filii UW, Lipowa 41, 15-424 Białystok, tel.: (85) 423403, fax: (85) 420272, adr.el.: karo@cksr.ac.bialystok.pl.  
U: 80, O: ok. 600 zł (wraz z wyżywieniem i zakwaterowaniem).

15 – 19 lipca 1996, Łódź

**XV Krakowska Letnia Szkoła Kosmologiczna: Skład masowy promieniowania kosmicznego**

Uniwersytet Łódzki, KBN, Fundacja Omega; dr Wiesław Tkaczyk, Katedra Fizyki Doświadczalnej UŁ, Pomorska 149/153, 90-236 Łódź, tel.: (42) 785622, fax: (42) 787087, adr.el.: wtkaczyk@krysia.uni.lodz.pl lub wtkaczyk@plunlo51.bitnet.  
Z: 1.5.96, P, O: 60 USD (członkowie PTF, PTA i PT Miłośników Astronomii są zwolnieni z opłaty), ang.

25 – 31 lipca 1996, Warszawa

**XXVIII International Conference on High Energy Physics**

Uniwersytet Warszawski i Instytut Problemów Jądrowych, patronat IUPAP, prof. A.K. Wróblewski, Inst. Fizyki Doświadczalnej UW, Hoża 69, 00-681 Warszawa, adr.el.: ichep@fuw.edu.pl, WWW: <http://info.fuw.edu.pl/HEP/ICHEP96/Welcome.html>.  
U: 1500, ang.

3 – 6 sierpnia 1996, Jaszowiec

**Internat. Conf. on Electron Localization and Quantum Transport in Solids**

Polskie Towarzystwo Fizyczne i Inst. Fizyki PAN; prof. T. Dietl, IF PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: 435324, fax: 430926, adr.el.: loc@ifpan.edu.pl, WWW: [http://info.ifpan.edu.pl/conferences/Localization\\_96.html](http://info.ifpan.edu.pl/conferences/Localization_96.html).  
A: 15.4.96, U: 200, ang.

29 sierpnia – 4 września 1996, Zajączkowo

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

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

Z: 1.6.96, A: 1.4.96, P, O: 370 zł (z zakwaterowaniem), studenci – 150 zł, ang.

9 – 13 września 1996, Warszawa

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

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

ang.

16 – 20 września 1996, Jaszowiec

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

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

O: 230 USD, ang.

17 – 20 września, Karkonosze

**Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics**

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

ang., czeski, słow., pol.

17 – 20 września 1996, Warszawa

**Contact and Confocal Microscopic Techniques**

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

P.

23 – 27 września 1996, Bukowina Tatrzańska

**VI Krajowe Sympozjum: Wysokotemperaturowe Nadprzewodnictwo**

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

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

23 – 27 września 1996, Świnoujście

**Laser Technology, STL '96**

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

A: 31.5.96, P, ang., ros., pol.

7 – 12 października 1996, Kościelisko

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

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

ang.

17 – 19 października 1996, Jachranka

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

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

A: 31.3.96, ang., ros., pol.

17 – 19 października 1996, Krasnobród

**Technology and Applications of Optical Waveguides**

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

A: 30.5.96, P, ang. i pol.

22 – 23 października 1996, Warszawa

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

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

Z: 30.6.96, P, ang.

## NOWE KSIĄŻKI

- *Physics Research in Poland 1995 – 1996, Directory*, red. Zygmunt Ajduk; Ośr. Wydawnictw Naukowych, Poznań 1996, s. 190.
- *Odwrotne nasycenie dielektryczne odkryte 60 lat temu przez Arkadiusza Piekareę w Rydzynie*, red. Andrzej Wójtowicz; Ośr. Wydawnictw Naukowych, Poznań 1996, s. 36.
- Leon Lederman, Dick Teresi, *Boska cząstka. Jeśli Wszechświat jest odpowiedzią, jak brzmi pytanie?*, z jęz. angielskiego tłum. Elżbieta Kołodziej-Józefowicz; Prószyński i S-ka, Warszawa 1996, s. 562, cena 21.50 zł.
- Stanisław M. Ulam, *Przygody matematyka*, z jęz. angielskiego tłum. Agnieszka Górnicka; Prószyński i S-ka, Warszawa 1996, s. 359, cena 16.50 zł.

## Licencjat na Wydziale Fizyki

Na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego zostały uruchomione 3-letnie, wyższe studia zawodowe – Studia Licencjackie. **Studia są bezpłatne! Nie ma egzaminów wstępnych!** Pierwszy rok studiów jest wspólny dla studentów studiów licencjackich i magisterskich. Przeciętna ilość zajęć w semestrze studiów licencjackich jest mniejsza niż na studiach magisterskich. Studia licencjackie dają szansę wykształcenia umiejętności rozwiązywania problemów oraz oferują wiedzę specjalistyczną. To nie są studia, których celem jest wykształcenie fizyka-naukowca, czy fizyka-nauczyciela. Ich zadaniem jest przygotowanie absolwenta, który potrafiłby skutecznie realizować się we współczesnym świecie. W trakcie studiów licencjackich studenci przechodzą przez kursy z podstaw fizyki, matematyki i mechaniki kwantowej (te same kursy mogą nawet pozwolić na dojście do magisterium). Naszym celem nie jest dostarczenie studentowi zaawansowanej wiedzy z fizyki czy matematyki. Ma to być przygoda intelektualna, której doświadczenie będzie owocować przez całe życie niezależnie od przyszłego zawodu. Proponujemy naszym studentom pięć następujących specjalizacji:

- Metody komputerowe,
- Fizyka środowiska,
- Metody fizyki jądrowej,
- Fizyka medyczna,
- Fizyka materiałowa i optyka.

Każda z powyższych specjalizacji może okazać się bardzo atrakcyjna. Do tej pory największe zainteresowanie budzą Metody komputerowe. Jest to specjalizacja, w ramach której proponujemy poza kursami z podstaw fizyki, matematyki i mechaniki kwantowej wiele zajęć bezpośrednio związanych z wykorzystaniem technik komputerowych. Nasi absolwenci kończący tę specjalizację powinni programować w języku Pascal i C, znać podstawy systemu operacyjnego UNIX, umieć stosować w praktyce (korzystając z istniejącego oprogramowania) statystyczne metody analizy danych, wiedzieć co nieco o tym jak buduje się, korzysta i administruje sieciami komputerowymi. W ramach tzw. zajęć pozakierunkowych słuchacze Studiów Licencjackich mogą uczęszczać na tak atrakcyjne wykłady jak Makroekonomia i Mikroekonomia, Bankowość, Finanse, Podstawy nauki organizacji i zarządzania, Teoria podejmowania decyzji, Negocjacje, Komputerowe systemy zarządzania, Metody i techniki organizatorskie czy Współczesne koncepcje zarządzania. Naszą ambicją jest by absolwenci Studiów Licencjackich byli krytycznie myślącymi ludźmi umiętającymi poruszać się (techniki komputerowe) we współczesnym świecie i przynajmniej do pewnego stopnia rozumiejącymi mechanizmy ekonomiczne i finansowe rządzące nowoczesnymi rynkami. Wydaje się, że licencjaci, wyposażeni w taką wiedzę i umiejętności rozwiązywania problemów, nie powinni mieć najmniejszych kłopotów ze znalezieniem pracy.

**ZOSTAŃ LICENCJATEM !!!**

Wszelkie dodatkowe informacje na temat Studiów Licencjackich są dostępne w Dziekanacie Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, 00-681 Warszawa, ul. Hoża 69, tel.: (0-22) 628-30-31 w. 156, 123, fax: (0-22) 621-97-75.

## Konkurs otwarty na doświadczenie pokazowe z fizyki

- Organizatorami Konkursu są Oddział Krakowski PTF i Instytut Fizyki UJ.
- Celem konkursu jest wydobycie na światło dzienne często niedocenianych mistrzów demonstracji fizycznej, poszukiwanie nowych talentów i popularyzacja najlepszych pomysłów, które mogłyby trafić do szkół i sal wykładowych.
- Na konkurs mogą być zgłaszane doświadczenia pokazowe z fizyki dające się wykonać w sali wykładowej. Łączny czas wykonania doświadczenia oraz dydaktycznego omówienia zjawiska nie powinien przekraczać 20 min. Doświadczenia powinny stanowić bądź nowy sposób prezentacji efektu wchodzącego w skład tradycyjnych demonstracji, bądź dotyczyć zjawisk rzadko prezentowanych.
- W konkursie mogą brać udział osoby lub zespoły (np. wykładowca i demonstrator lub nauczyciel i uczniowie). Konkurs ma charakter otwarty, nie ma żadnych ograniczeń związanych np. z wiekiem lub wykształceniem. Szczególnie zachęcamy do zgłaszania projektów demonstracji nadających się dla szkół podstawowych.
- W fazie eliminacji Komisja Konkursowa będzie oceniać projekty na podstawie ich opisu. Natomiast w finale konkursu uczestnicy będą musieli zademonstrować przed Komisją przebieg doświadczenia. Pokazy będą miały miejsce w Instytucie Fizyki UJ. Organizatorzy zapewniają standardowe wyposażenie laboratoryjne (zasilanie prądem stałym i zmiennym, gaz, sprężone powietrze, szkło laboratoryjne itp.). Istnieje możliwość skorzystania z niestandardowego wyposażenia (np. ciekłe gazy, lasery) po uzgodnieniu z organizatorami.
- Zgłoszenie konkursowe powinno obejmować opis fizyczny i techniczny projektu doświadczenia oraz jego działający model. Projekty należy zgłaszać do **30 czerwca 1996 r.** Opis w formie maszynopisu o objętości do 5 stron zadrukowanych jednostronnie z podwójną interlinią należy przesłać na adres: **Oddział Krakowski PTF, Instytut Fizyki UJ, Reymonta 4, 30-059 Kraków.**
- W konkursie mogą uczestniczyć także te osoby i zespoły, które mają pomysł na doświadczenie pokazowe lecz nie dysponują odpowiednim wyposażeniem. Organizatorzy proponują im skorzystanie ze zbiorów demonstracyjnych Instytutu Fizyki UJ i Akademii Górniczo-Hutniczej, pod warunkiem odpowiednio wczesnego przesłania projektu do wstępnej eliminacji. W takim przypadku należy przesłać projekt **do 1 czerwca 1996 r.** z zaznaczeniem brakujących elementów demonstracji. Komisja zawiadomi autorów interesujących projektów o możliwościach zaplecza technicznego UJ i AGH i ustali termin prowadzenia prac nad demonstracją.
- Przegląd doświadczeń zakwalifikowanych do finału odbędzie się w ciągu września 1996 r. Komisja zawiadomi każdego z uczestników finału o terminie prezentacji.
- Rozstrzygnięcie konkursu nastąpi na początku października 1996 r. Przewiduje się przyznanie trzech nagród w wysokości 800, 500 i 300 zł. Ogłoszenie wyników połączone z prezentacją nagrodzonych projektów nastąpi na specjalnym Krakowskim Konwersatorium Fizycznym PTF. Prace nagrodzone i wyróżnione zostaną opublikowane w wydawanym przez Instytut Fizyki UJ czasopiśmie uczniów i nauczycieli fizyki FOTON.

## Informacje dla autorów

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

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

## WARUNKI PRENUMERATY

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

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

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

### PRENUMERATA ZA POŚREDNICTWEM ZG PTF

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

### PRENUMERATA ZNIŻKOWA DLA CZŁONKÓW PTF

Członkowie PTF, którzy opłacają prenumeratę w Oddziałach PTF na cały rok, otrzymują 20% zniżki. W tym przypadku dostawa *Postępów Fyzyki* odbywa się za pośrednictwem Oddziału PTF.

### INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

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



## SPIS TREŚCI

D. Frąckowiak, I. Hanyż – Zastosowania metod fototermicznych w badaniach fotosyntezy .....	111
C.G. Shull – Początki rozwoju badań nad rozpraszaniem neutronów .....	129
<b>RÓŻNE</b>	
J. Hurwic – O nagrodach Nobla z fizyki i chemii – niekonwencjonalnie .....	141
<b>WSPOMNIENIA – ROCZNICE</b>	
A.Z. Hrynkiewicz – Metody jądrowe w badaniach skondensowanej fazy materii .....	157
<b>ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI</b> .....	185
<b>RECENZJE</b> .....	191
<b>KRONIKA</b> .....	195

## CONTENTS

D. Frąckowiak, I. Hanyż – The application of photothermal methods in investigations of the process of photosynthesis .....	111
C.G. Shull – Early development of neutron scattering .....	129
<b>MISCELLANEA</b>	
J. Hurwic – On the Nobel Prizes in Physics and Chemistry – unconventionally .....	141
<b>RECOLLECTIONS – ANNIVERSARIES</b>	
A.Z. Hrynkiewicz – Nuclear methods in condensed matter research .....	157
<b>MEETINGS AND CONFERENCES</b> .....	185
<b>REVIEWS</b> .....	191
<b>CHRONICLE</b> .....	195