

---

PTF

DWUMIESIĘCZNIK  
POŚWIĘCONY  
UPOWSZECHNIANIU  
WIEDZY  
FIZYCZNEJ

# POSTĘPY FIZYKI

TOM 45  
ZESZYT 5  
1994

---

# POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

## ZARZĄD GŁÓWNY

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

## Redaktorzy naczelni czasopism PTF

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

## Przewodniczący Oddziałów Towarzystwa

Prof. dr MICHAŁ ŚWIĘCKI (Białystok)	Doc. dr BAZYLI BOŃCZAK (Łódź)
Dr ALEKSANDRA WRONKOWSKA (Bydgoszcz)	Prof. dr TADEUSZ GÓRECKI (Opole)
Dr hab. ZYGMUNT BĄK (Częstochowa)	Prof. dr ANDRZEJ WIĘCKOWSKI (Poznań)
Dr KRYSZTYN KOZŁOWSKI (Gdańsk)	Prof. dr RYSZARD KĘPA (Rzeszów)
Prof. dr ZYGMUNT KLESZCZEWSKI (Gliwice)	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 ANDRZEJ SZYTUŁA (Kraków)	Prof. dr IRENEUSZ STRZAŁKOWSKI (Warszawa)
Prof. dr STANISŁAW HAŁAS (Lublin)	Prof. dr ZYGMUNT GALASIEWICZ (Wrocław)

## ADRES ZARZĄDU

00-681 Warszawa, ul. Hoża 69

tel./fax 621 26 68

adres elektroniczny: ptf@fuw.edu.pl

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

# POSTĘPY FIZYKI

DWUMIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY UPOWSZECHNIANIU  
WIEDZY FIZYCZNEJ

TOM 45, ZESZYT 5  
1994

Zeszyt dofinansowany  
przez Komitet Badań Naukowych

Wydano pod patronatem  
Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

Warszawa 1994

## RADA REDAKCYJNA

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

## KOMITET REDAKCYJNY

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

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

### Korespondenci Oddziałów PTF:

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

Olivier Carnal, Jürgen Mlynek

Fakultät für Physik  
Universität Konstanz  
Konstanz, Niemcy

## Optyka fal atomowych z użyciem struktur dyfrakcyjnych\*

Atom optics with diffractive structures

*Abstract:* Experiments demonstrating the feasibility of using nanoscale diffractive structures as optical devices for atoms herald many promising applications of atom optics.

Atomy wyobrażamy sobie zazwyczaj jako twarde kulki o dobrze określonej średnicy, położeniu i prędkości. Jednak na początku tego stulecia Louis de Broglie wykazał teoretycznie, że mają one zarówno własności korpuskularne jak i falowe: atom o masie  $m$  i prędkości  $v$  zachowuje się jak fala o długości  $\lambda = h/mv$ , gdzie  $h$  jest stałą Plancka. Falowa natura atomów została wkrótce potem potwierdzona doświadczalnie. Długość fali de Broglie'a  $\lambda$  jest bardzo mała i wynosi ok. 0.1 nm dla atomów helu poruszających się z prędkością 1000 m/s, typową dla gazu w zbiorniku o temperaturze pokojowej; zmniejsza się ona dla cięższych i szybszych atomów.

Atom może więc być traktowany jako paczka falowa o charakterystycznym rozmiarze z oscylacjami wewnątrz paczki mającymi okres odpowiadający długości fali de Broglie'a. W zależności od rodzaju przeprowadzanego doświadczenia dominują własności korpuskularne, bądź falowe. Fakt, że atomy mogą zachowywać się jak fale oznacza, że możliwe jest zbudowanie elementów optycznych dla

---

\*Artykuł, opublikowany w *Europhysics News* **23**, 149 (1992), został przetłumaczony za zgodą Autorów i Wydawcy [Translated with permission. Copyright ©1992 by European Physical Society] (przyp. Red.).

fal atomowych podobnie jak dla fal świetlnych.

Zainteresowanie elementami optycznymi służącymi na przykład do ogniskowania, tworzenia obrazów i dzielenia wiązek atomów w ten sam sposób jak wiązek fotonów wynika z dwu powodów. Po pierwsze, „mikroskop atomowy” daje możliwość osiągnięcia wysokiej przestrzennej zdolności rozdzielczej (w obszarze nanometrowym) przy minimalnych uszkodzeniach badanej powierzchni, gdyż atomy nie są naładowane i mogą mieć energię kinetyczną mniejszą niż 10 meV. Po drugie, interferometr, w którym użyto atomów zamiast światła, pozwala na przeprowadzenie podstawowych doświadczeń z mechaniki kwantowej i grawitacji, niemożliwych do wykonania do tej pory.

## Mikroskopia

Zdolność rozdzielcza mikroskopu ograniczona jest przez długość fali używanych cząstek: nie jest możliwe rozdzielenie struktur mniejszych niż pół długości fali (ok.  $0.5 \mu\text{m}$  w zakresie widzialnym). Ta dolna granica może być znacząco obniżona przy użyciu fal elektromagnetycznych o znacznie mniejszych długościach fali, takich jak promienie X czy fale elektronowe w mikroskopie elektronowym. Maksymalna zdolność rozdzielcza mikroskopu elektronowego jest porównywalna z rozmiarami atomu (ok.  $0.1 - 1 \text{ nm}$ ). Niestety trzeba zapłacić wysoką cenę za tę ogromną zdolność rozdzielczą: elektrony są naładowane i oglądane obiekty szybko stają się naładowane, co prowadzi do zniekształceń obrazu. Promienie X niosą wielką energię, a więc próbki łatwo ulegają zniszczeniu. Idealnym rozwiązaniem byłby mikroskop korzystający z cząstek zarówno o małej energii jak i krótkiej fali. Atomy doskonale spełniają te warunki. Na przykład atom helu o prędkości  $v = 1000 \text{ m/s}$  i  $\lambda \approx 0.1 \text{ nm}$  ma energię kinetyczną ok. 20 meV, czyli mniej więcej 1000 razy mniejszą niż elektron i  $10^6$  razy mniejszą niż foton promieniowania X o porównywalnej długości fali. Niska energia zapewnia, że badana powierzchnia jest traktowana bardzo łagodnie i głębokość wnikania atomów w próbkę redukuje się do ok. jednej warstwy atomowej. Jedynie warstwa powierzchniowa jest próbkowana przez atomy, a zazwyczaj mniej interesujące struktury leżące głębiej nie biorą udziału w tworzeniu obrazu. Co więcej, przygotowując atomy tak, by niosły one moment elektryczny lub magnetyczny, można wybiórczo badać własności elektryczne i magnetyczne powierzchni. Ze względu na ważne możliwości zastosowań w mikroskopii atomowej, w powierzchniowo czułych mikropróbnikach, a nawet w litografii atomowej, istnieje wielkie zainteresowanie budową elementów obrazujących dla fal atomowych.

## Interferometria

Innym fascynującym zastosowaniem układów optycznych dla atomów są interferometry. Urządzenia takie, znane również dobrze w optyce klasycznej, rozdzielają wiązkę padającą na dwie przestrzenie rozseparowane wiązki, które następnie rekombinują. Przy spójnym rozdziale wiązek, podział i rekombinacja muszą być dokonane w taki sposób, by faza, to znaczy położenie maksimów i minimum w dwóch wiązkach była zachowana. Zmiany w położeniu maksimów w fali wzdłuż kierunku propagacji mogą być określone bardzo dokładnie przez pomiar różnic w nakładaniu się dwóch wiązek po rekombinacji.

Tak więc całkowite natężenie na wyjściu interferometru mówi nam o względnej różnicy faz na dwóch drogach. Własność ta może być wykorzystana w następujący sposób: faza atomu zmienia się przy przejściu atomu przez obszar o różnej energii potencjalnej. Ponieważ całkowita energia układu jest zachowana, zmiana energii potencjalnej powoduje zmianę energii kinetycznej, a tym samym prędkości atomu, w wyniku czego maksima fali na jednej z dróg przybywają do detektora nieco później. W istocie rzeczy detektor może wykryć różnice potencjałów między dwiema drogami, które są ok.  $10^{10}$  razy mniejsze niż energia kinetyczna atomów.

Położenie maksimów może być zmieniane na przykład w wyniku oddziaływania atomów z polem zewnętrznym lub innymi cząstkami. Ponieważ atomy mają strukturę wewnętrzną, której nie mają elektrony czy fotony, czują one całkowicie inaczej otoczenie. Interferometry atomowe mają więc liczne, zupełnie wyjątkowe możliwości zastosowań, które zostaną przedstawione później.

## Elementy optyczne

Elementy optyczne dla obszaru widzialnego (płytki światłodzielące, zwierciadła, soczewki itd.) znane są nam wszystkim. Znaleźć je można w kamerach fotograficznych, mikroskopach, laserach. Ich działanie polega na przepuszczaniu światła przez materiały szklane o współczynniku załamania różnym od jedności, o specjalnym kształcie i wypolerowanej powierzchni. Konstrukcja elementów optycznych dla atomów neutralnych jest znacznie trudniejsza, gdyż atomy nie mogą przejść przez materiały stałe.

Zarówno jony jak i elektrony mogą być łatwo odchylane i manipulowane polami elektrycznym i magnetycznym. Technologia budowy elementów optycznych dla cząstek naładowanych jest więc dobrze rozwinięta, o czym świadczą wyniki otrzymane w pierścieniach akumulacyjnych, akceleratorach i mikroskopach elek-

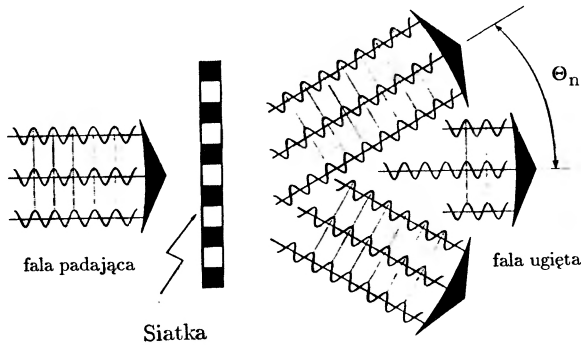
tronowych. Jednak metody te nie dają się użyć w przypadku neutralnych atomów. Wydawało się, że nie ma nadziei na zmianę tej sytuacji aż do wynalezienia lasera i olbrzymiego rozwoju technologii wytwarzania mikrostruktur, jaki nastąpił w ostatnim dwudziestoleciu. Oba te wydarzenia otworzyły drogę dwóm obiecującym możliwościom, obecnie intensywnie badanym w wielu laboratoriach na całym świecie, a dotyczącym opracowania elementów optycznych dla atomów, opartych na oddziaływaniu z polami laserowymi i dyfrakcji na mikrostrukturach transmisyjnych [1-3].

Elementy optyczne wykorzystujące *oddziaływanie atom-laser* czynią użytek z procesów absorpcji i emisji fotonów przez atomy w silnym polu laserowym. Ponieważ każdy foton niesie moment pędu, w trakcie każdego z takich procesów atom doznaje „kopnięcia”, co prowadzi do znaczącej zmiany jego prędkości, jeśli procesy te zachodzą dostatecznie często. Tak więc można zbudować dla atomów soczewki, zwierciadła i płytki dzielące wiązkę, przepuszczając atomy przez wiązki laserowe o odpowiednio ukształtowanych profilach natężeń (patrz [1,3] dla bardziej szczegółowej dyskusji tych metod).

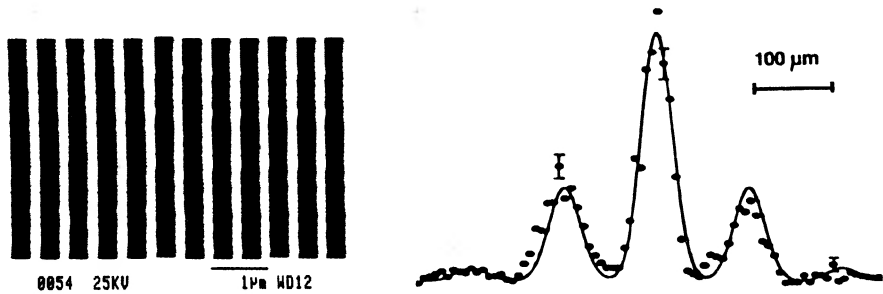
W artykule tym skoncentrujemy się jedynie na technice stosującej *dyfrakcję* na mikrostrukturach transmisyjnych. Ponieważ atom ma własności falowe, ulega on również dyfrakcji na drobnych strukturach w taki sam sposób, jak światło przechodzące przez siatkę lub małe szczeliny (rys. 1). Z elementu dyfrakcyjnego (rys. 2a) nie wychodzi jedna wiązka, lecz wiele wiązek o różnych kierunkach i natężeniach (rys. 2b). W przypadku siatki o odległościach szczelin  $d$ , zjawisko to może być wytłumaczone następująco [1,4]: wiązka padająca (o długości fali  $\lambda$ ) przechodzi przez każdą z wielu szczelin siatki z takim samym prawdopodobieństwem. Ponieważ poszczególne wiązki mają tę samą fazę, wiązki interferują konstruktywnie (wszystkie maksima wypadają w tym samym miejscu) w kierunku na wprost ( $\theta = 0^\circ$ ), oraz w kierunkach danych przez  $\sin \theta_n = \pm n\lambda/d$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ), dla których różnica dróg optycznych dla dwóch sąsiednich szczelin wynosi dokładnie  $n\lambda$ . Efekt jest łatwo zaobserwować gdy iloraz  $\lambda/d$  bliski jest jedności.

Ponieważ wszystkie rzędy dyfrakcji mają dobrze określone związki fazowe, siatka dyfrakcyjna nazywana jest również spójną płytką dzielącą wiązkę. Może ona być użyta np. do budowy elementu separującego wiązki w interferometrze. Żeby zaobserwować rozseparowanie wiązek atomów posiadających długość fali de Broglie’a 0.1 nm, trzeba użyć ekstremalnie drobnych struktur, które muszą być jednocześnie całkowicie przezroczyste w położeniu odpowiadającym szczelinie. Struktury takie o rozmiarach mniejszych niż 100 nm można wykonać np. z bardzo cienkich folii złota (o grubości 100–500 nm) przy użyciu technik litograficznych. Mają one ekstremalnie precyzyjne i ostre brzegi, jak pokazano na rys. 2a. Zastosowanie podobnych technik pozwala również wyprodukować struktury





Rys. 1. Zasada działania płytki dzielącej spójnie wiązkę przez wykorzystanie ugięcia na transmisyjnej siatce dyfrakcyjnej. Fale wychodzące z siatki interferują konstruktywnie w kierunku  $\theta_n$

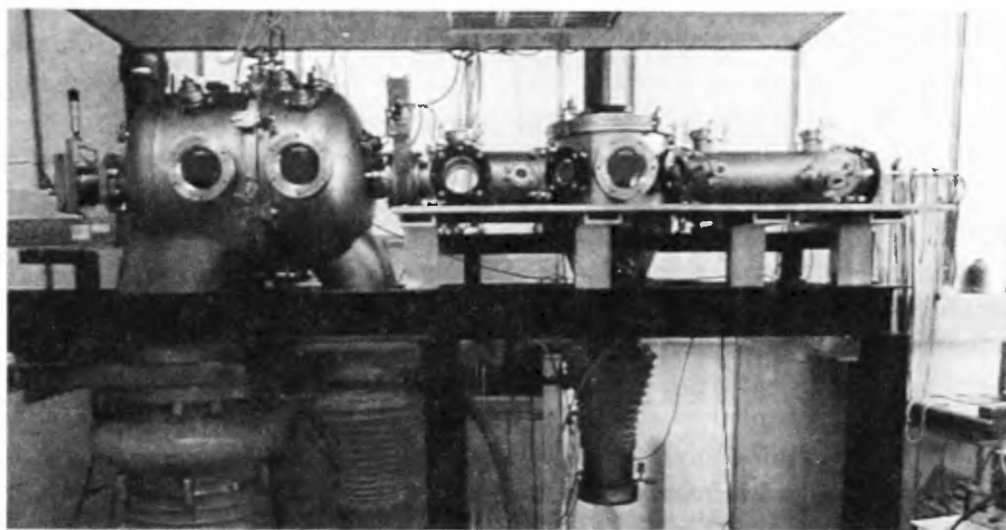


Rys. 2. (a – po lewej) Obraz siatki dla optyki fal atomowych wykonanej metodą fotolitograficzną z folii złotej o grubości 100–500 nm, uzyskany za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego. Proszę zauważyć dokładne, ostre krawędzie szczelin o szerokości ok. 100 nm (dzięki uprzejmości firmy Heidenhain Inc., Traunreut, Niemcy). (b – po prawej) Wyniki doświadczenia dla wiązki metatrwałych atomów helu. Pokazano liczbę atomów rejestrowanych w funkcji położenia wzdłuż kierunku prostopadłego do osi wiązki [4]

rzędu 100 nm z cienkich warstw krzemu lub azotku krzemu [5], i wiele grup w Niemczech, Japonii i Stanach Zjednoczonych pracuje nad ulepszeniem tych technik. Ponieważ proces dyfrakcji jest niewrażliwy na wewnętrzną strukturę atomu, można używać struktur transmisyjnych dla wszystkich rodzajów atomów i można łatwo zmienić rodzaj atomów bez wymiany układu dyfrakcyjnego.

### Źródło atomowe

Dla doświadczeń nad elementami optycznymi dla fal atomowych niezbędne jest intensywne źródło atomów. Używamy urządzenia (rys. 3), które wytwarza bardzo intensywną wiązkę naddźwiękową metatrwałych atomów helu (dwoma stanami przygotowanymi przez wzbudzenie wiązką elektronów są stany  $2^1S_0$  i  $2^3S_1$  o czasie życia  $\tau \approx 50$  s, dłuższym niż czas przejścia przez układ). Zapewniamy również prawie tę samą prędkość wszystkich atomów. W warunkach roz-



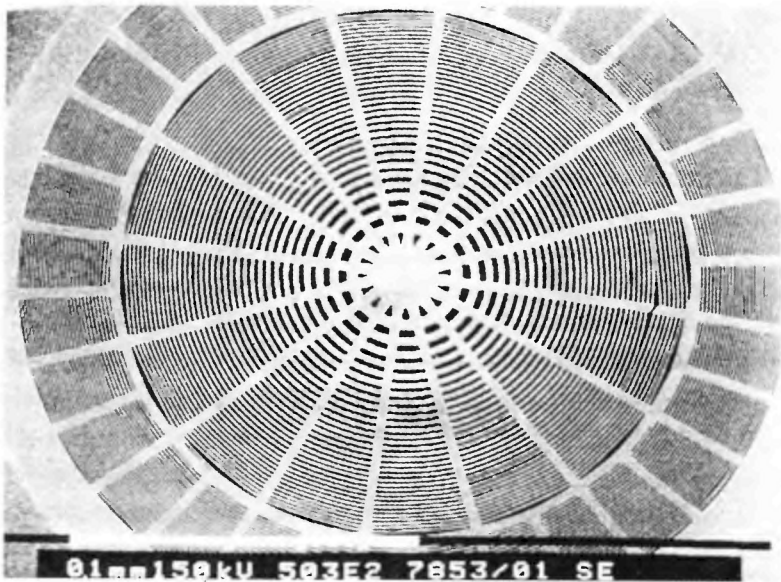
Rys. 3. Układ do doświadczeń z optyki fal atomowych. Źródło atomów, zawierające dyszę naddźwiękową i układ do wzbudzenia w wyniku zderzeń z elektronami, umieszczone jest z lewej strony rysunku. Metatrwałe atomy helu rozchodzą się poziomo na prawo w rurze próżniowej i podlegają detekcji przy wykorzystaniu wtórnej emisji elektronów

prężania wiązki naddźwiękowej, w których pierwotne ciśnienie jest tak wysokie (10–50 atm.), że średnia droga swobodna atomów jest znacznie mniejsza niż średnica rozprężającej dyszy (10–25  $\mu\text{m}$ ), prędkości są skupione w bardzo wąskim przedziale wokół prędkości termicznej dzięki zderzeniom wielociałowym w trakcie rozprężania. Wąski rozkład oznacza, że długość fali każdego z atomów leży wewnątrz małego przedziału wokół wartości średniej, podobnie jak dla wiązki światła o dobrze określonej barwie. Ponieważ własności elementów optycznych zależą od długości fali, błędy (aberracje) układów obrazujących zostają zminimalizowane przez użycie takich „monochromatycznych” wiązek atomów. Preferowane

są atomy metatrwałe, ponieważ mogą one być łatwo wykrywane na powierzchni miedź-beryl, a strumień emitowanych elektronów można wzmocnić za pomocą powielacza elektronowego.

### Soczewki

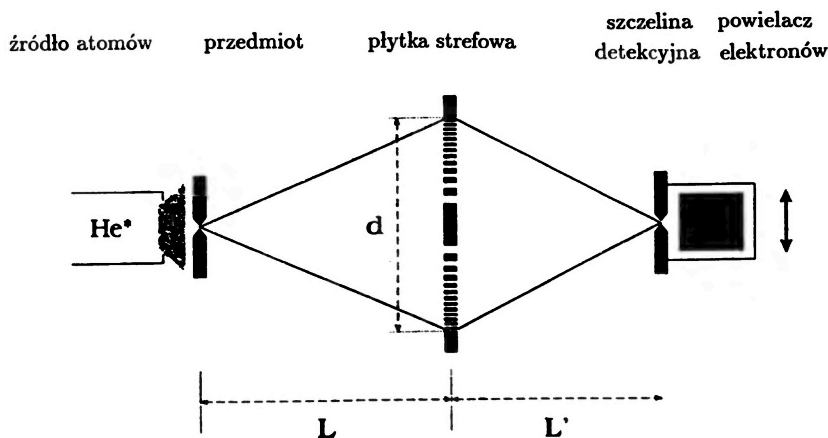
Do wybudowania soczewek dla atomów użyta została struktura transmisyjna wykonana ze złota [6]. Składa się ona z dużej liczby (ok. 130) koncentrycznych stref absorbujących i transmitujących, których średnica zmienia się jak pierwiastek kwadratowy numeru strefy (patrz rys. 4). Odstęp między absorbującymi złotymi pierścieniami maleje więc wraz z odległością od środka soczewki. Geometria ta sprawia, że wszystkie fale parcjalne, które interferowałyby destruktywnie w odległości  $L'$  od płytki strefowej, są zatrzymane. Tylko te fale, które interferują



Rys. 4. Obraz płytki strefowej o średnicy  $210 \mu\text{m}$ , uzyskany za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego. Małe pęknięcie w prawej części płytki, powstałe w czasie doświadczeń, nie wpłynęło na jakość obrazowania

konstruktywnie i dlatego zwiększają natężenie na osi optycznej w odległości  $L'$  za soczewką, mają możliwość przejścia. Jeśli źródło atomów jest umieszczone w odległości  $L$  przed soczewką (rys. 5), wtedy  $L$  i  $L'$  spełniają równanie soczewki  $1/L + 1/L' = 1/f$ , gdzie  $f$  jest ogniskową soczewki, która jest proporcjonalna do kwadratu promienia najbardziej wewnętrznej strefy i odwrotnie proporcjonalna

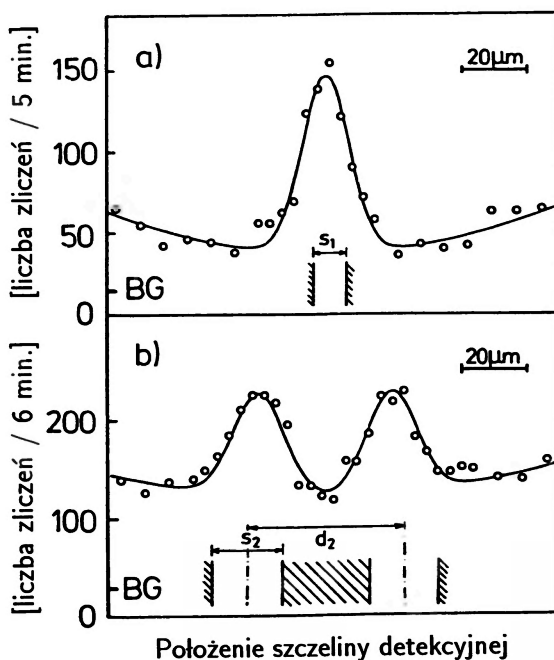
do długości fali atomów. Soczewka taka, zwana soczewką strefową Fresnela, badana była po raz pierwszy przez Rayleigha w 1871 r.



Rys. 5. Schemat układu doświadczenia do badania płytek strefowych. Wymiary:  $L = 0.96$  m,  $L' = 0.84$  m, średnica soczewki  $d = 210 \mu\text{m}$ . Linie ciągłe pokazują skrajne promienie tworzące obraz pierwszego rzędu struktury przedmiotu

W naszym eksperymencie używaliśmy płytki strefowej o średnicy  $210 \mu\text{m}$  i średnicy najbardziej wewnętrznej strefy  $18.5 \mu\text{m}$ . Przed soczewką zamocowaliśmy drut o średnicy  $50 \mu\text{m}$  (technika znana jako apodyzacja) by zmniejszyć tło strumienia atomów w środku płaszczyzny obrazowania i tym samym zwiększyć kontrast obrazu. Wykonaliśmy raz jeszcze doświadczenie z metatrwałymi atomami helu, które były wykrywane za pomocą powielacza elektronowego. Właściwości obrazujące płyt strefowych badane były za pomocą obiektów jedno i dwuszczylinowych o wymiarach szczeliny rzędu  $10 \mu\text{m}$ . „Obrazy” atomowe można było obserwować przez przesuwanie szczeliny w płaszczyźnie obrazu. Atomy helu były wykrywane za szczeliną detekcyjną za pomocą powielacza elektronowego (rys. 5). Wyniki doświadczenia pokazane są na rys. 6, na którym pokazano również (w tej samej skali) obrazowane przedmioty. Obrazy jasno wskazują na to, że natężenie wiązki atomów w płaszczyźnie detektora jest znacznie zwiększone w porównaniu z sytuacją bez soczewki. Po drugie, w przypadku podwójnej szczeliny jako obiektu, rozmiar obrazu jest mniejszy niż rozmiar obiektu o czynnik  $L'/L = 7/8$ , co jest dokładnie tym, czego należy oczekiwać dla klasycznej soczewki spełniającej równanie soczewki.

Po to, by użyć takiej soczewki w mikroskopie atomowym, trzeba zwiększyć jej rozmiar tak, by więcej atomów mogło przejść przez aperturę soczewki, jak również zmniejszyć ogniskową tak, by układ optyczny nie miał zbyt dużych rozmiarów.



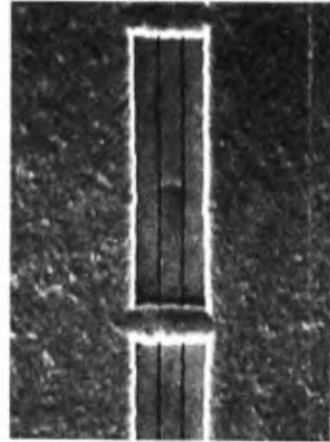
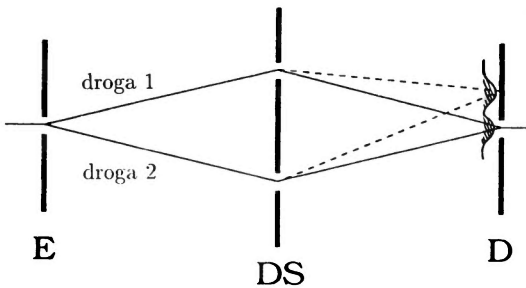
Rys. 6. Obraz pojedynczej szczeliny i dwóch szczelin dla długości fali atomowej 0.196 nm. Linie ciągłe są dopasowane do punktów doświadczalnych. Wymiary szczelin (pokazanych na dole rysunków) wynoszą  $s_1 = 10 \mu\text{m}$  dla pojedynczej szczeliny oraz  $d_2 = 49 \mu\text{m}$  i  $s_2 = 22 \mu\text{m}$  dla dwóch szczelin. BG oznacza poziom tła detektora (szczegóły w pracy [6])

Stosunek ogniskowej do średnicy soczewki dany jest przez  $s/\lambda$ , gdzie  $s$  jest najmniejszą szerokością szczeliny płyty strefowej. Rozmiar  $s$  jest obecnie ograniczony do ok. 100 nm przez proces produkcji i mógłby być dalej zmniejszony dzięki użyciu nowych technologii. Zaletą tego typu soczewek jest krótki czas oddziaływania atomów w trakcie ich przechodzenia przez soczewkę (soczewka „cienka”) – cecha, która prowadzi do zmniejszenia aberracji w porównaniu z „grubymi” soczewkami wykorzystującymi oddziaływanie z polami elektromagnetycznymi [3].

### Interferometr atomowy

Interferometr atomowy zbudowany został przez naszą grupę w 1991 r. [7]. Zasada doświadczenia, wykonanego dla światła w 1807 r. przez Thomasa Younga, jest bardzo prosta. Atomy helu przechodzą przez małą szczelinę wejściową, a następnie przez jedną z dwu szczelin położonych wyżej lub niżej (odległych od siebie o  $w$ ), umieszczonych w odległości  $L$  za nią (patrz rys. 7a). Rysunek 7b przedsta-

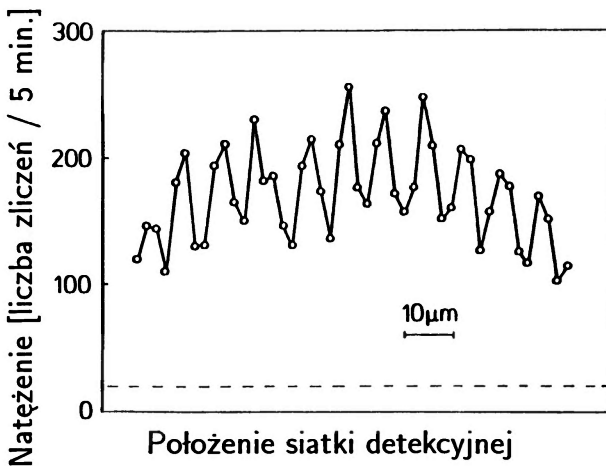
wia obraz podwójnej szczeliny, najbardziej krytycznego elementu naszego interferometru, uzyskany za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego. Dwie wąskie ciemne linie odpowiadają dwóm szczelinom o szerokości  $1 \mu\text{m}$ . Dla atomu wędrującego od szczeliny wejściowej do detektora możliwe są więc dwie różne drogi. Ten układ z dwiema szczelinami nazywa się interferometrem, ponieważ można w nim umieścić jakiś element różnicujący dwie drogi, bez niszczenia obrazu interferencyjnego na detektorze. W płaszczyźnie detektora istnieją różne położenia, w których dwie fale pochodzące z dwu szczelin interferują konstruktywnie: znajdują się one w miejscach, w których różnica dróg między drogą 1 i 2 wynosi dokładnie  $n\lambda$ . Przy przesuwaniu szczeliny detektora w kierunku prostopadłym do osi wiązki atomowej, powinno się uzyskać obraz interferencyjny złożony z ciemnych i jasnych prążków (odległość prążków  $\Delta x = L\lambda/w$ ).



Rys. 7. (a – po lewej) Schemat interferometru o dwóch szczelinach. Składa się on ze szczeliny wejściowej E, układu dwóch szczelin DS i szczeliny detekcyjnej D. Ciemne i jasne prążki obserwuje się w płaszczyźnie detekcyjnej z okresem  $\Delta x = L\lambda/d$ . Wymiary: odległość E od DS – 640 mm; DS od D – 640 mm; szerokość szczelin E i D –  $2 \mu\text{m}$ . (b – po prawej) Obraz dwóch szczelin uzyskany za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego. Szerokość szczelin  $1 \mu\text{m}$ , odległość szczelin  $8 \mu\text{m}$ , całkowita wysokość szczelin 2 mm

Takie prążki można łatwo zobaczyć na rys. 8, na którym pokazano rozkład natężenia wiązki atomowej w funkcji położenia detektora. Aby zwiększyć sygnał całkowity, do detekcji obrazu prążków zamiast pojedynczej szczeliny została użyta siatka. Odległość między dwoma maksimumami interferencyjnymi w doświadczeniu bliska jest  $\Delta x = 8 \mu\text{m}$ , zgodnie z przewidywaniami teorii. Jeśli teraz na jednej z dróg wprowadzone zostanie przesunięcie fazowe, obraz interferencyjny powinien się przesunąć w lewo lub w prawo, a przesunięcie będzie miarą różnicy potencji-

łów dla dróg 1 i 2. Z powodu małych wymiarów szczeliny, sygnał jest bardzo słaby (30 – 50 zliczeń atomów na minutę), a więc dokładność pomiaru przesunięcia fazy jest ciągle dość ograniczona. Możemy mierzyć przesunięcie fazy równe 0.3 całkowitą wynikami doświadczalne przez 10 minut (co oznacza, że jedna fala jest przesunięta w stosunku do drugiej o ok. 0.1 długości fali). Dokładność można poprawić przez zwiększenie intensywności źródła atomów i wydajności detektora. Zrealizowano już różne typy interferometrów atomowych [1] stosujących albo mikrostruktury [8], albo pola świetlne [9,10] jako elementy służące do podziału wiązki atomowej.



Rys. 8. Natężenie fal atomowych, rejestrowane za pomocą siatki dyfrakcyjnej o okresie  $8 \mu\text{m}$  umieszczonej w płaszczyźnie detekcyjnej, jako funkcja przesunięcia siatki. Linia przerywana pokazuje poziom tła detektora. Punkty doświadczalne połączono liniami jedynie dla lepszej czytelności rysunku

### Dalszy rozwój

Ponieważ atomy nie przenikają przez ciała stałe, atomowy *mikroskop* powinien zawsze pracować w odbiciu, tzn. gdy atomy padają na powierzchnię, a detekcji podlegają atomy odbite. Na duży obszar badanej powierzchni można rzucić płaską falę atomową, a falę odbitą zobrazować za pomocą płyty strefowej. W alternatywnym rozwiązaniu wiązka atomowa ogniskowana jest na powierzchni, a mierzony jest całkowity strumień odbitych atomów lub wyemitowanych elektronów. W obu przypadkach rozdzielane są struktury powierzchniowe o rozmiarze kilku nanometrów. Atomy mogą być łatwo polaryzowane, magnesowane lub przygotowywane w różnych stanach energetycznych za pomocą wiązek laserowych.

Oznacza to, że za pomocą tego samego układu optyczno-atomowego można badać bardzo różne właściwości powierzchni, takie jak namagnesowanie taśmy magnetycznej lub chropowatość powierzchni. Mimo, że rozdzielczość układu nie osiągnie rozdzielczości spotykanych w skaningowych mikroskopach tunelowych czy elektronowych, fakt, że atomy mają małe energie i że mogą być przygotowane w różnych stanach wewnętrznych, czyni z tego nowego przyrządu interesujące narzędzie dla badaczy powierzchni. Tak więc choć mikroskop atomowy nigdy nie zastąpi mikroskopu elektronowego, może on być pomocny w uzyskaniu dodatkowych ważnych informacji.

Atomy są cięższe, wolniej poruszają się i mają dużo bardziej bogatą strukturę wewnętrzną niż inne cząstki. Pożyteczne więc jest powtórzenie doświadczeń *interferometrycznych* z użyciem atomów zamiast, powiedzmy, neutronów, po to by osiągnąć wyższą precyzję, a nawet przedsięwziąć pomiary, które nie były przedtem możliwe. Praktyczne znaczenie ma obserwacja pól grawitacyjnych i efektów związanych z obrotem interferometru [9-11]. Ponieważ efektywność oddziaływania cząstki z polem grawitacyjnym jest proporcjonalna do masy cząstki  $m$ , fale atomowe są silnie zaburzane przez zmiany pól zewnętrznych (różnica energii potencjalnych dla dwóch dróg wynosi  $mgd$ , gdzie  $g$  jest stałą grawitacji). Cecha ta może być wykorzystana do wykrywania osadów mineralnych, które zaburzają lokalne pole grawitacyjne. Ponadto, mała prędkość atomów czyni interferometr bardzo czułym na obroty, a więc może on być ewentualnie wykorzystany jako żyroskop (czujnik skręcenia).

Dla zastosowań praktycznych rozmiar interferometru (w szczególności rozseparowanie wiązek) i natężenie źródła wiązki atomowej muszą być znacznie zwiększone. W celu zmniejszenia rozbieżności wiązki atomowej i rozrzutu prędkości w kierunku wiązki mogą być użyte oddziaływania atom-laser [12]. Ta technika chłodzenia laserowego oferuje również możliwość zmniejszenia prędkości atomowej tak znacznie, że długość fali de Broglie'a staje się porównywalna z długością fali światła widzialnego, upraszczając w ten sposób eksperymenty i zwiększając czułość interferometru. Interferometr atomowy zastosowany został do pomiaru  $g$  z wykorzystaniem laserowo schłodzonych atomów sodu tworzących „fontannę” atomową [10]. Spodziewane jest, że grawitometr oparty na atomowym interferometrze tego typu powinien osiągnąć dokładność bezwzględną lepszą niż  $10^{-10}g$ .

Interferometr atomowy umożliwia również badanie z wysoką precyzją oddziaływań z polami magnetycznymi i elektrycznymi. Na przykład, mogą być wykonane ogólne testy neutralności ładunkowej atomów, gdyż reakcja atomów na te pola silnie zależy od specjalnie przygotowanych stanów wewnętrznych. Po drugie, interferometr atomowy pozwala w zasadzie na pomiar natężenia wiązki laserowej przecinającej interferometr bez niszczenia fotonów w tej wiązce [1]. Interferome-



try atomowe oferują więc nowe, obiecujące możliwości, które doprowadzą, być może w najbliższej przyszłości, do nieznanych jeszcze zastosowań w badaniach podstawowych i technologii czujników.

Oprócz możliwych zastosowań w interferometrii, mikroskopii czy litografii, *optyka fal atomowych* sama w sobie jest bardzo interesująca, zarówno z doświadczonego jak i teoretycznego punktu widzenia. Jako przykład rozważmy wnęki atomowe: używając odpowiednich zwierciadeł dla fal atomowych możliwe powinno być schwytywanie atomów we wnękę. Nie ma nawet potrzeby, by były to dwa zwierciadła, ponieważ z powodu grawitacji, mając bardzo wolno poruszające się atomy można wykonać wnękę używając jedynie pojedynczego wklęsłego zwierciadła o powierzchni odbijającej skierowanej ku górze [13]. Jeśli faza funkcji falowej może być zachowana przy odbiciu, możliwe są wnęki rezonansowe analogiczne do wnęk Fabry'ego-Pérotta w zwykłej optyce, o być może więcej niż jednym atomie na mod.

### Wnioski

Powyższe omówienie ogniskujących elementów optycznych dla fal atomowych, opartych na zjawisku ugięcia na mikropłytkach strefowych Fresnela, oraz układów Younga o dwóch szczelinach dla interferometrii, dotyczy tylko dwóch z wielu różnych, możliwych do pomyślenia urządzeń optycznych dla fal atomowych. Niemniej jednak pokazuje ono, że optyka fal atomowych rozwinęła się w ciągu ostatnich kilku lat w całą nową dziedzinę o bardzo obiecujących możliwościach.

Autorzy dziękują *Deutsche Forschungsgemeinschaft* za pomoc finansową.

Artykuł ten jest adaptacją tekstu opublikowanego w *La Recherche* **23**, 1134 (1992).

Tłumaczyła *Krystyna Kolwas*  
Instytut Fizyki PAN  
Warszawa

### Literatura

- [1] Zeszyt specjalny *Appl. Phys. B* **54**, maj 1992, red. J. Mlynek, V. Balykin, P. Meystre.
- [2] D.E. Pritchard, *Atom Optics*, red. J.C. Zom, R.R. Lewis, ICAP 12, Ann Arbor, MI, 1991, s. 165.
- [3] V.I. Balykin, V.S. Letokhov, *Physics Today* **42**, nr 4, 23 (1989).

- [4] O. Carnal, A. Faulstich, J. Mlynek, *Appl. Phys. B* **53**, 88 (1991).
- [5] D.M. Tennant i in., *J. Vac. Sci. Tech. B* **8**, 1975 (1990); R. Pool, *Science* **255**, 1513 (1992).
- [6] O. Carnal i in., *Phys. Rev. Lett.* **67**, 3231 (1991).
- [7] O. Carnal, J. Mlynek, *Phys. Rev. Lett.* **66**, 2689 (1991).
- [8] D.W. Keith i in., *Phys. Rev. Lett.* **66**, 2693 (1991); F. Shimizu, K. Shimizu, H. Takuma, *Jpn. J. Appl. Phys.* **31**, L436 (1992).
- [9] F. Riehle i in., *Phys. Rev. Lett.* **67**, 177 (1991).
- [10] M. Kasevich, S. Chu, *Phys. Rev. Lett.* **67**, 181 (1991).
- [11] J.F. Clauser, *Physica B* **151**, 262 (1988).
- [12] *Laser Cooling and Trapping of Atoms*, zeszyt specjalny *J. Opt. Soc. Am.* **B6** (1989), red. S. Chu, C. Wieman.
- [13] H. Wallis, J. Dalibard, C. Cohen-Tannoudji, w pracy [1].

## RÓŻNE

**Oskar A. Chomicki**

*Fundacja im. M. Skłodowskiej-Curie  
Warszawa*

**Waldemar H. Scharf**

*Instytut Radioelektroniki  
Politechnika Warszawska  
Warszawa*

### **Akceleratory medyczne w radioterapii: historia, stan obecny i perspektywy**

#### **Medical accelerators in radiotherapy: past, present and future**

*Abstract:* The paper describes the development of the application of accelerators in the treatment of cancer diseases within the past 70-odd years. Special emphasis is put on the recent use of accelerated particles, such as mesons, protons, neutrons and heavy ions as well as on the routine application of conventional techniques.

„Jeżeli obecnie panująca tendencja utrzyma się, to w roku 2000 jeden na trzech mieszkańców Europy zachoruje wcześniej lub później na chorobę nowotworową w porównaniu do jednego na czterech obecnie”

(Europe against cancer, Committee on Medicine  
86-717, doc-P101, Dec. 1986)

„Trzeba się uczyć grać nie od tych, którzy umieją robić instrumenty, ale od tych, którzy umieją na nich grać”

(Galileo Galilei, 1562–1642)

## 1. Wstęp

Choroby nowotworowe stanowią jeden z najpoważniejszych problemów zdrowotnych na świecie, gdyż są jedną z głównych przyczyn umieralności zarówno w krajach uprzemysłowionych jak i rozwijających się. W 1975 r. oceniano ogólną liczbę pacjentów na ok. 6 milionów, w tym połowa pochodziła z krajów rozwijających się. W 1989 r. tylko w samych Indiach 1.5 miliona pacjentów cierpiało na nowotwory, a roczny przyrost przypadków wynosił 500 tysięcy [1]. Do roku 2000 liczby te ulegną podwojeniu. Struktura procentowa nowotworów złośliwych w Polsce jest podobna jak w innych krajach europejskich. I tak np. u mężczyzn nowotwory płuc stanowią 30.1% ogólnej liczby nowotworów, a nowotwory żołądka – 10.2%. Zwraca uwagę stosunkowo duża liczba nowotworów krtani (5.5%). U kobiet na pierwszych miejscach znajdują się nowotwory sutka (16.9%) oraz szyjki macicy (10.1%). Zgony na nowotwory złośliwe przekroczyły w Polsce w 1989 r. liczbę 40 000 mężczyzn oraz 30 000 kobiet.

Już w kilka miesięcy po odkryciu przez W.C. Roentgena w 1895 r. nowego rodzaju promieniowania, zwanego od odkrywcy, promieniowaniem rentgenowskim lub promieniowaniem X, dokonano pierwszych prób z jego zastosowaniem do leczenia nowotworów złośliwych u pacjentów w Niemczech i w Stanach Zjednoczonych. Metoda ta otrzymała nazwę radioterapii. Głównym celem radioterapii jest zniszczenie tkanki nowotworowej za pomocą promieniowania jonizującego z maksymalnym oszczędzeniem tkanek zdrowych. Obecnie wiemy, że konsekwencją wydzielania się energii promieniowania w obiekcie biologicznym są w pierwszym rzędzie zjawiska fizyczne zachodzące w czasie  $10^{-13}$  s. W następnym etapie czasowym, krótszym niż  $10^{-3}$  s, zaczynają występować reakcje chemiczne wywołane obecnością wolnych rodników, pierwotnych i wtórnych, a także układów wzbudzonych. Właściwe efekty biochemiczne produktów metastabilnych pojawiają się w czasie rzędu godzin, i wreszcie występują efekty biologiczne w postaci np. zmian nowotworowych, których skala czasowa sięga kilkudziesięciu lat.

Pod wpływem promieniowania w układzie biologicznym występują uszkodzenia radiacyjne na poziomie komórkowym i subkomórkowym. Z badań radiobiologicznych wynika, że głównie odpowiedzialne za uszkodzenia są wolne rodniki oraz tzw. efekt tlenowy, o czym będzie mowa w dalszej części artykułu.

Podwaliny pod współczesną technikę rentgenowską stworzył w 1913 r. W.D. Coolidge, opracowując konstrukcję lampy próżniowej z żarzoną katodą wolframową. W 1937 r. radioterapia dysponowała lampami rentgenowskimi przystosowanymi do pracy przy napięciu 400 kV i natężeniu 5 mA. Promieniowanie X generowane przez te lampy cechowała niestety niewielka przenikliwość. Z radio-

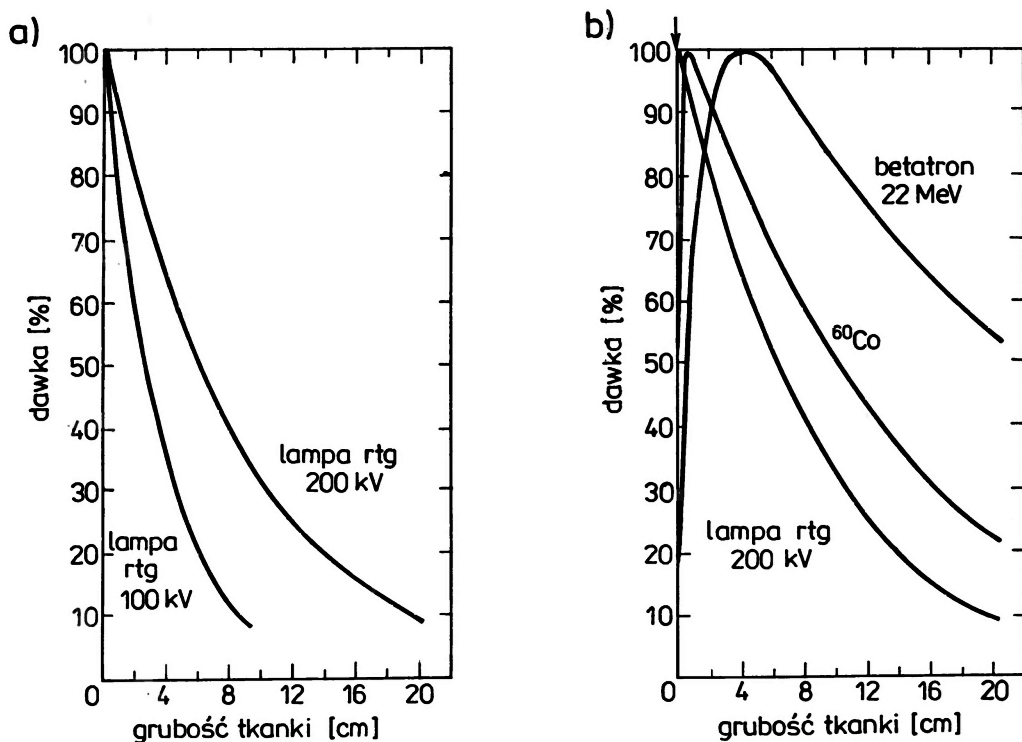
terapeutycznego punktu widzenia rozkład głębokościowy dawki, tzn. ilość energii wydzielonej na  $\text{cm}^3$  tkanki w zależności od odległości od powierzchni skóry, był tu szczególnie niekorzystny, ponieważ dawka maksymalna przypadła na powierzchnię skóry, wykazując następnie szybki spadek w zależności od głębokości (rys. 1a). Dlatego też szybko podjęto poszukiwania innych źródeł (twardszego) promieniowania, zwracając uwagę na izotopy promieniotwórcze. Prawdopodobnie pierwszym urządzeniem wykorzystującym to promieniowanie była tzw. bomba radowa (ang. radium cannon) do terapii nowotworów miednicy, uruchomiona w 1912 r. w Szpitalu Kobiectw we Wrocławiu przez Koeniga [2]. Izotop  $^{226}\text{Ra}$  emitujący promieniowanie gamma o energiach 0.24 – 2.20 MeV stosowany był w ilościach rzędu pojedynczych gramów. Na przeszkodzie szerszemu stosowaniu stanęła mała dostępność i wysoka cena radu.

Na początku lat pięćdziesiątych rozpoczęła się era radioterapeutycznych bomb kobaltowych zawierających źródło kobaltowe o aktywności rzędu kilku kCi. Izotop  $^{60}\text{Co}$  emitujący promieniowanie gamma o energii 1.17 MeV i 1.33 MeV umożliwił osiągnięcie rozkładu głębokościowego znacznie lepszego w porównaniu z rozkładem promieniowania rentgenowskiego. Dawka głębokościowa osiągała tu maksimum na głębokości ok. 5 mm pod powierzchnią skóry, co zapewniało znaczne zmniejszenie dawki naskórnej przy napromieniowywaniu warstw położonych głębiej (rys. 1b). Pierwsze trzy bomby kobaltowe zostały wyprodukowane w 1952 r. w Kanadzie i USA.

Tabela 1 przedstawia chronologię rozwoju urządzeń do radioterapii ze szczególnym uwzględnieniem metod akceleratorowych.

W pierwszej połowie lat trzydziestych przeprowadzono szereg prób z zastosowaniem transformatorów rezonansowych, umożliwiających wytwarzanie napięć szczytowych w zakresie 1 – 2 MV. Nie znalazły one jednak zastosowania w radioterapii za pomocą wiązek promieni rentgenowskich. Wkrótce zwrócono uwagę na opracowany przez R. Van de Graaffa generator wysokonapięciowy nazwany od jego nazwiska generatorem Van de Graaffa. Pierwszy akcelerator tego typu (na napięcie 1 MV) do zastosowań radioterapeutycznych wykorzystujących promieniowanie rentgenowskie zainstalowano w 1937 r. w Bostonie (USA). Właściwy początek ery akceleratorów Van de Graaffa nastąpił dopiero w 1946 r., kiedy to rozpoczęto seryjną produkcję urządzeń na napięcia 2 i 2.5 MV. Łącznie wykonano ok. 40 akceleratorów i produkcję zakończono w 1959 r. Akceleratory te charakteryzowały się dużymi rozmiarami, wysokimi kosztami napromieniowań oraz wymagały dużej powierzchni szpitalnej. Natomiast ich bardzo dobra trwałość pozwoliła 12 z nich pozostawać w eksploatacji jeszcze do 1983 r. [3].

Radykalne zwiększenie energii promieniowania rentgenowskiego stało się możliwe dzięki opracowaniu przez D.W. Kersta akceleratora zwanego betatro-



Rys. 1. Rozkłady dawek głębokościowych dla wiązek: (a) fotonów X 100 i 200 kV, (b) fotonów X 200 kV, promieniowania gamma  $^{60}\text{Co}$  (1.17 i 1.33 MeV) oraz fotonów X z betatronu o energii 22 MeV

nem. Już w 1943 r. Kerst zasugerował możliwość wykorzystania betatronu do radioterapii [4]. Pierwszy pacjent został napromieniowany w 1949 r. promieniami rentgenowskimi wytworzonymi przez elektrony o energii 20 MeV w betatronie zainstalowanym w Urbana (USA) oraz w tym samym roku – przez elektrony o energii 6 MeV z betatronu w Getyndze (Niemcy). Istotne wady betatronów, takie jak np. duży ciężar utrudniający manewrowanie, stosunkowo niskie natężenie wiązki promieniowania X, mała moc dawki (40 cGy/min przy odległości 100 cm od obszaru naświetlanego i energii 22 MeV), a także niewielkie wymiary pola napromieniowywanego oraz niemożność dokonywania pełnego obrotu wokół pacjenta, spowodowały, że w połowie lat siedemdziesiątych produkcja betatronów została wstrzymana. W 1977 r. w USA znajdowało się w eksploatacji 45 betatronów, a w 1982 r. ich liczba spadła do 32 [3]. Mimo to betatrony odegrały ważną rolę w rozwoju radioterapii, dostarczając promieniowania rentgenowskiego o znacznie lepszych charakterystykach od promieniowania generowanego przez lampy rentgenowskie i źródła radioizotopowe. Na przykład, dla promieniowania X z betatronu

Tabela 1. Chronologia rozwoju urządzeń do radioterapii

Rok	Wydarzenie
1895	W.C. Roentgen odkrywa promienie X
1913	W.E. Coolidge konstruuje próżniową lampę rentgenowską
1923	Lyholm uruchamia „bombę radową” (Szwecja)
1931	E.O. Lawrence konstruuje cyklotron
1937	Akcelerator Van de Graaffa (1 MV) zainstalowany w Huntington Memorial Hospital (Boston, USA)
1938-43	R. Stone napromieniowuje 250 pacjentów szybkimi neutronami na Uniwersytecie Kalifornijskim w USA
1939	Pierwszy cyklotron medyczny (Crocker, USA)
1943	D.W. Kerst proponuje użycie betatronu w radioterapii
1946	R. Wilson proponuje zastosowanie protonów i ciężkich jonów w radioterapii
1949	Pierwszy pacjent leczony promieniami rentgenowskimi (20 MV) z betatronu w University of Illinois (USA)
1949	Pierwszy pacjent leczony elektronami o energii 6 MeV z betatronu w Getyndze (Niemcy)
1952	Pierwsze zastosowanie medyczne protonów w Berkeley (USA)
1952	Pierwsze trzy bomby kobaltowe wyprodukowane i zainstalowane w kanadyjskich ośrodkach w Saskatoon i Ottawie, oraz w Oak Ridge (USA)
1952	Pierwszy medyczny akcelerator liniowy (8 MeV) zainstalowany w Hammersmith Hospital w Londynie (Anglia)
1957	Pierwsze zastosowanie medyczne wiązki protonowej (Szwecja)
1958	Pierwsza bomba kobaltowa w Polsce (produkcji ZSRR)
1961	P.H. Fowler proponuje użycie pionów w radioterapii
1976	Pierwsze napromieniowanie wiązką pionów z akceleratora liniowego LAMPF (USA)
1982	Zainstalowanie pierwszego cyklotronu do neutronowej terapii obrotowej (USA)
1991	Uruchomienie pierwszego synchrotronu szpitalnego do terapii protonowej (USA)

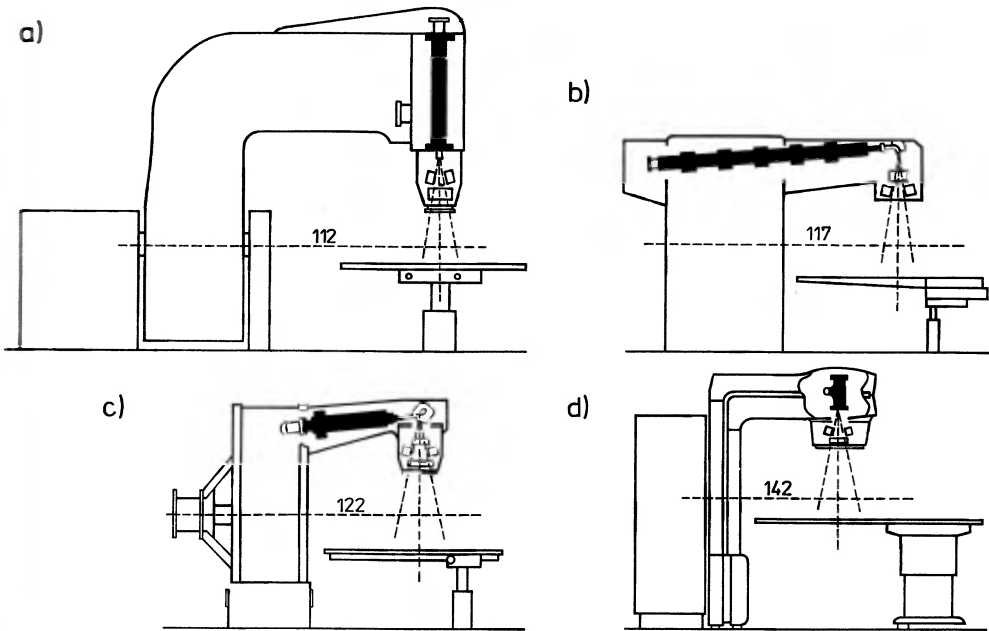
o energii 25 MeV w porównaniu z wiązkami emitowanymi przez  $^{60}\text{Co}$  i lampę rtg. 200 kV, przy tej samej dawce absorbowanej na głębokości 12 cm, napromieniowanie skóry i warstw podskórnych, tzn. dla grubości tkanki 0–4 cm, jest w przypadku elektronów wytworzonych w betatronie najmniejsze (rys. 1b).

Postępy osiągnięte w czasie drugiej wojny światowej w dziedzinie budowy magnetronów dla techniki radarowej umożliwiły następnie wykorzystanie generatorów mikrofalowych do przyspieszania elektronów dla potrzeb radioterapii. W Anglii pierwszy akcelerator o tzw. fali bieżącej zbudował w 1946 r. D.W. Fry. Na tej podstawie C.W. Miller skonstruował pierwszy brytyjski stacjonarny akcelerator liniowy wysokiej częstotliwości, zainstalowany w 1952 r. w londyńskim szpitalu Hammersmith Hospital [5]. Ogólnie trzeba stwierdzić, że w połowie lat sześćdziesiątych rozpoczęła się w radioterapii era akceleratorów liniowych, które szybko zdominowały rynek akceleratorów medycznych.

Akceleratory liniowe charakteryzują się możliwością osiągania dużych wartości mocy dawek, w zakresie 200–400 cGy/min, oraz maksymalnych wymiarów napromieniowanych pól sięgających 40×40 cm. Konstrukcja akceleratorów pierwszej generacji z lat pięćdziesiątych zawierała falowód zainstalowany bezpośrednio w ruchomej głowicy urządzenia (rys. 2a). W latach sześćdziesiątych zaczęto budować akceleratory wyposażone w stosunkowo długi falowód zamontowany poziomo i generujący wysokoenergetyczne wiązki promieniowania. W konstrukcji tej wykorzystano magnes, który zakrzywiał wiązkę pod kątem 90°, co pozwalało na skrócenie wymiaru pionowego głowicy (rys. 2b). Na początku lat siedemdziesiątych powstała nowa generacja tzw. kompaktowych akceleratorów (tzn. o małych wymiarach) wykorzystujących magnesy achromatyczne. Tego rodzaju akceleratory zakrzywiały wiązkę pod kątem ok. 270° (rys. 2c). Zasadnicza zmiana polegała również na zastąpieniu falowodu z falą bieżącą przez falowód z falą stojącą, co pozwoliło zwiększyć wartość gradientu liniowego, a w rezultacie uzyskać skrócenie części przyspieszającej przy tych samych wartościach energii. Tak więc cały akcelerator stawał się mniejszy (rys. 2d) i w zakresie napięć 4–6 MV można było wyeliminować magnesy zakrzywiające. Te rozwiązania konstrukcyjne pozwoliły również na znaczne zwiększenie napromieniowywanych pól do wymiarów 40×40 cm oraz mocy dawek do 400–500 cGy/min. W ten sposób można było skrócić czas napromieniowywania pacjenta i podnieść niezawodność aparatury.

Już w 1968 r. w USA akceleratory liniowe stosowano do leczenia ok. 300 tysięcy pacjentów, którym zaaplikowano ok. 3.5 miliona indywidualnych seansów kosztem ok. 300 mln dolarów. W ciągu ostatniego dziesięciolecia przyrost liczby pacjentów poddawanych radioterapii wynosi 2–4% rocznie. Obecnie leczy się tam ok. 500 tysięcy pacjentów rocznie. Całkowita liczba urządzeń radioterapeutycznych, zainstalowanych w USA wzrosła w latach 1975–86 o 46%, natomiast liczba





Rys. 2. Kolejne stadia rozwoju terapeutycznych akceleratorów liniowych (zaciemnione części odpowiadają strukturom przyspieszającym, zaś odległość od podłogi podana jest w cm): (a) akcelerator liniowy 4 MeV AEI z falowodem o ruchomej głowicy (rok prod. 1955), (b) akcelerator liniowy SL 75 Philips z poziomym urządzeniem przyspieszającym i magnesem zakrzywiającym wiązkę o  $90^\circ$ , co pozwala na pełną terapię obrotową (rok prod. 1964), (c) akcelerator liniowy kompaktowy Dynaray-4 z magnesem achromatycznym zakrzywiającym wiązkę o  $270^\circ$  (rok prod. 1975), (d) współcześnie produkowany akcelerator liniowy 4 MeV LMR-4 Toshiba [6]

akceleratorów liniowych w tym samym czasie wzrosła o 212%, przy równoczesnym spadku liczby bomb kobaltowych o 28%. Nasuwa się więc oczywisty wniosek, że akceleratory terapeutyczne wypierają w coraz większym stopniu bomby kobaltowe z praktyki radioterapeutycznej. Według wytycznych amerykańskich na każdym 250 nowych pacjentów powinno przypadać jedno urządzenie radioterapeutyczne do teleterapii. Już w 1986 r. na jedno urządzenie przypadało tam 225 pacjentów.

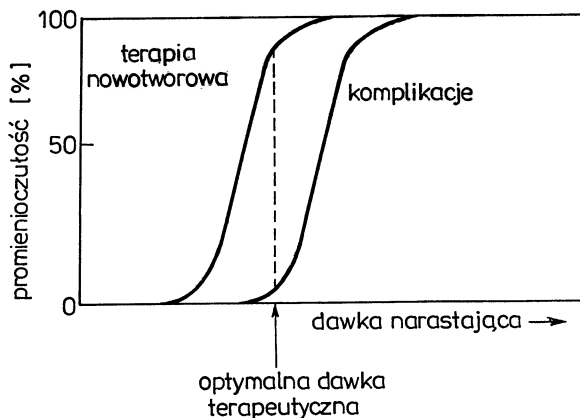
Nie istnieje dokładna statystyka liczby akceleratorów na świecie. Ocenia się, że na ok. 7000 urządzeń połowa, tj. 3500 akceleratorów, stosowanych jest w radioterapii. Na przykład w Japonii, 60% wszystkich akceleratorów stanowią urządzenia radioterapeutyczne. Obecnie kliniki i szpitale japońskie dysponują łącznie 416 akceleratorami. Na liczbę tę składa się 370 akceleratorów liniowych, 35 beta-tronów, 3 mikrotrony oraz 8 cyklotronów medycznych.

W Polsce zainstalowane są obecnie 22 akceleratory radioterapeutyczne oraz 28 bomb kobaltowych w 11 ośrodkach onkologicznych, z tego 19 egzemplarzy to akceleratory produkcji krajowej typu Neptun 10p.

## 2. Rutynowa terapia akceleratorowa

Podstawowe zasady radioterapii można podzielić na strategię i taktykę [7]. W ramach strategii należy, jak wspomniano wyżej, dostarczyć do obszaru nowotworowego odpowiednio dużą dawkę promieniowania, zwykle metodą frakcjonowania (dawka podzielona na mniejsze dawki w czasie), równocześnie starając się zminimalizować napromieniowanie tkanek zdrowych, zwłaszcza w obrębie narządów krytycznych. W ramach taktyki natomiast, należy wykorzystać zalety wynikające z cech fizycznych poszczególnych rodzajów promieniowania, jak również zalety biologiczne, takie jak względna skuteczność biologiczna czy efekt tlenowy (por. rozdz. 3). Należy ponadto zmniejszyć promienioczułość tkanek zdrowych wprowadzając substancje ochronne. Wreszcie należy zoptymalizować cały proces leczenia, kojarząc radioterapię z innymi metodami, takimi jak chirurgia, chemioterapia, immunoterapia, hipertermia (leczenie w podwyższonej temperaturze tkanek) itp.

Jakkolwiek zasady te wydają się proste, ich praktyczna realizacja jest zagadnieniem niezwykle skomplikowanym. Rysunek 3 przedstawia charakterystykę skuteczności oddziaływania dawki promieniowania jonizującego zaabsorbowanej przez nowotwór oraz charakterystykę dla tkanek zdrowych, którą można nazwać



Rys. 3. Charakterystyka skuteczności dawki promieniowania jonizującego zaabsorbowanego przez nowotwór i tkankę zdrową

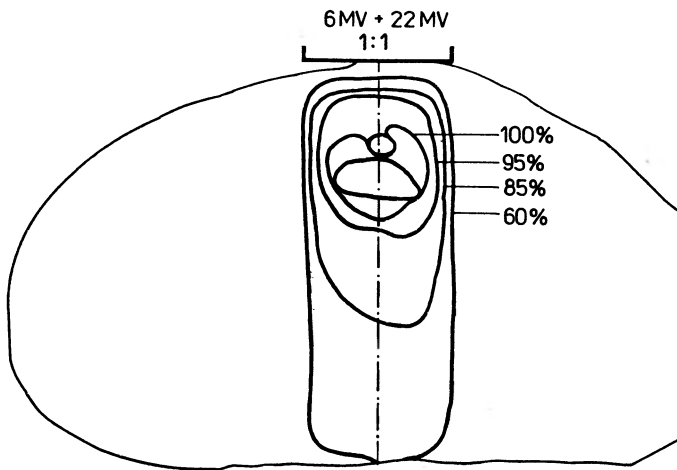
krzywą komplikacji. Trudność polega na tym, że w rzeczywistości obie charakterystyki bywają bardzo zbliżone do siebie jeżeli chodzi o skalę dawek. Powoduje to konieczność bardzo precyzyjnego planowania każdego napromieniowania.

Na podstawie wieloletnich doświadczeń, przyjmując za punkt wyjścia maksymalnie dopuszczalny stopień napromieniowania tkanek zdrowych, ustalono empiryczne procedury. Przewidują one prowadzenie terapii w sposób frakcjonowany: podczas pojedynczego napromieniowania, zwanego seansem, obszar nowotworu poddaje się działaniu dawki 170–200 cGy. Napromieniowania takie są prowadzone przez 4–5 tygodni w ilości 5 seansów tygodniowo. Terapia może być prowadzona metodą statyczną – podczas seansu głowica aparatu terapeutycznego pozostaje nieruchoma względem pacjenta – lub też metodą obrotową, w której głowica akceleratora dokonuje obrotu wokół pacjenta w pełnym kącie  $360^\circ$  lub w kącie cząstkowym (terapia łukowa).

### 2.1. Terapia megawoltowa

Charakterystyki pola promieniowania jonizującego stosowanego w radioterapii wyraża się za pomocą rozkładu tzw. izodoz, mierzonego najczęściej w fantomie, który ma postać prostopadłościanu wykonanego z pleksiglasu i wypełnionego wodą, będącą odpowiednikiem gęstości tkanki. Rysunek 4 przedstawia takie właśnie charakterystyki przy megawoltowej terapii mieszanej 6 MV + 22 MV w przypadku astrocytomy rdzenia kręgowego.

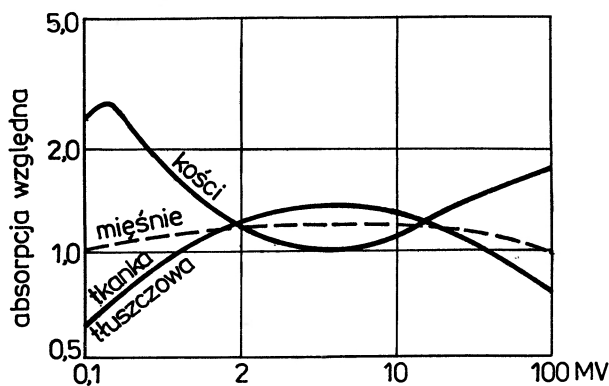
Ogólnie można powiedzieć, że przy zastosowaniu bomby kobaltowej otrzy-



Rys. 4. Rozkład izodoz przy terapii mieszanej 6 MV + 22 MV w przypadku astrocytomy rdzenia kręgowego

mana dawka na głębokości 10 cm w tkance wynosi około 50% dawki maksymalnej, podczas gdy dla promieniowania rentgenowskiego 25 MV na głębokości tej wydziela się ok. 80% dawki maksymalnej. Równocześnie ze wzrostem energii promieniowania rozkład głębokościowy staje się bardziej jednorodny.

Innym korzystnym efektem wzrostu energii promieniowania X jest zmniejszenie się absorpcji względnej dla różnych rodzajów tkanek (rys. 5). Dla zakresu 0.1 – 1.0 MV szczególnie narażona na zniszczenie jest tkanka kostna pochłaniająca znacznie więcej energii od napromieniowanej tkanki nowotworowej.



Rys. 5. Absorpcja względna dla różnych rodzajów tkanek

Tendencja do stosowania coraz to większych energii promieniowania X uwidoczniła się szczególnie na początku lat siedemdziesiątych, kiedy to uruchomiono produkcję akceleratorów 40–50 MV. Początkową euforię ostudziły jednak obserwacje różnych niekorzystnych zjawisk, a przede wszystkim generowanie w tym zakresie energii, zarówno w samym organizmie pacjenta jak i w pomieszczeniu radioterapeutycznym, szkodliwych neutronów. Spowodowało to pewne zmniejszenie zakresów maksymalnych, które obecnie nie przekraczają zwykle 20–25 MV.

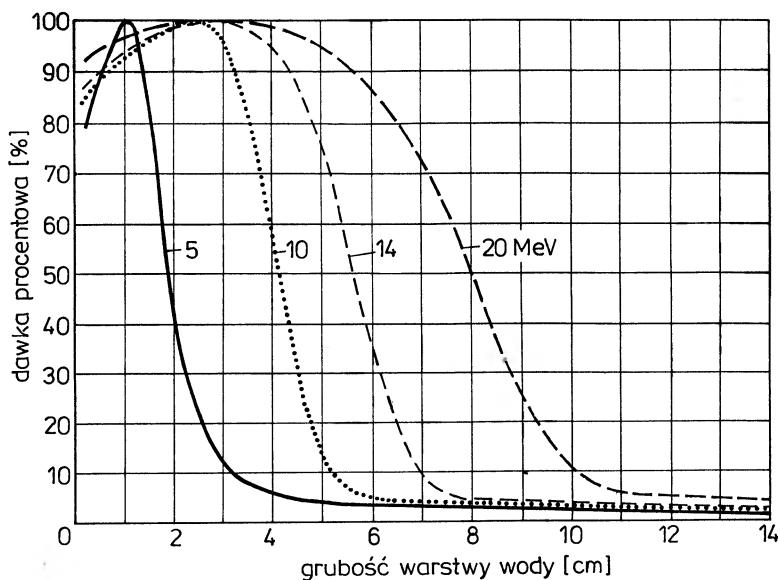
Z aparaturowego punktu widzenia istotną modyfikacją terapii megawoltowej było wprowadzenie terapii wieloenergetycznej. Podczas jednego i tego samego seansu pacjent jest poddawany napromienieniu dawkami promieniowania uzyskanego przy napięciu 6 MV i 22 MV (rys. 4). Stosując odpowiednie proporcje między obu tymi dawkami, można uzyskać charakterystykę głębokościową pośrednią. W akceleratorze przystosowanym do terapii tego rodzaju niezbędna jest szybka zmiana energii generowanego promieniowania X, eliminująca konieczność stosowania dwóch oddzielnych akceleratorów. Parametry urządzeń do terapii megawoltowej zestawiono w tab. 2.

Tabela 2. Parametry urządzeń radioterapeutycznych wykorzystujących promieniowanie X i gamma [7]

Źródło promieniowania	Parametry wiązki	Zalety	Wady
lampa rentgenowska	promienie X 10–100 kV terapia powierzchniowa	mała dawka głębokościowa dla zmian powierzchniowych	duże rozproszenie boczne
lampa rentgenowska	promienie X 180–450 kV terapia głęboka	wzrost dawki dla zmian głębszych lub w warstwach grubszych	duża dawka skórna, duże rozproszenie boczne, mała przydatność do terapii głębokiej
akcelerator Van de Graaffa	promienie X 1–2 MV	zmniejszenie dawki naskórnej, wzrost dawki głębokościowej, zmniejszenie rozproszeń bocznych, mniejsze półcienie	urządzenie trudne do manewrowania, trudności z terapią w pozycji innej niż pozioma lub pionowa
źródło radioizotopowe	promienie gamma $^{60}\text{Co}$ 1.17 i 1.33 MeV teleterapia	zmniejszenie dawki naskórnej, konstrukcja izocentryczna, rozkład dawki głębokościowej jak dla X 1–2 MV	duże półcienie, zmniejszenie nateżenia wskutek rozpadu izotopu
akcelerator liniowy w.cz. (elektronowy)	promienie X 4–16 MV	zmniejszenie dawki naskórnej, lepszy rozkład głębokościowy, konstrukcja izocentryczna, małe półcienie i rozproszenia boczne, duża moc dawki	dawka głębokościowa mniejsza niż dla promieniowania o większej energii
akcelerator liniowy w.cz. (elektronowy)	promienie X 20–35 MV	podobne jak dla 4–16 MV, wzrost dawki głębokościowej	wysoki koszt, indukowanie neutronów u pacjenta i w pomieszczeniu
betatron		podobnie jak dla akceleratora liniowego	podobne jak dla akceleratora liniowego, mniejsza moc dawki, gorsza mobilność

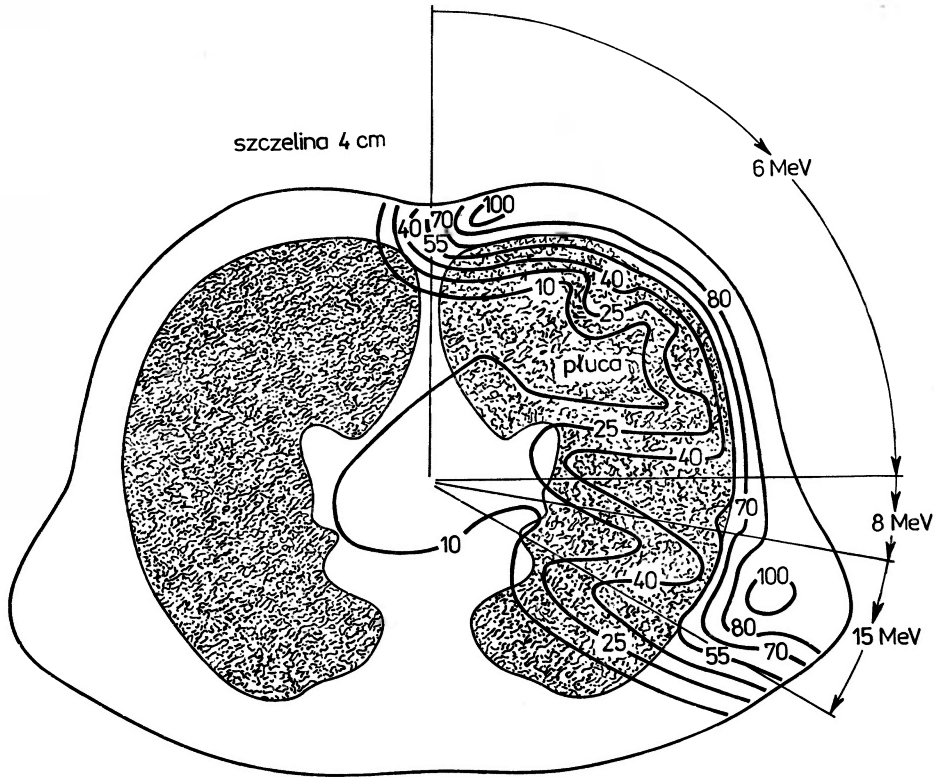
## 2.2. Terapia elektronowa

Radioterapię można prowadzić wykorzystując bezpośrednio wiązki przyspieszonych elektronów. W zakresie stosunkowo niewielkich energii 5–10 MeV wiązki te charakteryzuje ostro zarysowane maksimum i szybki spadek dawki głębokościowej (rys. 6). Przy większych energiach charakter krzywej głębokościowej upodabnia się bardziej do analogicznych przebiegów dla wiązek gamma lub X. Ocenia się, że spośród wszystkich pacjentów poddawanych radioterapii około 18–25% leczonych jest przy udziale wiązek elektronowych [8]. Są one stosowane zarówno samodzielnie, jak również w kombinacji z wiązkami X lub gamma, generowanymi odpowiednio przez akceleratory i bomby kobaltowe. Według danych francuskich [9], obecnie 25% wszystkich napromieniowań z udziałem wiązek elektronowych odbywa się tylko przy zastosowaniu elektronów; reszta tych napromieniowań ma charakter mieszany. Zgodnie z danymi Instytutu Gustawa Roussy w Paryżu w 1984 r. napromieniowano tam 9.5% pacjentów energiami poniżej 8 MeV, 83% – energiami w zakresie 8–13 MeV, zaś 6% – energiami od 16 do 22 MeV. Na energie powyżej 22 MeV przypadało zaledwie 1.5% pacjentów.



Rys. 6. Rozkłady dawek głębokościowych (w fantomie wodnym) dla wiązek elektronów o energiach 5, 10, 14 i 20 MeV

Podobnie jak w terapii rentgenowskiej, stosuje się napromieniowania elektronami o zróżnicowanych energiach (rys. 7). Przydatność wiązek elektronowych do leczenia konkretnych przypadków klinicznych przedstawia tab. 3.



Rys. 7. Rozkład izodoz w terapii obrotowej przy napromieniowaniu przedniej ściany klatki piersiowej elektronami 6, 8 i 15 MeV [11]

### 2.3. Akceleratory wieloenergetyczne

Charakterystyczną cechą obecnie stosowanej radioterapii jest wytwarzanie dokładnie określonych pól napromieniowania za pomocą różnych energii i rodzajów promieniowania. Według niedawno opublikowanych danych z obszaru dużego miasta (Filadelfia, USA) 71% pacjentów leczono za pomocą niskoenergetycznych promieni X, zaś 23% – promieni X o wysokich energiach. Terapię elektronową stosowano u 18% wszystkich pacjentów, z których 12% miało terapię mieszaną, a pozostałe 6% – tylko terapię elektronową [10]. Zarówno dla pacjenta jak i dla radioterapeuty byłoby rzeczą najwygodniejszą stosować całą terapię w czasie jednego seansu przy użyciu jednego akceleratora. Dlatego też projektanci akceleratorów od dawna starają się skonstruować urządzenie, które działałoby w szerokim zakresie energii i miało możliwość szybkiego przełączania wiązek elektronów na wiązki fotonowe [11].

sprawy dotyczące środowiska, do których rozwiązania nauka może jeszcze bardzo wiele wnieść. Dlatego wielu ludzi przechodzi od fizyki czystej do stosowanej, szczególnie do fizyki środowiska. Uważam, że to bardzo dobrze. Jestem przekonany, że w następnym stuleciu procent naukowców, szczególnie fizyków, którzy uprawiają badania czyste, stanie się znacznie mniejszy niż obecnie, a to dlatego, że uwaga będzie, i powinna, skupiać się na problemach środowiska, które muszą zostać rozwiązane.

SU – Czy nie powstaje niebezpieczeństwo, że przez nagłe, przesadne odchylenie od fizyki czystej oddalimy się od podstaw?

VW – To jest możliwe i wydaje mi się, że już widać pewne objawy takiego procesu. Na przykład, dzisiaj znacznie trudniej jest uzyskać pomoc finansową rządów dla fizyki czystej. Z drugiej jednak strony, zastanawiam się, czy to nie jest całkiem rozsądne, gdyż stoimy przed bardzo trudnymi problemami, nie wchodzącymi w zakres czystej nauki. W wielkiej mierze są one uwarunkowane stosunkami socjologicznymi, politycznymi, psychologicznymi, a przede wszystkim ekonomicznymi. Pomimo to, są tu wielkie zadania do wypełnienia przez fizykę i chemię, którą zaliczylibym do fizyki. Cały bilans dwutlenku węgla jeszcze nie jest porządnie zbadany, to samo dotyczy zanieczyszczeń atmosfery i wód, a także wielu innych problemów, które uważam za całkiem ważne. I dlatego sądzę, że kierunek ku fizyce stosowanej nie jest taki zły.

SU – Pan zawsze troszczył się o popularyzację fizyki i działał Pan w tym kierunku przez odczyty i pisanie książek dla niefachowców. Czy nie istnieją tu nadal wielkie braki?

VW – Stosunek do fizyki, czy w ogóle do nauki nie jest zbyt dobry ani w Europie ani w Ameryce. Nauczanie fizyki czy w ogóle nauk ścisłych mogłoby być o wiele lepsze. Byłoby ważne, aby całe społeczeństwo rozumiało osiągnięcia naukowe, a co najmniej wagę sposobu rozumowania naukowego. Istnieje dzisiaj tendencja odbierania nauki jako czegoś szkodliwego. Trzeba się temu przeciwstawiać przez odpowiednie wychowanie. Już dzieci w zabawie, przez własne eksperymentowanie, powinny zacząć się tym interesować. To znaczy, że nauczyciel powinien obudzić zainteresowanie zanim zacznie przekazywać wiedzę. Gdy uczeń jest tylko napychany faktami, to ginie istota nauczania: *aktywne* zajmowanie się nauką.

SU – W związku z tym przychodzi na myśl Pana powiedzenie „Popieram elity, które są potrzebne do intelektualnego ukierunkowania”.

VW – Rola osobowości jest niesłychanie ważna. Mam takie uczucie, że dziś jest mniej indywidualności niż dawniej, chociaż ludzi jest więcej. A szkoda, bo to ma związek z dzisiejszą kulturą. Nie popiera się dążenia aby być innym niż człowiek przeciętny, przeciwnie – nie jest to dobrze widziane. Dawniej w nauce,



przez cząstkę na jednostkę długości drogi, czyli do tzw. liniowego współczynnika przekazywania energii (LET – Linear Energy Transfer). Wartość tego współczynnika wyraża się podając najczęściej stratę energii w keV na odległości  $1 \mu\text{m}$ . Na przykład promieniowanie X (200 kV) ma  $\text{LET} = 3 \text{ keV}/\mu\text{m}$ , a dla protonów o energii 130 MeV  $\text{LET} = 0.6 \text{ keV}/\mu\text{m}$ . Współczesna technika przyspieszania ciężkich jonów od helu ( $Z = 2$ ) do uranu ( $Z = 92$ ), którym można obecnie nadawać energie jednostkowe w zakresie od 1 do 1000 MeV/nukleon, umożliwia generowanie promieniowania o współczynniku LET sięgającym od 10 do 16 000 keV/ $\mu\text{m}$ .

Tabela 4. Niekonwencjonalne terapie akceleratorowe [12]

Cząstki	Liczba pacjentów	Liczba ośrodków
Neutrony	15 000	20
Protony	12 000	14
Piony	1000	3
Ciężkie jony	2450	1

Różnice w oddziaływaniu promieniowania różnego rodzaju (prom. X, elektrony, ciężkie jony) przy tej samej dawce fizycznej uwzględnia się za pomocą wskaźnika względnej skuteczności biologicznej (RBE – Relative Biological Efficiency) lub współczynnika jakości  $Q$ . Dla RBE poniżej  $3.5 \text{ keV}/\mu\text{m}$ ,  $Q = 1$ , dla  $\text{RBE} = (3.5-7) \text{ keV}/\mu\text{m}$ ,  $Q = 1-2$ , zaś dla  $\text{RBE} = (53-175) \text{ keV}/\mu\text{m}$ ,  $Q = 10-20$ .

Uszkodzenie tkanek na skutek napromieniowania promieniami X, gamma lub jonami przy niedostatku tlenu zachodzi kilkakrotnie słabiej niż przy normalnej jego zawartości; gdy brakuje tlenu, jony rekombinują prawdopodobnie szybciej, aniżeli następuje porażenie komórek. To występowanie tzw. efektu tlenowego powoduje, że ubogie w tlen centralne części nowotworów są bardziej odporne na napromieniowanie jonizujące niż otaczające je tkanki zdrowe. Wartość względnego efektu tlenowego (OER), wyrażonego stosunkiem efektów biologicznych dla komórek zwykłych oraz dla komórek ubogich w tlen, zależy w znacznym stopniu od współczynnika LET.

Zastosowanie nowych rodzajów promieniowania jonizującego stanowi dziś jedną z najbardziej obiecujących metod zwiększenia skuteczności radioterapii. Rozważając sprawę niekonwencjonalnych terapii należy wziąć pod uwagę nastę-

pujące czynniki [13]:

- wiązki cząstek, które polepszają fizyczną wybiórczość napromieniowania, tzn. rozkład dawki (np. wiązki protonów lub jonów helu);
- rodzaje promieniowania o wysokim współczynniku LET (np. neutrony), które powodują powstanie różnych rodzajów efektów biologicznych, co daje w rezultacie polepszenie zróżnicowanego napromieniowania tkanki nowotworowej i tkanki zdrowej;
- oba te czynniki wzięte razem w celu uzyskania wysokiego stopnia wybiórczości fizycznej przy wysokim współczynniku LET (np. ciężkie jony).

Idealny rozkład głębokościowy powinien mieć kształt zbliżony do impulsu prostokątnego, to znaczy podstawowa część energii powinna wydzielać się w obszarze nowotworu, podczas gdy energia zaabsorbowana przez tkanki położone przed oraz za nowotworem powinna mieć wartość możliwie zbliżoną do zera. Niestety, rozkłady dla promieniowania X oraz dla wiązek elektronów stosowanych w radioterapii odbiegają znacznie od tego ideału.

Stosując natomiast cząstki cięższe od elektronów można uzyskać rozkłady bardziej zbliżone do idealnego. Poza promieniowaniem neutronowym, wszystkie cząstki wykazują charakterystyczne *plateau* [14]. Jeżeli chodzi na przykład o wiązkę pionów, to cechą charakterystyczną jest jej oddziaływanie z tkanką poprzez stosunkowo nieznaczne rozpraszanie na początkowym odcinku toru, gdzie piony tracą energię przede wszystkim na jonizację. Pod koniec zasięgu piony są wychwytywane przez jądra atomów węgla, tlenu i wodoru zawarte w tkance nowotworowej. Po krótkim czasie następuje ich absorpcja, po czym powstają jądra wzbudzone. Emitują one cząstki alfa, protony, ciężkie jony albo szybkie neutrony, bądź też ulegają rozszczepieniom na krótkozasięgowo i silnie jonizujące ciężkie fragmenty. W rezultacie tych przemian jądrowych pod koniec toru pionów powstaje stosunkowo duża dawka promieniowania, którą można skutecznie wykorzystać do celów terapeutycznych.

### 3.1. Neutrony

Liczba nowotworów, które ze względu na swoją niską promienioczułość lub inaczej radiooporność (konieczność zastosowania dawki niszczącej nie tylko tkankę nowotworową ale i otaczające tkanki zdrowe) nie mogą być skutecznie napromieniowane metodami konwencjonalnymi, to znaczy wysokoenergetycznymi elektronami lub promieniami X, stanowi około jedną trzecią wszystkich przypadków. Ponieważ neutrony wykazują wartości liniowego współczynnika przekazywania energii LET oraz względnej skuteczności biologicznej RBE znacznie większe od odpowiednich wartości dla wspomnianych wyżej promieniowań konwencjonalnych, pierwsze próby radioterapeutycznego zastosowania neutronów podjęto bardzo

wcześniej, tj. przeszło pięćdziesiąt lat temu. W 1938 r. Robert S. Stone z Uniwersytetu Kalifornijskiego napromieniował łącznie 226 pacjentów z zaawansowanymi postaciami raka za pomocą neutronów otrzymywanych podczas bombardowania tarczy berylowej deuteronami przyspieszonymi do energii 8 MeV. W 1939 r. zwiększył on energię deuteronów do 16 MeV, ale doszedł do wniosku, że wyniki były niezadowalające, gdyż u wielu pacjentów wystąpiły komplikacje w wyniku terapii [15]. Na początku lat sześćdziesiątych za pomocą medycznego cyklotronu zainstalowanego w londyńskim Hammersmith Hospital rozpoczęto szczegółowe badania radiobiologiczne, które doprowadziły do wznowienia terapii guzów głowy i szyi za pomocą szybkich neutronów w latach 1966–69. W 1969 r. M. Catterall napromieniowywała około 700 pacjentów uzyskując zachęcające wyniki.

Jak dotąd poddano radioterapii szybkimi neutronami ponad 15 000 pacjentów w przeszło 20 ośrodkach, głównie w USA, Europie i Japonii [12]. Uważa się, że terapia neutronowa jest najskuteczniejszą formą leczenia wielu rodzajów nowotworów, z wyjątkiem nowotworów mózgu (tab. 5). Przeszkodę na drodze do szerszego upowszechnienia tej terapii stanowią na razie większe koszty w porównaniu z metodami konwencjonalnymi.

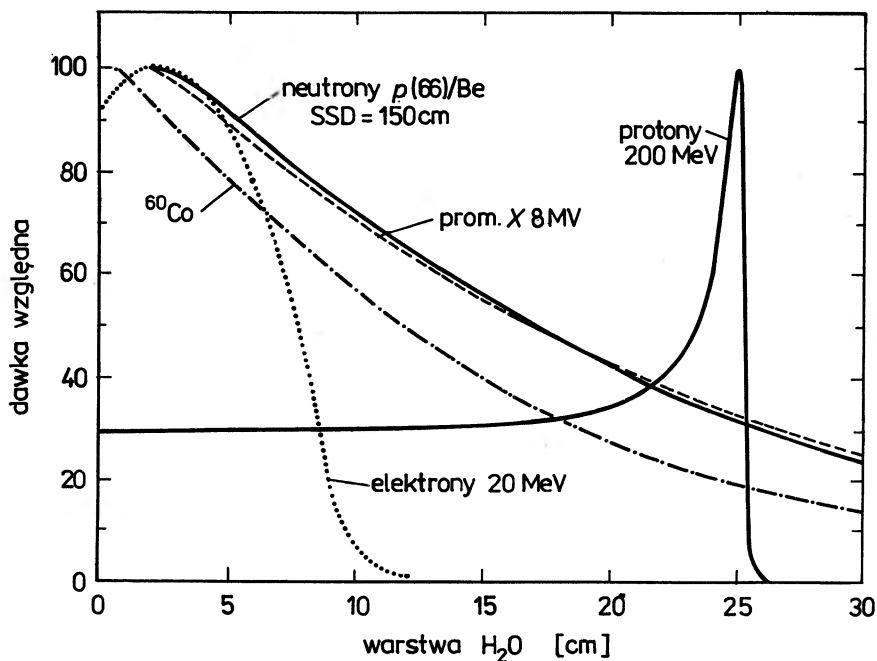
Tabela 5. Kliniczne zastosowania neutronów, protonów, pionów i ciężkich jonów [12]

Szybkie neutrony	Nieoperowalne guzy ślinianek Wysoko zróżnicowany wolno rozwijający się mięsak tkanki miękkiej Lokalnie powiększony gruczolakorak prostaty
Protony	Akromegalia Zespół Nelsona Retinopatia na tle cukrzycy Choroba Cushinga Zaburzenia tętniczożylnne w mózgu Czerniak jagodówkowy Mięsaki podstawy czaszki (duże pola)
Piony	Astrocytoma Raki prostaty
Ciężkie jony	Zaawansowana postać nowotworów ślinianek Guzy zatok przynosowych Wolno rozwijające się mięsaki: mięsak tkanki miękkiej, mięsak kości, chordomas, rak prostaty

## 3.2. Protony

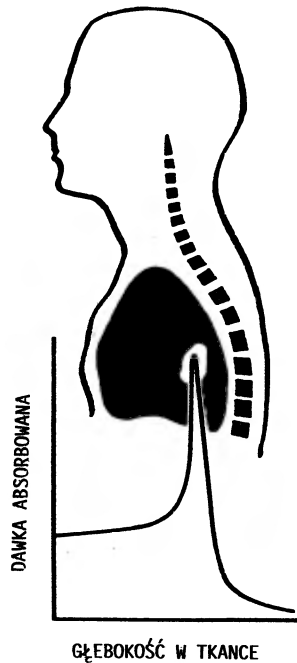
Możliwość zastosowania protonów o wysokich energiach w radioterapii rozważał już R. Wilson w 1946 r. [16]. Pierwsze napromieniowania rozpoczęły się jednakże dopiero w roku 1957 przy użyciu synchrocyclotronu w Uppsali (Szwecja).

Jak wspomnieliśmy uprzednio, nowotwory charakteryzują się różnym stopniem radiooporności na promieniowanie jonizujące. Gdyby można było z góry przewidzieć, że dany typ guza będzie oporny na leczenie konwencjonalnymi metodami radioterapii, wówczas od razu należałoby zastosować inną strategię o większym prawdopodobieństwie skuteczności. I tak, wiedząc że protony o wysokich energiach oraz ciężkie jony mają podobne własności fizyczne, a masy znacznie większe od masy elektronu, można przewidywać, że przechodząc przez materię będą one ulegać małemu rozproszeniu i w rezultacie pola radioterapeutyczne będą się charakteryzować mniejszym półcieniem. Rozkłady głębokościowe dla protonów (rys. 8) różnią się całkowicie od rozkładów dla fotonów, elektronów czy nawet neutronów. Charakterystyka głębokościowa dla protonów, zwana czasem krzywą



Rys. 8. Rozkłady dawek głębokościowych dla monoenergetycznej wiązki protonów o energii 200 MeV, fotonów z rozpadu <sup>60</sup>Co, promieniowania hamowania 8 MV i neutronów z reakcji (p, <sup>66</sup>Be) w fantomie wodnym [17]

Bragga, pokazuje, że energia cząstki przechodzącej przez tkankę jest częściowo zaabsorbowana blisko warstw powierzchniowych (obszar *plateau*), zaś charakterystyczne maksimum, tzw. maksimum Bragga, występuje w pobliżu końca toru protonu lub ciężkiego jonu. Tak więc poza maksimum dawka gwałtownie spada, co oczywiście z punktu widzenia radioterapii jest wielką zaletą. Na rysunku 9 pokazana jest schematycznie krzywa Bragga wewnątrz ciała. Łatwo widać, że można dokładnie umiejscowić maksimum Bragga wewnątrz obszaru napromieniowanego, na przykład wewnątrz płuc, w których znajduje się guz nowotworowy. Dawka poza tym obszarem jest niewielka i dlatego organy krytyczne leżące dalej od tego obszaru, jak np. rdzeń kręgowy, są ochronione. Dawka na wejściu w głąb ciała jest również mała w porównaniu z dawką maksymalną.



Rys. 9. Krzywa i maksimum Bragga w ciele pacjenta (schemat) [18]

Jony cięższe, od węgla aż do argonu, powodują wysoką gęstość jonizacji, czyli wspomniany wcześniej współczynnik względnej skuteczności biologicznej (RBE) wzrasta, zaś względny efekt tlenowy (OER) maleje. Ten ostatni czynnik ogranicza skuteczność terapii w przypadku słabo unaczynionych guzów, których komórki są słabiej utlenione i dlatego mniej czułe na promieniowanie.

Ponieważ maksymalna szerokość maksimum Bragga dla protonów i innych ciężkich jonów wynosi tylko kilka milimetrów dla stosowanych energii

(7–250 MeV), jedynie mały obszar, a więc i mały wymiarowo guz nowotworowy może zostać napromieniowany równomiernie. Jednakże guzy, które spotyka się w terapii stosującej ciężkie jony są zwykle znacznie większe, dlatego też obszar napromieniowania należy odpowiednio dopasować za pomocą biernej lub czynnej zmiany energii jonów. Metoda ta nosi nazwę modulacji energii. W terapii protonowej stosuje się zwykle górną energię 250 MeV, co odpowiada zasięgowi w wodzie około 38 cm. Minimalna energia natomiast ma wartości zbliżone do 70 MeV, co zapewnia zasięg około 4 cm.

Istnieje na świecie coraz więcej ośrodków, których celem jest leczenie coraz większej liczby pacjentów nowotworowych za pomocą protonów. Jeden z największych ośrodków, w których realizuje się program leczenia za pomocą protonów, znajduje się w Loma Linda University Medical Center w Los Angeles (USA). Ośrodek ten napromieniowuje około 1000 nowych pacjentów rocznie. Największym na świecie ośrodkiem terapii protonowej, w którym zrealizowano około 50% wszystkich dotychczasowych napromieniowań, jest amerykańskie Harvard Cyclotron Laboratory [16].

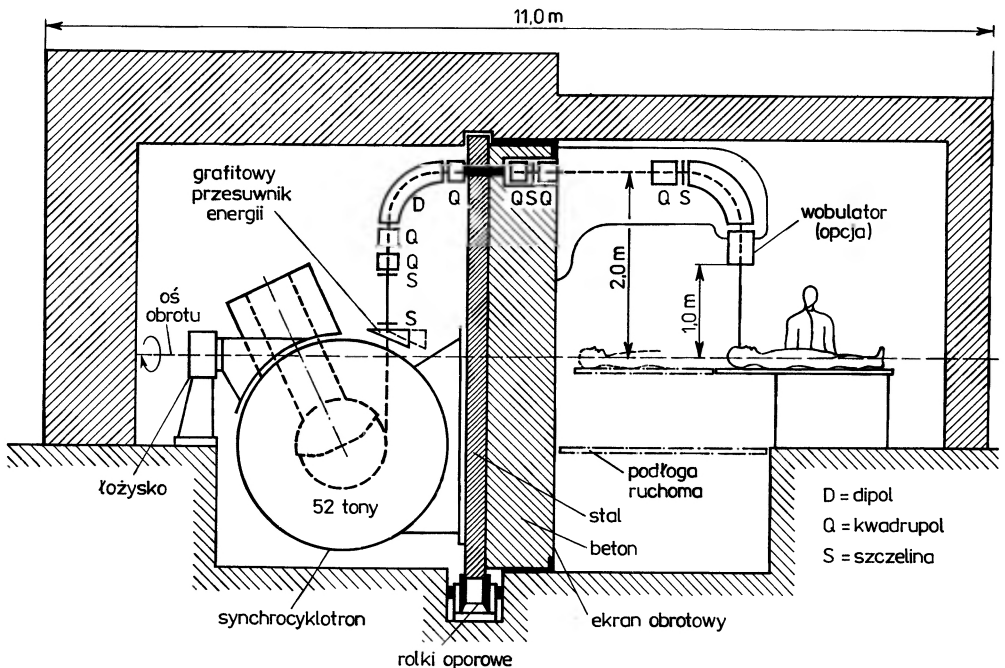
Obecnie w praktyce klinicznej spotyka się dwa główne zakresy energii wiązek protonowych. Są to protony o względnie niskich energiach ( $E \leq 80$  MeV) stosowane szczególnie do leczenia nowotworów gałki ocznej, gdzie pole napromieniowywane nie przekracza  $10 \text{ cm}^2$ , oraz protony o wyższej energii ( $E \geq 150$  MeV) stosowane do leczenia guzów położonych głęboko przy małych lub dużych polach napromieniowania.

W terapii protonowej wykorzystywane są głównie synchronocyklotrony; ośrodki w Moskwie i Japonii stosują synchrotrony protonowe. Pierwsza generacja akceleratorów używanych w radioterapii protonowej była budowana z przeznaczeniem do badań fizycznych. Dlatego przystosowanie tych akceleratorów do radioterapii protonowej wymagało często skomplikowanych zabiegów technicznych. W miarę wzrostu zainteresowania tym rodzajem terapii, niektóre ośrodki przebudowały całkowicie kompleks akceleratorowy, wydzielając znaczną jego część wyłącznie do radioterapii. Najlepszym przykładem jest tu szwedzki Instytut Gustafa Wernera w Uppsali, bardzo zasłużony w rozwoju terapii protonowej [19]. Akceleratory drugiej generacji stanowią kanały protonowe dobudowane zwykle do cyklotronów medycznych, przeznaczonych pierwotnie do produkcji radioizotopów i terapii neutronowej.

Akcelerator szpitalny do terapii protonowej powinien dostarczać wiązki przyspieszonych protonów o energii do 250 MeV. Duże znaczenie ma łatwa regulacja tej energii w szerokim zakresie ze względu na konieczność modyfikacji rozkładu głębokościowego, a także szybkość dokonywania tej regulacji. Ażeby w objętości  $1000 \text{ cm}^3$  wytworzyć moc dawki rzędu kilku Gy/min, niezbędne jest natężenie

wiązki około  $10^{10}$  protonów na sekundę. Na obecnym etapie rozwoju techniki przyspieszania protonów spełnienie tych wymagań nie nastęrcza większych trudności, protony bowiem stanowią drugą po elektronach grupę cząstek przyspieszanych najczęściej. Uwzględnienie innych wymagań umożliwiających przekształcenie akceleratora protonowego w akcelerator medyczny jest jednak znacznie trudniejsze. Chodzi tu przede wszystkim o problem wymiarów, ciężaru, zabezpieczenia przed promieniowaniem itp., czyli w sumie – o problem wysokich kosztów.

Podstawową trudnością budowy nowoczesnego synchrotronu w postaci szpitalnej jest konieczność zastosowania dużego i ciężkiego elektromagnesu. Ażeby trudność tę wyeliminować, opracowano projekt takiego synchrocyclotronu wyposażonego w magnesy nadprzewodzące. Na rysunku 10 przedstawiono taką nowoczesną konstrukcję opracowaną w National Superconducting Cyclotron Laboratory w Michigan State University (USA) [20]. Inne rozwiązanie zastosowane w USA do budowy szpitalnego akceleratora protonowego, w którym wykorzystano doświadczenie Argonne National Laboratory, ma na celu zbudowanie synchrotronu do przyspieszania jonów  $H^-$  [21]. Uniwersytet Kalifornijski planuje



Rys. 10. Urządzenie do terapii protonowej przy zastosowaniu synchrotronu z magnesami nadprzewodzącymi, Nat. Superconducting Cyclotron Laboratory, Michigan, USA [20]

zbudowanie ośrodka terapii protonowej jako części swego Centrum Rakowego w Sacramento [22].

Wydaje się więc, że choć koszt terapii za pomocą protonów, neutronów lub ciężkich jonów znacznie przewyższa koszt terapii konwencjonalnych za pomocą promieni X lub elektronów, terapia protonowa ma obecnie szczególne szanse rozwoju.

### 3.3. Piony

Ujemne naładowane piony ( $\pi^-$ ), podobnie jak i inne wysokoenergetyczne cząstki naładowane, wykazują charakterystyczny dla tej rodziny cząstek przebieg głębokościowego rozkładu dawki. Ponieważ energia spoczynkowa pionu wynosi około 139 MeV, znaczna część tej energii jest pochłaniana w obszarze oddziaływania wzajemnego w postaci energii krótkozasięgowych naładowanych cząstek wtórnych, wywołujących dużą gęstość jonizacji. Jeżeli chodzi o względną skuteczność biologiczną (RBE), to piony jako cząstki o średnich wartościach współczynnika LET plasują się w grupie takich jonów jak He oraz C, dla których wartości RBE są mniejsze niż 2.

Jakkolwiek koncepcja radioterapeutycznego zastosowania pionów została wysunięta przez P.H. Fowlera i D.H. Perkinsa już w 1961 r., to jednak realizacja zastosowań klinicznych stała się dopiero możliwa po opracowaniu akceleratorów, które umożliwiałyby osiągnięcie natężenia wiązki o energii 60 do 80 MeV ok.  $10^7 - 10^8$  pionów na sekundę. Natężenia wiązek pierwszych akceleratorowych generatorów pionów kształtowały się bowiem na poziomie  $10^5$  pionów/s. Dopiero we wczesnych latach siedemdziesiątych, kiedy uruchomiono tzw. fabryki mezonów, powstały realne możliwości terapii pionowej. Typowa fabryka mezonów powinna umożliwiać przyspieszanie protonów w zakresie energii 500–1000 MeV, przy natężeniu wiązki rzędu kilkuset  $\mu\text{A}$ . Do wytworzenia pionów o wspomnianej energii 139 MeV podczas zderzeń p-p energia kinetyczna protonu inicjującego powinna bowiem wynosić 290 MeV. Szczególnie istotne jest duże natężenie wiązki, ponieważ np. przy energii protonów 700 MeV jeden pion powstaje na około  $10^6$  wzajemnych oddziaływań w tarczy węglowej.

Pierwsze napromieniowywania za pomocą pionów rozpoczęto w 1974 r. w Los Alamos (USA), a obecnie leczenie tego rodzaju prowadzone jest w takich fabrykach mezonów jak instytut PSI (Szwajcaria) oraz TRIUMF (Kanada).

### 3.4. Ciężkie jony

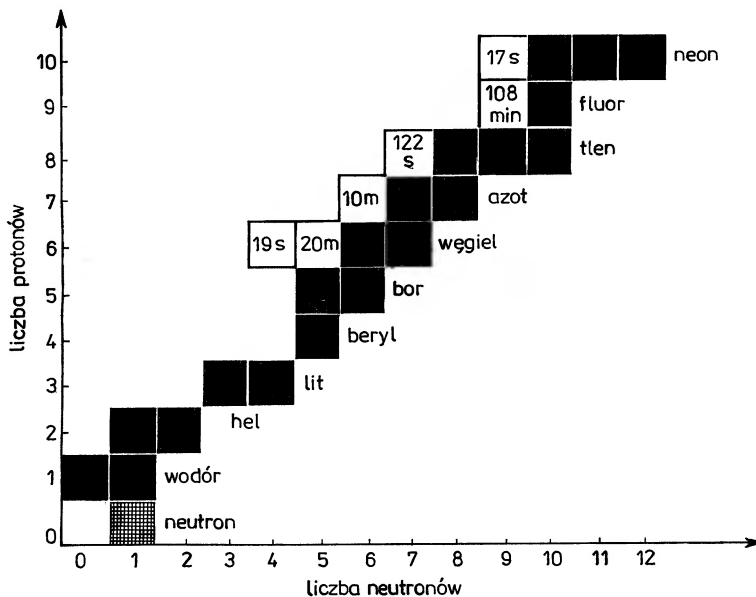
Fowler był również pierwszym, który rozważał możliwość wykorzystania ciężkich jonów w radioterapii już w 1946 r. Pierwsze napromieniowania rozpoczęto w 1957 r. w Berkeley (USA) z użyciem jonów helowych. Obecnie wykorzystuje



się w tym ośrodku do terapii jony neonu, krzemu i argonu. Ocenia się, że liczba pacjentów napromieniowanych ciężkimi jonami przekroczyła 2500 osób.

Obecnie stosowane akceleratory stwarzają możliwość przyspieszania prawie wszystkich jonów, włącznie z uranem. Z klinicznego punktu widzenia, najbardziej interesującą i najważniejszą grupę jonów stanowią jony lekkie, do argonu włącznie. Szczególne wymagania, jakie stawia się przed akceleratorami przeznaczonymi do radioterapii za pomocą ciężkich jonów, związane są z koniecznością zapewnienia dużej łatwości działania. Trzeba mieć możliwość szybkiej zmiany rodzaju i energii jonów, jak również przejścia od jonów izotopów stabilnych do radioaktywnych.

Rysunek 11 pokazuje listę jonów, które mogą mieć zastosowanie w radioterapii, począwszy od protonów ( $Z = 1$ ) do neonu ( $Z = 10$ ). W niektórych zastosowaniach bierze się również pod uwagę krzem. Poza jonami trwałymi, przedstawionymi na rys. 11 przez czarne kwadraciki, dużym zainteresowaniem cieszą się również radioizotopy przedstawione przez białe kwadraciki. Na przykład,  $^{11}\text{C}$  i  $^{19}\text{Ne}$  otrzymuje się przez bombardowanie tarczy berylowej wiązką stabilnych  $^{12}\text{C}$  i  $^{20}\text{Ne}$ . Wiązki radioizotopowe mają szczególne znaczenie diagnostyczne, ponieważ umożliwiają one dokładną lokalizację maksimum Bragga. Można je również wykorzystywać w terapii radiacyjnej, gdyż stanowią nieinwazyjną metodę wpro-



Rys. 11. Tablica jonów możliwych do zastosowania w radioterapii (czarne kwadraciki oznaczają jony trwałe, zaś białe – jony radioaktywne) [23]

wadzenia radioizotopów do uprzednio wybranego obszaru ciała. Zasięg lekkich jonów w tkance, zależnie od energii, leży zwykle między 4 i 30 cm.

Jedyny ośrodek na świecie poświęcony terapii za pomocą ciężkich jonów znajduje się w Lawrence Berkeley Laboratory (USA) [24]. Intensywne prace prowadzi się obecnie nad programami radioterapii za pomocą ciężkich jonów w dwóch ośrodkach. Pierwszym jest Medical Heavy Ion Therapy Project w GSI w Darmstadcie (Niemcy) [25] gdzie obecnie rozpoczyna pracę nowy synchrotron ciężkich jonów. Przyspiesza on jony do maksymalnej energii 2 GeV/nukleon przy natężeniu wiązki  $10^8$  do  $10^9$  jonów/s. Najbardziej zaawansowanym projektem jest japoński HIMAC (Heavy Ion Medical Accelerator), który zostanie uruchomiony w 1994 r. [26].

#### 4. Podsumowanie

Główną zaletą obecnie stosowanych terapii niekonwencjonalnych za pomocą protonów, neutronów, pionów i ciężkich jonów w porównaniu z terapią fotonową lub elektronową jest to, że otrzymuje się rozkłady dawek głębokościowych, które lepiej odpowiadają kryteriom klinicznym. Ponadto, czasy napromieniowań dla małych guzów wewnątrzczaszkowych można skrócić do około jednego tygodnia w porównaniu do sześciu lub ośmiu tygodni w terapii konwencjonalnej (rutynowej); większe guzy nowotworowe leczy się metodą dawek frakcjonowanych na podobieństwo terapii promieniami X.

Terapia protonowa staje się obecnie coraz częściej stosowaną formą terapii dla wspomnianych uprzednio postaci nowotworów. Natomiast inne formy radioterapii niekonwencjonalnych pozostają w dalszym ciągu w sferze doświadczeń. Jak dotąd, szersze zastosowanie tego rodzaju napromieniowań ograniczone jest trudnościami metodologicznymi, i przede wszystkim – brakiem tanich szpitalnych akceleratorów, które wytwarzałyby różne rodzaje wiązek.

Ogólnie biorąc, dobre wyniki radioterapii protonowej i jonowej wsparły tendencję do rozwoju terapii niekonwencjonalnej w szpitalach onkologicznych. To z kolei prowadzi do opracowania medycznych akceleratorów protonowych i jonowych. National Cancer Institute z National Institutes of Health w USA finansuje obecnie badania nad drugą generacją ośrodków terapii protonowej na bazie szpitalnej. Do tego celu wybrano Massachusetts General Hospital w Bostonie i Davis Medical Center w Uniwersytecie Kalifornijskim w Sacramento.

W tym krótkim przeglądzie akceleratorów medycznych stosowanych w radioterapii z konieczności poruszono tylko najważniejsze problemy, ale autorzy mają nadzieję, że Czytelnik uzyskał ogólny obraz obecnej sytuacji i zapoznał się z

perspektywami rozwojowymi w tej dziedzinie na tle niektórych osiągnięć z przeszłości. Tematyce tej poświęcona jest monografia, która ukazała się pod koniec 1993 r. w wersji polskiej [27] oraz w rozszerzonej wersji amerykańskiej [28].

### Literatura

- [1] B. Sanyal, S.R. Shastri, A. Verma, W. Andrabi, M. Abbas, S.K. Kaul, *Nucl. Instrum. Meth. B* **40/41**, 1345 (1989).
- [2] M.D. Schutz, *Am. J. Roentgenology* **124**, 5411 (1975).
- [3] W.F. Hanson, *IEEE Trans. Nucl. Sci.* **NS-30**, 1781 (1983).
- [4] D.W. Kerst, *Radiology* **40**, 115 (1943).
- [5] C.W. Miller, *Brit. J. Radiology* **58**, 213 (1985).
- [6] W.H. Sutherland, *Brit. J. Clin. Equipment* **?**, 197 (1978).
- [7] J.R. Stewart, *IEEE Trans. Nucl. Sci.* **NS-26**, 2992 (1979).
- [8] S. Klevenhagen, *Brit. J. Radiology, Supplement* **22**, 34 (1988).
- [9] P. Bey, D. Langlois, *J. Eur. Radiother.* **7**, 129 (1986).
- [10] C. Nunan, *Proc. Varian Twelfth Users Meeting*, Pebble Beach, California, May 1-3 (1988).
- [11] F. Voogt, „Computer based equipment enables the development of new radiotherapy techniques”, *8th Congress of the Polish Society of Medical Physics*, Sept. 1989, Poznań, Poland.
- [12] M.R. Raju, „Particle therapy”, *The 2nd Int. Summer School 'Physics in Radiotherapy'*, Aug. 26 – Sept. 3, 1993, Warsaw.
- [13] A. Wambersie, „Radiobiological and clinical bases of particle therapy (review)”, *Proc. of the 2nd European Particle Accelerator Conference (EPAC-90)*, June 12-16, 1990, Nice, France (Ed. Frontieres, Gif-sur-Yvette 1990).
- [14] M.R. Raju, *Heavy Particle Radiotherapy* (Academic Press, New York-London 1990).
- [15] R.E. Stone, *Amer. J. Roentgenology Radium Therapy* **59**, 771 (1948).
- [16] J.M. Sisterson, *Nucl. Instrum. Meth. B* **10/11**, 1350 (1989).
- [17] National Accelerator Centre Annual Report (NAC/AR/89-01), Fauve, France, RSA (June 1989).
- [18] W.T. Chu i in., „Instrumentation for treatment of cancer using proton and light ion beams”, Lawrence Berkeley Laboratory, Univ. of California, Report LBL-33403 (Feb. 1993).
- [19] S. Holm, A. Johansson, S. Kullander, D. Reistad, *Physica Scripta* **34**, 513 (1986).
- [20] H.G. Blosser, *Nucl. Instrum. Meth. B* **40/41**, 1326 (1989).
- [21] R.L. Martin, *Nucl. Instrum. Meth. B* **24/25**, 1087 (1987).
- [22] J. Alonso, „Design study for the UC Davis Proton Facility”, *Abstracts of the PTCOG XIV Meeting*, Cambridge MA, USA, May 21-23 (1991).
- [23] R.A. Gough, „The Light Ion Biomedical Research Accelerator (LIBRA)”, Lawrence Berkeley Laboratory, Report LBL-23413, Berkeley, USA (1987).
- [24] R.A. Gough, „Present status of the Bevalac and design outline of proposed medical accelerator”, *Proc. Int. Workshop on the NIRS HEAVY Particle Medical Accelerator*, March 6-7, 1986, NIRS Chiba 1986, s. 91.
- [25] Gademan i in., „The medical heavy ion therapy project at the GSI in Darmstadt”, Preprint GSI-88-71, Darmstadt, Germany (1988).

- [26] P. Mandrillon i in., „The EULIMA project”, Centre Antoine Lacassagne, Oct. 1987, Nice, France (CAL, 1988).
- [27] W. Scharf, *Akceleratory biomedyczne* (PWN, Warszawa 1993).
- [28] W. Scharf, *Biomedical Particle Accelerators* (American Institute of Physics, New York 1993).

## WSPOMNIENIA – ROCZNICE

**Andrzej K. Wróblewski**

*Instytut Fizyki Doświadczalnej  
Uniwersytet Warszawski  
Warszawa*

### Zarys dziejów „Hożej”\*

#### An outline of the history of „Hoża”

*Abstract:* The first part of the Warsaw University physics building at 69, Hoża Street was officially opened on January 30, 1921. Its founder, Professor Stefan Pieńkowski, later also the rector of Warsaw University, launched an ambitious programme of making „Hoża” a strong and internationally recognized centre of physics. A short outline of the development of the centre during its 73 years of existence is presented.

Przygotowując ten krótki zarys dziejów warszawskiego ośrodka fizyki na Hożej korzystałem z artykułów wspomnieniowych najstarszych pracowników, działających aktywnie w okresie przedwojennym, w czasie okupacji i w pierwszych latach po wojnie. Moja znajomość z Hożą datuje się dopiero od 1951 r., kiedy rozpocząłem tu studia fizyki. Starłem się opierać przede wszystkim na wspomnieniach pisanych najwcześniej, kiedy ich autorzy mieli jeszcze świeżo w pamięci opisywane wypadki. Przedstawiam tu zarys dziejów ośrodka, a nie fizyki na Hożej, toteż nie omawiam szczegółowo osiągnięć badawczych poszczególnych osób czy zespołów.

---

\*Nieznacznie rozszerzony tekst referatu wygłoszonego w dniu 10 stycznia 1994 r., podczas uroczystości oficjalnego otwarcia nadbudowanej części budynku Wydziału Fizyki UW przy ul. Hożej 69.

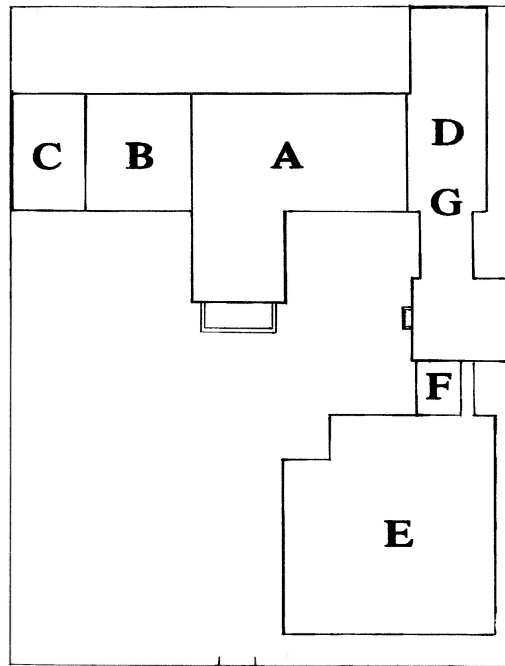
Historia ośrodka na Hożej jest nierozzerwalnie związana z osobą jego twórcy, organizatora i wieloletniego dyrektora, profesora Stefana Pieńkowskiego (1883–1953). Zaledwie kilka tygodni temu, 20 listopada, minęła czterdziesta rocznica jego śmierci. Dzisiejsza uroczystość jest więc także okazją do upamiętnienia tego niezwykłego człowieka [1-10].

Budynek przy ul. Hożej 69 zaczęto budować w 1913 r. z przeznaczeniem dla Zakładu Fizyki Cesarskiego Uniwersytetu Warszawskiego. Wybuch wojny światowej spowodował wstrzymanie prac budowlanych, toteż kiedy w 1919 r. Stefan Pieńkowski przyjechał z Liège do Warszawy, aby objąć katedrę fizyki doświadczalnej w odrodzonym Uniwersytecie Warszawskim, zastał tylko nie wykończone mury części centralnej i skrzydła zachodniego. Wykłady dla studentów musiał więc rozpocząć w wypożyczonej sali Politechniki, a jednocześnie z niezmierną energią zajął się wykończeniem gmachu i urządzaniem w nim laboratoriów i sal wykładowych. Dzięki niezwykłemu uporowi i pracowitości udało mu się uzyskać potrzebne decyzje i fundusze i już po 15 miesiącach doprowadzić do otwarcia Zakładu Fizycznego UW w nowej siedzibie. A przecież trwała wtedy wojna, która w sierpniu 1920 r. zbliżyła się do samej Warszawy.

Otwarcie Zakładu Fizycznego przy Hożej 69 zostało odnotowane przez prasę codzienną (*Gazeta Warszawska* nr 28, s. 4; *Naród* nr 26, s. 7; *Rzeczpospolita* nr 31, s. 7) [11].

Pieńkowski nie poprzestał na planie minimum, lecz od początku postawił sobie zadanie stworzenia dużego, nowoczesnego instytutu naukowego, który mógłby liczyć się w świecie pod względem kształcenia kadr i wyników badań. Najwcześniejsi jego uczniowie i najstarsi współpracownicy podkreślają, że dzięki niespożytej energii Pieńkowskiego i jego wytrwałym zabiegom, a także umiejętności wyławiania talentów, już pod koniec lat dwudziestych Zakład Fizyczny, przemianowany potem na Zakład Fizyki Doświadczalnej UW, stał się ośrodkiem o dobrym poziomie, dostrzeganym w świecie. Na Hożę zaczęli wtedy przyjeżdżać doktoranci zagraniczni. Wyrazem uznania dla osiągnięć Pieńkowskiego i jego zespołu stało się przyznanie mu przez Fundację Rockefellera dotacji w wysokości 50 000 dolarów na zakup aparatury. Ta na owe czasy bardzo znaczna suma umożliwiła wyposażenie Zakładu Fizyki Doświadczalnej w najwyższej klasy przyrządy, dzięki czemu Hoża znalazła się wśród najlepszych instytutów fizycznych w Europie.

W miarę rozwoju Zakładu oraz wzrostu liczby pracowników naukowych i studentów rosła ciasnota w pomieszczeniach niewielkiego budynku. Wtedy Pieńkowskiemu udało się zdobyć fundusze na dobudowanie nowego, wschodniego skrzydła gmachu, dzięki czemu powierzchnia jego zwiększyła się niemal dwukrotnie. Sprawę zdobycia tych funduszy wyjaśnia zamieszczony list prof. Jabłońskiego do



### ul. HOŻA

Etapy rozbudowy ośrodka fizyki przy ul. Hożej 69: A – część centralna z dużym audytorium, oddana do użytku w 1921 r., B – skrzydło wschodnie, ukończone w 1932 r., C – tzw. Hala Atomowa, wybudowana w 1948 r., D – nowe, piętrowe skrzydło ukończone w 1951 r., E – pawilon oddany do użytku w 1963 r., F – czytelnia Biblioteki IFT wybudowana w 1975 r., G – nadbudowa dwóch pięter nad skrzydłem D, ukończona w 1993 r.

pani Zofii Mizgier, która zajmowała się historią Polskiego Towarzystwa Fizycznego [12], oraz oświadczenie prof. Szczeniowskiego – dokumenty te są reprodukowane na dwóch następnych stronach. Otwarcie nowych pracowni Zakładu Fizyki Doświadczalnej UW nastąpiło ostatecznie w 1932 r. i zostało odnotowane w prasie codziennej (*Gazeta Polska* nr 153, s. 4) [11].

W latach dwudziestych badania prowadzone na Hożej koncentrowały się wokół aktualnych wtedy zagadnień optyki atomowej i molekularnej oraz badań strukturalnych przy użyciu promieni X. Badania te dotyczyły m.in. fotoluminescencji ciekłych i stałych roztworów barwników, luminescencji par metali, struktury linii widmowych.

Stefan Pieńkowski uważnie śledził rozwój fizyki na świecie i starał się, aby badania na Hożej nie pozostawały w tyle za tym rozwojem. Dotyczyło to zarówno poszczególnych fragmentów badań jak też i dziedzin. Na przykład, Leonard So-

22. VI. 70

Droga Pani Magister,

Nie ma wszystkich pytań Pani  
bądź w stanie odpowiedzieć. Jestem  
przekonany, że prof. Sereńionowski (który  
ma świetną pamięć) i prof. Kapuściński  
mają sprawę nowego skrytka znacznie  
lepiej ode mnie. Pamiętam jednak  
bardzo dobrze, że skrytka zostało  
wbudowane z dotacji przyznanej  
PTF. Pamiętam też, że PTF otrzy-  
mać miało na stałe siedzibę w gmachu  
Zakładu Fizyki Doświadczalnej  
U.W. Nie pamiętam, czy fundu-  
rne na budowę skrytka były w ogóle  
przeznaczane Uniwersytetowi Wam. -  
wydaje mi się, że przeznaczone zostało  
wybudowanie skrytka (3). Na pewno  
będzie wiedział o tym prof. Sere-  
nionowski. Nie jestem też pewny, czy  
fundusze pochodzą z kłm. W.R. i  
U.P.

Nie wydaje mi się, aby zaratek  
na spłat naukowy z Fundacji

Rockefellerów otrzymał prof. Pici-  
korski za pośrednictwem PTF.

Jeszcze raz bardzo radzę o wróceniu  
się do prof. Kapuścińskiego i do  
prof. Sereńionowskiego o informacje.  
A może i prof. Piciński coś o  
tych sprawach mógłby powiedzieć.

Lepiej serdecznie pozdrawiam

A. Jabłoński

P.S. Opowiadałem w swoim czasie o  
dykusji, która odbyła się pomiędzy  
prof. Wolfem i Prof. Picińskim.

Prof. Wolfowi wymagal zastanowienia  
co do słuszności budowy skrytka  
przez PTF. Prof. Piciński odpowiedział,  
że jest niezadowolony, jeżeli  
towarzystwo to skrytka wybuduje  
- mogłoby to być Towarzystwo  
Wspierania Konnych - byłoby to  
skrytka zostało wybudowane.



## O ś w i a d c z e n i e

Dobudowa lewego skrzydła gmachu ówczesnego Zakładu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego przy ul. Hożej 69 przeprowadzona została przez prof. dr S. Pieńkowskiego w latach 1930-1932, a zakończona w roku 1932. Był to okres wielkiego kryzysu gospodarczego, silnie odczuwanego w Polsce. Tym nie mniej jednak prof. Pieńkowski potrafił w tak trudnym okresie przeprowadzić rozbudowę gmachu i nawet uzyskać dotację Fundacji Rockefellera na jego dodatkowe wyposażenie.

Prof. Pieńkowski, który był w owym czasie przewodniczącym Zarządu Głównego Towarzystwa Fizycznego stwierdził, iż w ówczesnym Ministerstwie Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego istnieją niewykorzystane kredyty na popieranie towarzystw naukowych, i te nawet kredyty budowlane. Prof. Pieńkowski uzyskał dla PTF sumy na budowę pomieszczeń Towarzystwa, które wykorzystał na budowę skrzydła. W tym samym czasie prof. Pieńkowski prowadził z Fundacją Rockefellera pertraktacje o uzyskanie dotacji na wyposażenie Zakładu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego w przyrządy wysokiej klasy. Warto zaznaczyć, że prof. Pieńkowski był w kontakcie z Fundacją już od roku 1926 i że uzyskał on szereg stypendiów Fundacji dla swych uczniów /ze stypendiów takich korzystali w latach 1927 - 1931 np. Sołtan, Jabłoński, Kapuściński, Szczemiowski/; dlatego też miał szansę uzyskania dotacji. W czasie pertraktacji z Ministerstwem prof. Pieńkowski argumentował możliwością uzyskania dotacji, a w pertraktacjach z Fundacją mówił o uzyskanych kredytach na rozbudowę gmachu fizyki i potrzebę wyposażenia nowych pomieszczeń.

W rezultacie tych pertraktacji prof. Pieńkowski uzyskał w roku 1932 i gmach i 50 000 dolarów. Dobudówka była w tych warunkach uzyskana dla Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Jednakże Towarzystwo /ściślejszy Zarząd Główny/ - odpowiednim aktem zrzekł się pomieszczeń na korzyść Zakładu Fizyki Doświadczalnej UW co zresztą było nerytorycznie uzasadnione. Wzajemnie Zakład zobowiązał się Polskiemu Towarzystwu Fizycznemu zapewnić nieorganiczne czasowo korzystanie z potrzebnych Towarzystwu pomieszczeń. Nie pamiętam jaka miała być powierzchnia tych pomieszczeń, w każdym razie miały to być pomieszczenia dostatecznie obszerne. Wybuch wojny i okupacja oczywiście stworzyły zupełnie nową sytuację; myślę jednak, że na obecny Instytut Fizyki Doświadczalnej UW przeszły zobowiązania moralne dawnego Zakładu Fizyki Doświadczalnej UW względem Polskiego Towarzystwa Fizycznego.

Obecne oświadczenie opieram na swych wspomnieniach z lat przedwojennych.

*S. Szczemiowski*

Prof.em. dr hab. S. Szczemiowski

Warszawa, dn 14 sierpnia 1970 r.

snowski wspominał, że „gdy do Warszawy nadeszła wiadomość o odkryciu zjawiska Ramana, jego doświadczenie zostało powtórzone w ciągu kilku dni, a badanie widm ramanowskich stało się jednym z ważniejszych kierunków pracy Zakładu” [8].

Gdy na początku lat trzydziestych czołową rolę na świecie zaczęły odgrywać badania jądra atomowego, Pieńkowski postanowił zorganizować badania w tej dziedzinie na Hożej. Podczas inauguracji roku akademickiego w Uniwersytecie Warszawskim w dniu 8 października 1933 r. wygłosił mowę rektorską pod tytułem „Energia przemian jądra atomu”, czym podkreślił ważność tej tematyki badań. Swych najlepszych uczniów postanowił wyszkolić w najlepszych ośrodkach. Andrzej Sołtan pojechał do Pasadeny, a później Leonard Sosnowski do Cambridge.

Po powrocie z USA Sołtan zbudował na Hożej kaskadowy akcelerator elektrostatyczny typu Greinachera na energię 800 keV i rozpoczął badania reakcji wywołanych przez neutrony [13-15].

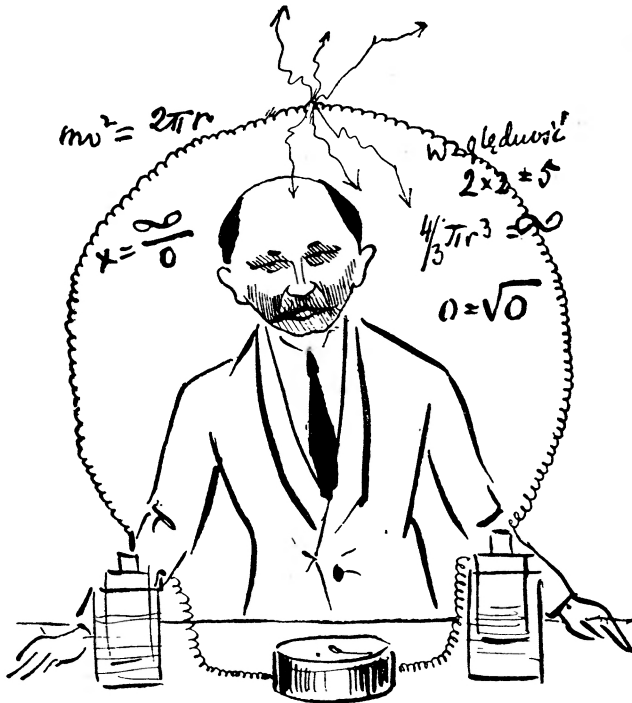
Sosnowski po powrocie z Cambridge zbudował w 1939 r. sterowaną komorę Wilsona, którą chciał wykorzystać do badania odkrytego właśnie zjawiska rozszczepienia jądra uranu.

Tuż przed wojną Pieńkowski uzyskał także od prezydenta Mościckiego zapewnienie o możliwości budowy na Hożej cyklotronu. Wtedy cyklotrony były najnowocześniejszymi akceleratorami i ich liczba na świecie była bardzo niewielka. Sołtan przystąpił do budowy cyklotronu, ale jej nie ukończył ze względu na wybuch wojny. Gdyby wypadki potoczyły się inaczej, to zapewne ok. 1942 r. byłaby na Hożej hala atomowa z działającym cyklotronem.

W drugiej połowie lat trzydziestych Zakład Fizyki Doświadczalnej przy ul. Hożej stał się największym instytutem fizycznym w Polsce i znalazł się wśród najlepszych instytutów w Europie zarówno pod względem wyposażenia jak i aktywności naukowej. Potwierdzali to goście zagraniczni odwiedzający Hożę.

Pieńkowski wprowadził na Hożej niezwykłą atmosferę. Leonard Sosnowski wspominał: „Profesor mieszkał na terenie Zakładu i spędzał w nim większą część doby. Można go było spotkać przed ósmą rano i po dwunastej w nocy. Zawsze można było znaleźć w drzwiach swojej pracowni kartkę z charakterystycznym podpisem SP i godziną np. 8.05. Kartka taka nie wymagała usprawiedliwienia nieobecności, nikt jednak z nas nie lubił ich kolekcjonować. Odmówienie »prośbie« Profesora wygłoszenia referatu lub przygotowania jakiegoś materiału, bez względu na termin lub okres świąteczny, było po prostu nie do pomyślenia. Praca i Nauka, to była dewiza Mistrza i tego wymagał od swych czeladników i uczniów” [8].

Witold Majewski, przed wojną kierownik I Pracowni, a potem profesor Politechniki Warszawskiej, wspominał, że „...Niezwykłej atmosferze panującej w



Prof. Dr. STEFAN PIEŃKOWSKI

Kierownik Zakładu fizyki doświadczalnej  
Rektor Uniwersytetu Warszawskiego w roku akad. 1925/6.

Karykatura Stefana Pieńkowskiego wykonana przez Jana Kochanowskiego w  
r. akad. 1923/24 [54]

Słynny podpis „SP” Stefana Pieńkowskiego

Zakładzie ulegali też studenci rozmaitych wydziałów luźno związani z Zakładem, bo słuchający tu tylko wykładów fizyki i odrabiający ćwiczenia w I Pracowni Fizycznej... Nawet słuchacze Akademii Stomatologicznej wyróżniający się hałaśliwością, tutaj siedzieli cicho, by nie przeszkadzać w pracy naukowej. Ogólnie

wiadomo było na Uniwersytecie, że na Hożę nie wolno się spóźniać, że wszystkie zarządzenia i terminy muszą być ściśle przestrzegane. I tak było” [16].

Wykłady z fizyki doświadczalnej prowadził oczywiście Stefan Pieńkowski. Arkadiusz Piekara wspominał, że Pieńkowski „...nigdy wykładu nie opuścił i nikt go nie zastępował. Cały rok prowadził kurs fizyki, pięć godzin tygodniowo. Był niezastąpiony. Nigdy tak nie było, żeby wykład się nie odbył i nigdy nie było tak, żeby wykład prowadził kto inny. To była domena tylko Profesora. W wiele lat później widać profesorowie byli tak przeciążeni administracyjnymi pracami, że opuszczali wykłady, ale to nie w tym okresie kiedy ja byłem studentem albo asystentem” [17].

Dużo skromniej przedstawiała się w tym czasie na Hożej fizyka teoretyczna [18]. Zakład Fizyki Teoretycznej UW powstał już 1.10.1921 r., a jego kierownikiem został prof. Czesław Białobrzeski (przedtem profesor Uniwersytetu w Kijowie i Uniwersytetu Jagiellońskiego), ale przez wiele lat był on w tym zakładzie jedynym pracownikiem i gościł kątem na Hożej. W 1932 r. Zakład ten uzyskał pomieszczenia w nowym budynku Wydziału Farmaceutycznego UW przy ul. Oczki 3, bardzo blisko Hożej. Białobrzeski zresztą żywo interesował się fizyką doświadczalną i w swym zakładzie rozwinął badania dielektryków i promieniowania kosmicznego [19]. Wykłady i seminaria z fizyki teoretycznej odbywały się nadal na Hożej. Część zajęć prowadzili wykładowcy spoza Zakładu Fizyki Teoretycznej (np. matematyk, docent Otton Nikodym i profesor Politechniki Warszawskiej, Witold Pogorzelski) [20-22]. Trzeba dodać, że mechanikę teoretyczną wymieniano wtedy wśród przedmiotów matematycznych, a nie fizycznych; zajęcia te prowadził prof. Antoni Przeborski i były one słabo przystosowane do potrzeb studentów fizyki [7].

Białobrzeski interesował się podstawami fizyki i zorganizował w Warszawie w dniach 30.5–3.6.1938 r. ważną międzynarodową konferencję na temat „New Theories in Physics”. Wzięło w niej udział ok. trzydziestu wybitnych uczonych z zagranicy, m.in. Niels Bohr, Leon Brillouin, Louis de Broglie, Paul Dirac, Arthur Eddington, George Gamow, Samuel Goudsmit, Oskar Klein, Hendrik Kramers, Ralph de Laer Kronig, Paul Langevin, Edward Arthur Milne, John von Neumann, Francis Perrin i Eugene Wigner. Z polskich fizyków poza Białobrzeskim udział wzięli Szczepan Szczeniowski (wówczas z Uniwersytetu Stefana Batorego w Wilnie), Wojciech Rubinowicz (wówczas z Uniwersytetu Jana Kazimierza we Lwowie), Ludwik Wertenstein z Wolnej Wszechnicy Polskiej, Jan Weysenhoff z Uniwersytetu Jagiellońskiego i Feliks Wiśniewski z Politechniki Warszawskiej. Obrady odbywały się nie na Hożej, lecz w Pałacu Staszica, ale uczestnicy odwiedzali Hożę i wygłaszali w dużym audytorium wykłady.

Wybitni goście odwiedzali Hożę już wcześniej. W 1927 r. wizytę złożył Paul

- j. | RUCH CIAŁ SZTYWYCH, 2 g. t., wt. 9—11, a. XIV.  
 z. w. | WYBRANE ROZDZIAŁY MECHANIKI TEORETYCZ-  
 NEJ, 2 g. t., wt. 9—11, a. XIV.  
 j. z. w. | MECHANIKA TEORETYCZNA, 4 g. t., ptk. 8—10 i sob.  
 9—11, a. XII.  
 j. z. w. | WYCZCZENIA Z MECHANIKI TEORETYCZNEJ (ze  
 współudziałem asystenta), 2 g. t., grupami.  
 j. z. w. | SEMINARJUM Z MECHANIKI TEORETYCZNEJ, 1 g. t.,  
 sob. 5—6, a. XI. Prof. z. dr mat. Antoni Przeborski.

## 3. FIZYKA. CHEMJA.

- j. z. w. | FIZYKA DOSWIADCZALNA, 5 g. t., wt. i sob. 11½—1¾,  
 Zakład Fizyczny, Hoża 69.  
 j. z. w. | PRACOWNIA FIZYCZNA I<sub>a</sub> (dla słuchaczy fizyki,  
 astronomji i matematyki), 6 g. t. (grupami), 2 razy ty-  
 godniowo, 3½—6½, tamże.  
 j. z. w. | PRACOWNIA FIZYCZNA I<sub>a</sub> (dla słuchaczy innych  
 specjalności), 3 g. t. (grupami), 3½—6½, tamże.  
 j. z. w. | PRACOWNIA FIZYCZNA II<sub>a</sub> (dla słuchaczy VII i VIII  
 trymestrów fizyków, astronomów i matematyków). 15  
 g. t., codziennie w godzinach 3½—6½, tamże.  
 j. z. w. | PRACOWNIA BADAŃ FIZYCZNYCH (dla doktoran-  
 tów), codziennie i całodziennie, tamże.  
 j. z. w. | SEMINARJUM Z FIZYKI DOSWIADCZALNEJ. 1½ g. t.,  
 ptk. 5½—7, tamże.  
 j. z. w. | SEMINARJUM WYKSZE Z FIZYKI DOSWIADCZAL-  
 NEJ, 2 g. t., sob. 5—7, tamże.  
 Prof. z. dr Stefan Pieńkowski.
- j. | OGÓLNY KURS FIZYKI TEORETYCZNEJ (Elektrycz-  
 ność i magnetyzm), 4 g. t., pon. i czw. 11½—1½, Za-  
 kład Fizyczny, Hoża 69.  
 j. | PRZEWODNICTWO CIEPLNE, 1 g. t., śr. 12½—1½,  
 tamże.  
 z. | OGÓLNY KURS FIZYKI TEORETYCZNEJ (Promienio-  
 wanie i teoria kwantów), 4 g. t., pon. i czw. 11½—1½,  
 tamże.  
 z. | MECHANIKA FAŁOWA, 1 g. t., śr. 12½—1½, tamże.  
 w. | OGÓLNY KURS FIZYKI TEORETYCZNEJ (Teoria  
 względności), 4 g. t., pon. i czw. 11½—1½, tamże.  
 j. z. w. | SEMINARJUM Z FIZYKI TEORETYCZNEJ, 2 g. t., śr.  
 10½—12½, tamże.  
 Prof. z. mag. fiz. i geofiz. Czesław Białobrzeski.
- j. z. | RÓWNANIA RÓŻNICZKOWE (Kurs elementarny dla  
 studujących fizykę), 4 g. t.  
 w. | TEORJA WZGLĘDNOŚCI, 4 g. t.  
 Prof. n. Polit. Warsz. doc. dr Witold Pogorzelski.

Fragment spisu wykładów z r. akad. 1929/30 [20]. W tym czasie w UW obowiązywał system trymestralny. Litery j, z i w oznaczają odpowiednio trymestr je-  
 sienny, zimowy i wiosenny. Mechanika teoretyczna Antoniego Przeborskiego była  
 wymieniana wśród przedmiotów matematycznych, a nie fizycznych. W spisie z  
 następnego roku akademickiego [21] występują dwie zmiany: Witold Pogorzelski  
 wykłada w trymestrze wiosennym mechanikę falową, a Czesław Białobrzeski przez  
 trzy trymestry mechanikę undulacyjną

## 3. FIZYKA, CHEMIA.

- j. z. w. | *Fizyka doświadczalna*, 5 g. t., wt. i sob. 11½ — 14., sala wykładowa Zakładu Fizyki Doświadczalnej, Hoża 69.
- j. | *Pracownia fizyczna I*, 3 g. t. (grupami), 15½—18½, pracownia I Zakładu Fizyki Doświadczalnej, Hoża 69.
- z. w. | *Pracownia fizyczna I* (dla słuchaczy fizyki, matematyki, astronomii), 6 g. t. (grupami), 15½—18½, tamże.
- z. w. | *Pracownia fizyczna I* (dla słuchaczy innych specjalności), 3 g. t. (grupami), 15½—18½, tamże.
- j. z. w. | *Pracownia fizyczna II*, 15 g. t., codziennie, 15½—18½, pracownia II Zakładu Fizyki Doświadczalnej, Hoża 69.
- j. z. w. | *Pracownia badań fizycznych*, codziennie, całodziennie, pracownia naukowa Zakładu Fizyki Doświadczalnej, Hoża 69.
- j. z. w. | *Seminarium z fizyki doświadczalnej*, 2 g. t., ptk 17—19, sala seminaryjna Zakładu Fizyki Doświadczalnej, Hoża 69.
- j. z. w. | *Konwersatorium z fizyki doświadczalnej*, 2 g. t., sob. 17—19, tamże.
- Prof. z. dr Stefan Pieńkowski.
- j. | *Cząsteczki optycznie czynne*, 1 g. t., ptk 11—12, sala seminaryjna Zakładu Fizyki Doświadczalnej, Hoża 69.
- z. w. | *Wyładowania w gazach*, 1 g. t., ptk 11—12, tamże.
- Doc. dr Władysław Kapuściński.
- j. z. w. | *Fizyka promieni X i  $\gamma$* , 2 g. t., pon. i czw. 11—12, sala seminaryjna Zakładu Fizyki Doświadczalnej, Hoża 69.
- Dr Andrzej Sołtan.
- j. z. w. | *Zjawiska kwantowe* (Ogólny zarys), 1 g. t., śr. 9½—10½, sala seminaryjna Zakładu Fizyki Doświadczalnej; Hoża 69.
- Doc. dr Aleksander Jabłoński.
- j. z. w. | *Promieniotwórczość* (Fizyka jądra), 1 g. t., pon. 10—11, sala seminaryjna Zakładu Fizyki Doświadczalnej, Hoża 69.

Doc. dr Cezary Anatol Pawłowski.

- j. | *Kurs fizyki teoretycznej* (Elektryczność i magnetyzm), 4 g. t., pon. i czw. 11½—13½, sala wykładowa Zakładu Fizyki Teoretycznej, Hoża 69.
- z. | *Kurs fizyki teoretycznej* (Teoria elektronowa i promienowanie), 4 g. t., pon. i czw. 11½—13½, tamże.
- w. | *Kurs fizyki teoretycznej* (Teoria kwantów), 4 g. t., pon. i czw. 11½—13½, tamże.
- j. z. w. | *Ćwiczenia z fizyki teoretycznej*, 1 g. t., pon. 10½—11½, tamże.
- j. z. w. | *Seminarium z fizyki teoretycznej*, 2 g. t., śr. 11—13, tamże.
- j. z. w. | *Konwersatorium (dla zaawansowanych)*, 2 g. t., czw. 18½—20½, tamże.

Prof. z. mag. fiz. i geofiz. Czesław Białobrzęski.

- j. z. w. | *Przestrzeń unitarna mechaniki kwantowej*, 1 g. t., ptk 12—13, Zakład Fizyki Teoretycznej, Hoża 69. Dla studiujących nowszą fizykę teoretyczną.

Doc. dr Otton Nikodym.

- j. | *Ferromagnetyzm*, 1 g. t., czw. 9—10, sala wykładowa Zakładu Fizyki Teoretycznej, Hoża 69.
- j. z. w. | *Dyspersja światła, elektro- i magnetoptyka*, 1 g. t., ptk 10—11, tamże.
- i. z. w. | *Budowa jądra atomowego*, 1 g. t., ptk 9—10, tamże.
- j. z. w. | *Wiązania chemiczne w świetle fizyki współczesnej*, 1 g. t., wt. 18—19, sala wykładowa Zakładu Chemii Fizycznej w Uniwersytecie.

Doc. dr Stanisław Mrozowski.

Fragment spisu wykładów z r. akad. 1937/38 [22]. Wśród przedmiotów matematycznych (nie pokazanych) nadal są wymieniane wykłady Antoniego Przeborskiego: Mechanika teoretyczna, Hydrodynamika, Ruch ciał sztywnych

Langevin, w 1935 r. Louis de Broglie (który otrzymał wtedy doktorat *honoris causa* UW), w 1935 r. Siergiej Wawilow, a w 1936 r. małżonkowie Joliot-Curie. W maju 1936 r. na Hożej Pieńkowski zorganizował Międzynarodowy Kongres Luminescencji, w którym udział wzięli najwybitniejsi specjaliści w tej dziedzinie z całego świata. Uczestnictwo w tej konferencji było wielkim przeżyciem dla pracowników Hożej [23].

W końcu lat trzydziestych oferta wykładów dla studentów fizyki stała się znacznie bogatsza. Poza profesorami Białobrzeskim, Pieńkowskim i Przeborskim, wykłady z różnych działów fizyki prowadzili już w r. akad. 1937/38 ówcześni docenci Aleksander Jabłoński, Władysław Kapuściński, Stanisław Mrozowski i Cezary Pawłowski oraz ówczesny dr Andrzej Sołtan [22].

Wybuch wojny przekreślił dorobek prawie dwudziestoletniej pracy Pieńkowskiego. Już w pierwszych miesiącach okupacji wywieziono do Niemiec większość wartościowej aparatury, zbiory biblioteczne i notatki naukowe. O tym rabunku donosiła nawet prasa podziemna (*Polska Żyje* 15.12.1939 r., s. 10, *Biuletyn Informacyjny* nr 26, s. 7, 1943 r., *Aktualne Wiadomości* nr 26, s. 5, 1943 r. [11]). Pieńkowski nie załamał się, lecz zaczął organizować tajny Uniwersytet. W celu zabezpieczenia resztek aparatury i uratowania punktu oparcia na Hożej utworzył Zakład Pomiarów Fizycznych, w którym wykonywano badania usługowe dla instytucji komunalnych. Umożliwiała to prowadzenie cotygodniowych seminariów, na których referowano zdobywane przez Pieńkowskiego artykuły z zagranicznych czasopism fizycznych.

W 1943 r. wobec sytuacji na froncie wschodnim okupanci zaczęli zajmować w budynku na Hożej coraz więcej pomieszczeń ograniczając pracę Pieńkowskiego i jego współpracowników, aż w końcu zajęli cały budynek niszcząc instalacje i przebudowując pracownie, włącznie z dużą salą wykładową, którą podzielono na małe pokoje.

Podczas Powstania Warszawskiego i późniejszych działań wojennych budynek nie został wprawdzie zburzony ani spalony, ale był kompletnie pusty i zdezastowany. Po powrocie do Warszawy Pieńkowski został wybrany rektorem UW i z właściwą sobie energią przystąpił do odbudowy całej uczelni, a w tym fizyki na Hożej.

Wobec ogromnego zniszczenia Warszawy, nie było wcale pewne w pierwszej połowie 1945 r., czy może ona spełniać funkcje centrum naukowego i dydaktycznego, jakim była przed wojną. Istniał pomysł przeniesienia stołecznego Uniwersytetu, a także Politechniki i Akademii Sztuk Pięknych, do Łodzi. Na szczęście władze ustąpiły przed zdecydowanym oporem przedstawicieli warszawskich uczelni i w lipcu 1945 r. Minister Oświaty Czesław Wycech wydał zgodę na wznowienie zajęć w UW z początkiem r. akad. 1945/46.

Podczas inauguracji tego roku w dniu 15 grudnia 1945 rektor Pieńkowski powiedział:<sup>1</sup> „...Otwieram Uniwersytetu Warszawskiego rok akademicki 45/46 z głęboką wiarą, że w roku tym uniwersytet wyteży wszystkie siły i z całym oddaniem pracować będzie ku większej chwale Ojczyzny i nauki polskiej”.

Generalny nadzór nad odbudową budynku na Hożej został powierzony Jerzemu Pniewskiemu. Jak później wspominał on i Marian Danysz:

„Remont i przeróbka budynku prowadzone były w sposób trudny dziś do pojęcia. Zbiórka raczej prymitywnych przyrządów ocalałych w szkołach na Śląsku oraz niezwykley zakup niemal na ulicy niektórych cenniejszych przyrządów pozwoliły na podjęcie wykładów fizyki doświadczalnej ilustrowanych pokazami już w grudniu 1945 r. Rozpoczął je Profesor Pieńkowski w prowizorycznej sali wykładowej na terenie obecnej II Pracowni.<sup>2</sup> W marcu 1946 r. podjęte zostały już normalne zajęcia w I Pracowni...” [24].

„II Pracownia została otwarta w początku stycznia lub w pierwszych dniach lutego 1946 r. Mieściła się zrazu w dwóch pokojach, w których jest obecnie gabinet i sekretariat prof. Grynberga (dwa małe pokoje przy sali seminaryjnej)” – wspominał Tadeusz Skaliński, który tę pracownię organizował [7].

„Najdłużej trwał remont dużej sali wykładowej, ukończony dopiero w 1950 r., ale jest to zapewne najładniejsze audytorium w Polsce” – wspominał w 1954 r. Ludwik Natanson [3].

Skład i spis wykładów UW z 1947 r. [25] wymienia na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym zakłady: mechaniki teoretycznej, fizyki teoretycznej, fizyki doświadczalnej, fizyki doświadczalnej II i atomistyki. Spis wykładów zawiera już niemal tyle pozycji co 10 lat wcześniej.

Pieńkowski, jak przed wojną, miał nadal wizję stworzenia na Hożej dużego instytutu o szerokim zakresie działalności. Doprowadził do utworzenia dwóch nowych katedr: Atomistyki dla Sołtana oraz Elektroniki i Radiologii – dla Sosnowskiego. Ten ostatni nie był jeszcze zdecydowany czy kontynuować rozpoczęte przed wojną swe badania w zakresie fizyki jądrowej, czy też zająć się fizyką ciała stałego, z którą zetknął się w czasie wojny. Jak potem wspominał: „Utworzono mi *ad personam* katedrę i ona została nazwana Katedrą Elektroniki i Radiologii, właśnie żeby nie zamykać żadnej możliwości” [26]. Kiedy Sosnowski zdecydował się na fizykę ciała stałego, Pieńkowski z radością popierał jego działalność, podobnie jak popierał Danysza i Pniewskiego, którzy zaczęli rozwijać na Hożej fizykę cząstek elementarnych.

<sup>1</sup> W czasie obecnej uroczystości słowa Pieńkowskiego zostały odtworzone z archiwalnego nagrania radiowego.

<sup>2</sup> Dziś w tej sali, podzielonej na mniejsze pomieszczenia, mieści się Zakład Badań Strukturalnych IFD UW.



## 6. Zakłady Wydziału Matematyczno - Przyrodniczego.

### Seminarium filozofii matematyki.

Kierownik A. Mostowski (j.w.).

Asystent starszy mag. Helena Raś.

### Seminaria matematyczne.

Kierownicy: K. Borsuk (j.w.), K. Kuratowski (j.w.).

Wł. Nikliborc (j.w.) i W. Sierpiński (j.w.).

Asystenci starsi: mag. Tadeusz Czechowski, dr Halina Gruzewska,  
mag. Roman Sikorski.

Asystenci młodszy: Alina Böhmówna, Tadeusz Leżański.

### Zakład mechaniki teoretycznej.

Kierownik W. Rubinowicz (j.w.).

Asystent starszy dr Jerzy Rayski.

Asystenci młodszy: mag. Marian Günther, Krzysztof Maurin.

### Obserwatorium astronomiczne.

Kierownik vacat.

Adiunkci: dr Jan Gadomski, dr Janusz Pagaczewski.

Asystenci starsi: mag. Maciej Bielicki, dr Włodzimierz Zonn.

### Zakład fizyki doświadczalnej.

Kierownik S. Pieńkowski (j.w.).

Adiunkt mag. Jerzy Pniewski.

Asystenci starsi: mag. Tadeusz Dryński, mag. Bronisław Buras, dr  
Ludwik Natanson, mag. Tadeusz Skaliński, mag. Marta Sołtano-  
wa, mag. Bolesława Twarowska.

Asystenci młodszy: Ryszard Gagla, Eryk Hauptman, Anna Jabłońska,  
Joanna Kozłowska, mag. Zdzisław Małkowski, Stanisław Marci-  
niak, Genowefa Wójcik.

### Zakład fizyki doświadczalnej II.

Kierownik A. Sołtan (j.w.).

### Zakład atomistyki.

Kierownik A. Sołtan (j.w.).

Asystent młodszy mag. Jadwiga Kozicka.

### Zakład fizyki teoretycznej.

Kierownik C. Białobrzęski (j.w.).

Adiunkt mag. Włodzimierz Ścisłowski.

Asystent st. mag. Feliks Borowski.

- j. **Mechanika punktów materialnych i ciał sztywnych**, 5 g. t., pon. 10—12, wt. 9.30—10.30, śr. 9—11, sala wykładowa Zakładu fizyki doświadczalnej, Hoża 69.
- j. **Cwiczenia z mechaniki punktów materialnych i ciał sztywnych**, 2 g. t., czw. 8.30—10.30.
- z. **Mechanika punktów materialnych i ciał sztywnych**, 3 g. t., pon. 10—12, wt. 9.30—10.30, tamże.
- z. **Cwiczenia z mechaniki punktów materialnych i ciał sztywnych**, 1 g. t., czw. 8.30—9.30, tamże.
- z. **Mechanika ośrodków ciągłych**, 2 g. t., śr. 9—11, tamże.
- z. **Cwiczenia z mechaniki ośrodków ciągłych**, 1 g. t., czw. 9.30—10.30, tamże.
- w. **Mechanika ośrodków ciągłych**, 5 g. t., pon. 10—12, wt. 9.30—10.30, tamże.
- w. **Cwiczenia z mechaniki ośrodków ciągłych**, 2 g. t., czw. 8.30—10.30, tamże.

Prof. z. dr Wojciech Rubinowicz.

### 3. FIZYKA, CHEMIA.

- j. z. w. **Ogólny kurs fizyki teoretycznej (Elektryczność, optyka, teoria względności, teoria kwantów)**, 4 g. t., wt. i czw. 10.30—12.30, sala wykładowa Zakładu fizyki doświadczalnej, Hoża 69.
- j. z. w. **Zagadnienia wstępne z fizyki teoretycznej (prowadzone przez adiunkta mag. Włodzimierza Ścistowskiego)**, 2 g. t., sob. 10—12, tamże.
- j. z. w. **Cwiczenia z fizyki teoretycznej (prowadzone przez asystenta mag. Feliksa Borowskiego)**, 1 g. t., czw. 12.30—13.30, tamże.
- j. z. w. **Seminarium z fizyki teoretycznej**, 2 g. t., śr. 11—13, tamże.
- j. z. w. **Konwersatorium z fizyki teoretycznej dla doktorantów**, 1 g. t., ptk. 11—12.

Prof. z. mag. fiz. i geofiz. Czesław Białobrzeski.

- j. z. w. **Fizyka doświadczalna (dla I-go roku wszystkich specjalności)**, 5 g. t., wt. i ptk. 11—13.30, sala wykładowa (parter) Zakładu fizyki doświadczalnej, Hoża 69.
- z. w. **Pracownia fizyczna I (dla słuchaczy I roku fizyki, matematyki i astronomii — po zdaniu kolokwium wstępnego)**, 3 i 6 g. t. grupami, 15.30—18.30, pracownia I Zakładu fizyki doświadczalnej, Hoża 69.
- j. **Pracownia fizyczna I (dla słuchaczy II roku fizyki, matematyki i astronomii, ciąg dalszy pracowni fizycznej I-ej, rozpoczętej w I roku studiów)**, 6 g. t., (grupami), 15.30—18.30, tamże.
- j. z. w. **Pracownia fizyczna I (dla słuchaczy innych specjalności)**, 3 g. t., (grupami) 15.30—18.30, tamże.
- j. z. w. **Pracownia fizyczna II (dla fizyków od II roku)**, 15 g. t., codziennie prócz sobót 15.30—18.30, pracownia fizyczna II Zakładu fizyki doświadczalnej, Hoża 69.
- j. z. w. **Pracownia badań fizycznych (dla magistrantów fizyki) codziennie, pracownia całodzienna. Pracownia naukowa Zakładu fizyki doświadczalnej**, Hoża 69.
- j. z. w. **Konwersatorium z fizyki doświadczalnej**, 2 g. t., ptk. 16.30—18.30, sala seminaryjna (I piętro) Zakładu fizyki doświadczalnej, Hoża 69.

Prof. z. dr Stefan Pieńkowski.

- j. z. w. **Fizyka doświadczalna II**, 4 g. t., czw. i sob. 11—13, sala wykładowa Zakładu fizyki doświadczalnej, Hoża 69.
- j. z. w. **Fizyka jądra atomowego**, 1 g. t., ptk. 12—13, tamże.
- j. z. w. **Wybrane zagadnienia z fizyki jądra atomowego**, 1 g. t., tamże.
- j. z. w. **Seminarium z fizyki jądra atomowego**, 1 g. t. Dzień i godzina oznaczone zostaną po porozumieniu się ze słuchaczami. Sala seminaryjna (I piętro) Zakładu fizyki doświadczalnej, Hoża 69.
- j. z. w. **Promienie kosmiczne**, 1 g. t., tamże.

Prof. n. dr Andrzej Sołtan.

- j. z. w. **Optyka molekularna**, 1 g. t., pon. 12—13. Sala seminaryjna (I piętro) Zakładu fizyki doświadczalnej, Hoża 69.

Prof. n. dr Władysław Kapuściński.

- j. z. w. **Zjawiska fotoelektryczne**, 1 g. t. Sala seminaryjna (I piętro) Zakładu fizyki doświadczalnej, Hoża 69.
- j. z. w. **Fizyka promieni X**, 1 g. t., tamże.

Zast. prof. dr Leonard Sosnowski.

Fragment spisu wykładów w UW z r. akad. 1947/48 [25].  
 Mechanika teoretyczna nadal jest wymieniana wśród przedmiotów matematycznych. Obowiązuje także jeszcze system trymestralny

Budynek Zakładu Fizyki Doświadczalnej został po wojnie nie tylko całkowicie odrestaurowany i przebudowany, ale także znacznie powiększony. Dobudowana została do wschodniego skrzydła specjalna duża hala, nazwana „Halą Atomową”, w której miał się znaleźć generator wysokiego napięcia z akceleratorem jonów [27]. Andrzej Sołtan uzyskał specjalną dotację rządową, dzięki której zamówił w Bazylei generator kaskadowy na milion woltów z rurą akceleracyjną. Budowę hali zakończono w 1948 r., a w grudniu 1950 r. zamówiony przyrząd znalazł się już na Hożej. Dziesięć lat później Ludwik Natanson wspominał: „W sam dzień wigilii Bożego Narodzenia spotkaliśmy się około południa na tradycyjnej »rybce«. Obecni byli oboje pp. Sołtanowie, Marian Danysz i ja. Dobrze pamiętam, z jaką radością przyniósł nam prof. Sołtan wiadomość o otrzymaniu zawiadomienia, że skrzynie zawierające akcelerator nadeszły do Warszawy” [13].

Odbudowę fizyki teoretycznej na Hożej podjęli Czesław Białobrzescki oraz Wojciech Rubinowicz, który po repatriacji ze Lwowa i krótkim pobycie w Krakowie przybył do Uniwersytetu Warszawskiego. Rubinowicz zorganizował seminarium, w którym udział brali m.in. Jerzy Rayski, Jan Rzewuski, Jacek Prentki (dwaj ostatni byli wówczas asystentami Zakładu Fizyki Doświadczalnej). Jerzy Pniewski wspominał, że on także okazjonalnie brał udział w posiedzeniach [23].

Na Hożej w 1950 r. istniały dwa zakłady fizyki teoretycznej: Zakład Fizyki Teoretycznej, kierowany przez Czesława Białobrzesckiego i Zakład Mechaniki Teoretycznej, kierowany przez Wojciecha Rubinowicza. Personel obu tych zakładów liczył, poza dwoma kierownikami, zaledwie 6 osób [28].

W 1950 r. powrócił z Kanady Leopold Infeld i z ogromną energią zabrał się do tworzenia na Hożej osobnego Instytutu Fizyki Teoretycznej, który miał objąć trzy katedry: Infelda, Rubinowicza i Białobrzesckiego. Wielka aktywność Infelda przejawiała się także w organizacji letnich konferencji, tzw. Infeldiad w latach 1950–54, które walczyły się do wykształcenia wysoko kwalifikowanych kadr. Infeld, podobnie jak Pieńkowski, miał ogromnie szerokie horyzonty i pragnął rozwijać na Hożej fizykę teoretyczną w szerokim zakresie, a nie tylko w swojej własnej specjalności [29,30].

Jerzemu Pniewskiemu na pytanie o przyszłość fizyki teoretycznej na Hożej odpowiedział: „Ja się nie znam na fizyce jądra atomowego, waszych cząstkach elementarnych, czy półprzewodnikach, ale ja się znam na ludziach i sam się pan przekona, że zdolnym fizykom potrafię pomóc i jeśli sami sobie nie poradzą, skieruję ich do odpowiednich ośrodków za granicą i wszystkie te kierunki będą u nas uprawiane” [23].

Józef Werle w artykule wspomnieniowym napisał, że Infeld: „... Działał z powodzeniem nie tylko na polu nauki. Pisał również artykuły prasowe na różne tematy, wspomnienia, pamiętniki, a nawet napisał tłumaczoną na wiele języków

# HALA ATOMOWA UNIwersytetu WARSZAWSKIEGO



## Wywiad z profesorem dr A. Sołtanem

Profesor Sołtan jest jednym z najwybitniejszych polskich specjalistów od badań atomowych. Był wraz z rektorem Uniwersytetu Warszawskiego, profesorem doktorem Stefanem Bienkowskim, członkiem delegacji, która wyjechała z Polski na Bikini, celem wzięcia udziału w obserwacji wybuchu bomby atomowej.

Jeszcze przed wojną istniały projekty zainstalowania przy Zakładzie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego cyklotronu (aparatu do przyspieszania jonów, niezbędnego przy badaniach atomowych). Cyklotron miał być umieszczony pod sadzawką, w ogrodzie, celem zabezpieczenia otoczenia przed jego radioaktywnym działaniem.

W roku 1939 miały być przyznane fundusze na ten cel; wojna przerwała te prace. Po odzyskaniu niepodległości postanowiono wybudować przy Zakładzie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego tak zwaną „Halę Atomową”, to jest halę, gdzie będą zainstalowane aparaty do badań związanych z rozbitciem atomu.

Budowę hali, która była zaprojektowana jako przybudówka do gmachu Zakładu Fizyki Doświadczalnej U. W., rozpoczęto we wrześniu 1947 roku. Przystosowanie do miesiaczki roboty zostaną ukończone. Część wyposażenia technicznego „Hali Atomowej” będzie wykonana na miejscu (Zakład Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego posiada warsztaty mechaniczne), część została zamówiona w Szwajcarii.

Pierwsze dostawy mają nadejść koło nowego roku.

W dniu 8 marca br. profesor Sołtan odleciał z Warszawy do Zurychu; ze Szwajcarii udał się 13 marca do Włoch, skąd wyjechał 11 kwietnia, udając się z powrotem do Szwajcarii. 22 kwietnia br. profesor Sołtan wyleciał stamtąd samolotem do Warszawy.

O przebiegu podróży oraz o jej wynikach dowiedzą się Czytelnicy „Problemy” z wywiadu, jaki przeprowadził z profesorem Sołtanem w imieniu redakcji inż. Roman Wyrzykowski.

powieść o wielkim matematyku francuskim Ewaryście Galois. Zyskał międzynarodową sławę utalentowanego i poczytnego pisarza. Był też żarliwym bojownikiem o lepszy, sprawiedliwszy, mądrzejszy i piękniejszy świat. To niecodzienne zestawienie li tylko najważniejszych dziedzin działalności Leopolda Infelda nie jest bynajmniej przesadzone. Reprezentował tak rzadki i cenny typ umysłu ścisłego, a przy tym wszechstronnego, o bardzo szerokiej skali zainteresowań i zdolności oraz o równie szerokiej skali działania” [30].

Jak wspominał Jerzy Pniewski: „Ówcześni seniorzy cieszyli się naszym ogromnym szacunkiem, czego wyrazem było nadanie im specjalnych przydomków: Pieńkowskiemu – »Jego Najwyższość«, Infeldowi – »Jego Wspaniałość«, Rubinowiczowi – »Jego Dostożność«. Myślę, że te przydomki w pewnym sensie uwydatniały cechy ich charakterów” [23].

Wobec ambitnych planów Pieńkowskiego i Infelda jasne się stało, że należy szybko podjąć budowę kolejnego skrzydła budynku, wspólnego dla obu instytutów [31,32].

Pniewski, któremu Pieńkowski zlecił nadzór nad tą budową, wspominał iż: „Infeld osobiście zabiegał o szybkie zakończenie budowy, interweniując na wszelkich możliwych, a zawsze wysokich szczeblach. Dla zaakcentowania swego zaangażowania zaproponował mi zakład, że przed końcem 1951 r. sam wygłosi pierwszy wykład w nowo zbudowanej sali. Zakład istotnie wygrał, dokumentując to w naszej obecności wykładem, wygłoszonym ostatniego dnia przed świętami Bożego Narodzenia, wprawdzie w nie ogrzewanej jeszcze sali, ale mimo to pełnej studentów. Ja zgodnie z umową dostarczyłem jako wygraną ogromną puszkę Nescafé, stawiając ją na środku stołu wykładowego” [23].

Lata pięćdziesiąte to okres szybkiego wzrostu liczby studentów fizyki (np. w r. akad. 1952/53 przyjęto na I rok 54 osoby [33]) oraz liczby pracowników Hożej.

Jednocześnie następowały zmiany organizacyjne. Jak donosiły *Postępy Fizyki* [34]: „W roku 1951 warszawski uniwersytecki ośrodek fizyki wszedł w okres przemiany organizacyjnej polegającej na połączeniu poszczególnych dotychczas istniejących katedr fizyki i nauk pokrewnych w Instytut Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Instytut jednoczy katedry zarówno fizyki doświadczalnej (włącznie z elektroniką i radiologią oraz atomistyką) jak i teoretycznej. Na czele Instytutu stoją dyrektorowie prof. dr S. Pieńkowski (Dział Fizyki Doświadczalnej) i prof. dr L. Infeld (Dział Fizyki Teoretycznej). W skład Instytutu wchodzi katedry: Fizyki Doświadczalnej (katedra zespołowa – kierownik katedry prof. dr S. Pieńkowski, zastępca prof. dr J. Pniewski), Atomistyki (prof. dr A. Sołtan), Elektroniki i Radiologii (prof. dr L. Sosnowski), Fizyki Teoretycznej I (prof. C. Białobrzeski), Fizyki Teoretycznej II (prof. dr L. Infeld) i Fizyki Teoretycznej III (prof. dr W. Rubinowicz)”.

Ta wydumana struktura organizacyjna nie została, jak się zdaje, wprowadzona w życie, wkrótce bowiem, zarządzeniem ministra Szkolnictwa Wyższego z 15 maja 1952 r. na Uniwersytecie Warszawskim zostały utworzone dwa oddzielne instytuty: Instytut Fizyki Doświadczalnej, kierowany przez Pieńkowskiego i obejmujący katedry fizyki doświadczalnej, atomistyki oraz elektroniki i radiologii, oraz Instytut Fizyki Teoretycznej, kierowany przez Infelda i obejmujący katedry: termodynamiki i mechaniki, elektrodynamiki i teorii względności oraz mechaniki i optyki. Były to wtedy jedyne instytuty fizyki w Polsce [35].

W 1953 r. zmarł najpierw Białobrzeski (12 października), a potem Pieńkowski (20 listopada). Kierownictwo Instytutu Fizyki Doświadczalnej objął Jerzy Pniewski, który pozostawał na tym stanowisku do 1975 r., z blisko czteroletnią przerwą (1958–62), kiedy zastępował go Tadeusz Skaliński [23].

Jednak wkrótce, w 1954 r., w ramach ogólnie przeprowadzanej reformy wyższych uczelni, decyzją ministerstwa oba instytuty – doświadczalny i teoretyczny – zostały połączone w jeden Instytut Fizyki. Jak wspominał potem Jerzy Pniewski: „Decyzja ta była dla nas wszystkich wielkim zaskoczeniem i w istocie nigdy nie została zrealizowana. Wprawdzie Infeld namawiał mnie na podjęcie obowiązków kierownika, czy dyrektora całości, podobnie jak ja jego, deklarując przy tym gotowość zastępowania go w sprawach fizyki doświadczalnej, ale ostatecznie stanowisko dyrektora pozostało nieobsadzone, natomiast tak Infeld, jak i ja byliśmy nadal kierownikami dwóch formalnie nie istniejących instytutów przez okres ponad czterech lat. Typowe dla naszych stosunków było respektowanie w pełni tego stanu rzeczy tak przez władze uczelni, jak i Ministerstwa” [23].

W latach pięćdziesiątych w organizacji fizyki polskiej nastąpiły poważne zmiany. Na podstawie decyzji Prezydium Rządu, z dniem 1.10.1953 r. powstał Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk [36]. Na stanowisko dyrektora został powołany Stefan Pieńkowski, który jednak, ciężko chory, nie objął praktycznie tej funkcji. Faktycznym twórcą IF PAN został Leonard Sosnowski, mianowany dyrektorem w 1954 r. Główną siedzibą IF PAN miał być najpierw budynek przy ul. Hożej. Początkowo planowano, że w nowym instytucie będą reprezentowane wszystkie kierunki fizyki. Jednak później, uchwałą Prezydium Rządu z dnia 4.6.1955 r. został utworzony Instytut Badań Jądrowych, w którym miały zostać skoncentrowane badania z fizyki jądra atomowego i cząstek elementarnych [37]. Dyrektorem IBJ został Andrzej Sołtan, a znaczna część nowego instytutu także miała znaleźć pomieszczenia na Hożej. Obok Sosnowskiego i Sołtana duży udział w tworzeniu IF PAN i IBJ mieli inni profesorowie uniwersytetu: Bronisław Buras, Marian Danysz i Jerzy Pniewski.

Kadra obu nowych instytutów rekrutowała się oczywiście z zakładów uniwersyteckich, a przez wiele lat fizycy zatrudnieni formalnie w różnych instytu-

tach tworzyli wspólne zespoły badawcze i dzielili pomieszczenia. Pracownicy IF PAN ostatecznie przenieśli się całkowicie do nowego budynku przy al. Lotników, natomiast część zakładów IBJ (obecnie Instytutu Problemów Jądrowych) nadal mieści się na Hożej, a niektóre wspólne zespoły naukowe przetrwały do dziś.

Uniwersytecki ośrodek fizyki na Hożej, będący ośrodkiem polskiej szkoły fizyki doświadczalnej stworzonej przez Pieńkowskiego, przyczynił się istotnie do tworzenia i rozwijania bardzo różnej tematyki badawczej w innych uczelniach i instytutach pozauczelnianych w Polsce. Na ten temat istnieje wiele opracowań [16,24,38-42,45,46].

Według spisu osobowego UW na rok akademicki 1956/57 [43], nasza teoria liczyła już 18 osób, w tym 2 profesorów (Infeld i Rubinowicz) oraz 7 docentów (Janusz Dąbrowski, Marian Günther, Wojciech Królikowski, Karol Majewski, Jerzy Plebański, Maciej Suffczyński i Józef Werle).

W tym samym czasie w części doświadczalnej były 3 katedry: Fizyki Doświadczalnej, Atomistyki oraz Elektroniki i Radiologii, a w nich łącznie 40 pracowników naukowych, w tym 4 profesorów (Danysz, Pniewski, Sołtan i Sosnowski) i 2 docentów (Bronisław Buras i Zdzisław Wilhelmi).

Mimo rozbudowy w 1951 r., budynek stawał się coraz ciasniejszy, zwłaszcza że wszystkie jednostki wzbogacały się w aparaturę. W dniu 22 grudnia 1961 r. oficjalnie uruchomiony został w Hali Atomowej akcelerator elektrostatyczny systemu Van de Graaffa, który otrzymał nazwę „Lech” od imienia nieżyjącego już wówczas inż. Lecha Bobrowskiego, pierwszego kierownika zespołu konstruktorów tego przyrządu [44]. Akcelerator był formalnie własnością Zakładu IA IBJ, ale oczywiście służył fizykom z IBJ i z UW [45,46].

W 1963 r. powierzchnia budynku znów wzrosła, kiedy został oddany do użytku mały pawilon, w którym znalazły pomieszczenie zakłady cząstek elementarnych z UW i IBJ, Zakład Teorii Jądra Atomowego IBJ (niektórzy pracownicy tego Zakładu byli wówczas zatrudnieni także w IFT UW) oraz Biblioteka IFT i dyrekcja IFD.

Pawilon ten został wybudowany na terenie uniwersyteckim przez Instytut Badań Jądrowych. Ówczesny pełnomocnik Rządu ds. Wykorzystania Energii Jądrowej Wilhelm Billig, niezwykle przychylnie nastawiony do fizyki, zapewniał Jerzego Pniewskiego, że nowy pawilon pozostanie własnością IBJ tylko przez 10 lat, a potem – gdy IBJ przeniesie się do innej siedziby – stanie się własnością UW. W owych czasach słowo wysokiego urzędnika znaczyło tyle, że nikt nie śmiał wspomnieć o sporządzeniu formalnej umowy między IBJ i UW. Tymczasem w 1968 r. Wilhelm Billig został zmuszony do ustąpienia ze swego stanowiska. Choć pawilon zajmujący działkę uniwersytecką pozostaje nadal formalnie własnością IPJ, przyjazne stosunki utrzymujące się między tymi instytucjami oraz

tach tworzyli wspólne zespoły badawcze i dzielili pomieszczenia. Pracownicy IF PAN ostatecznie przenieśli się całkowicie do nowego budynku przy al. Lotników, natomiast część zakładów IBJ (obecnie Instytutu Problemów Jądrowych) nadal mieści się na Hożej, a niektóre wspólne zespoły naukowe przetrwały do dziś.

Uniwersytecki ośrodek fizyki na Hożej, będący ośrodkiem polskiej szkoły fizyki doświadczalnej stworzonej przez Pieńkowskiego, przyczynił się istotnie do tworzenia i rozwijania bardzo różnej tematyki badawczej w innych uczelniach i instytutach pozauczelnianych w Polsce. Na ten temat istnieje wiele opracowań [16,24,38-42,45,46].

Według spisu osobowego UW na rok akademicki 1956/57 [43], nasza teoria liczyła już 18 osób, w tym 2 profesorów (Infeld i Rubinowicz) oraz 7 docentów (Janusz Dąbrowski, Marian Günther, Wojciech Królikowski, Karol Majewski, Jerzy Plebański, Maciej Suffczyński i Józef Werle).

W tym samym czasie w części doświadczalnej były 3 katedry: Fizyki Doświadczalnej, Atomistyki oraz Elektroniki i Radiologii, a w nich łącznie 40 pracowników naukowych, w tym 4 profesorów (Danysz, Pniewski, Sołtan i Sosnowski) i 2 docentów (Bronisław Buras i Zdzisław Wilhelmi).

Mimo rozbudowy w 1951 r., budynek stawał się coraz ciasniejszy, zwłaszcza że wszystkie jednostki wzbogacały się w aparaturę. W dniu 22 grudnia 1961 r. oficjalnie uruchomiony został w Hali Atomowej akcelerator elektrostatyczny systemu Van de Graaffa, który otrzymał nazwę „Lech” od imienia nieżyjącego już wówczas inż. Lecha Bobrowskiego, pierwszego kierownika zespołu konstruktorów tego przyrządu [44]. Akcelerator był formalnie własnością Zakładu IA IBJ, ale oczywiście służył fizykom z IBJ i z UW [45,46].

W 1963 r. powierzchnia budynku znów wzrosła, kiedy został oddany do użytku mały pawilon, w którym znalazły pomieszczenie zakłady cząstek elementarnych z UW i IBJ, Zakład Teorii Jądra Atomowego IBJ (niektórzy pracownicy tego Zakładu byli wówczas zatrudnieni także w IFT UW) oraz Biblioteka IFT i dyrekcja IFD.

Pawilon ten został wybudowany na terenie uniwersyteckim przez Instytut Badań Jądrowych. Ówczesny pełnomocnik Rządu ds. Wykorzystania Energii Jądrowej Wilhelm Billig, niezwykle przychylnie nastawiony do fizyki, zapewniał Jerzego Pniewskiego, że nowy pawilon pozostanie własnością IBJ tylko przez 10 lat, a potem – gdy IBJ przeniesie się do innej siedziby – stanie się własnością UW. W owych czasach słowo wysokiego urzędnika znaczyło tyle, że nikt nie śmiał wspomnieć o sporządzeniu formalnej umowy między IBJ i UW. Tymczasem w 1968 r. Wilhelm Billig został zmuszony do ustąpienia ze swego stanowiska. Choć pawilon zajmujący działkę uniwersytecką pozostaje nadal formalnie własnością IPJ, przyjazne stosunki utrzymujące się między tymi instytucjami oraz



**INSTYTUT FIZYKI**  
(W-wa, Hoża 69, tel. 8-30-31)

**KATEDRY:**

**Katedra Termodynamiki i Mechaniki**

Kierownik

vacat.

Docent

Majewski Karol mgr

**Katedra Elektrodynamiki i Teorii Względności**

Kierownik

Infeld Leopold dr prof. zwyczaj.

Docenci

Werle Józef k.n.

Suffczyński Maciej k.n.

Adiunkci

Zelazny Roman mgr inż.

Starsi asystenci

Legatowicz Aleksander mgr

Mizgier Zofia mgr

Asystenci

Białynicki Iwo mgr

Wrzecionko Jerzy mgr

Tulczyjew Włodzimierz mgr

Zastępca asystenta

Bazański Stanisław mgr

**Katedra Optyki i Mechaniki**

Kierownik

Rubinowicz Wojciech dr prof. zw.

Docenci

Dąbrowski Janusz k.n.

Królikowski Wojciech k.n.

Günther Marian dr

Plebański Jerzy k.n.

Asystent

Jurewicz Andrzej mgr

Zastępca asystenta

Białkowski Grzegorz mgr

**Katedra Fizyki Doświadczalnej**

**Kierownik**

Pniewski Jerzy prof. n.

**Zastępca profesora**

Skaliński Tadeusz mgr

**Adiunkci**

Rosiński Kazimierz mgr

**Starsi asystenci**

Mierzecki Roman mgr

Rogaczewski Jerzy mgr

Moszyńska Bronisława mgr

Trynkowska Danuta mgr

**Asystenci**

Adamski Lesław

Kraińska Maria mgr

Karczewski Bogdan mgr

Pacholczyk Andrzej mgr

Kosek Stanisław

**Katedra Atomistyki**

**Kierownik**

Sołtan Andrzej dr prof. zw.

**Profesorowie nadzwyczajni**

Danyś Marian mgr inż.

**Docent**

Wilhelmi Zdzisław k.n.

**Adiunkt**

Skrzypczak Ewa mgr

**Starsi asystenci**

Droste Chrystian

Wróblewski Andrzej mgr

Rondio Janusz mgr

**Asystenci**

Gajewski Wojciech

Turkiewicz Irena mgr

Kowalczyński Jerzy

Zakrzewski Janusz

Sowiński Mieczysław mgr

**Katedra Elektroniki i Radiologii**

**Kierownik**

Sosnowski Leonard dr prof. zw.

**Docent**

Buras Bronisław mgr inż.

**Zastępca profesora**

Wolska Aniela k.n.

**Adiunkci**

Auleytner Julian mgr

• Wardzyński Wiesław mgr inż.

**Starsi asystenci**

Bogdanowicz Jerzy mgr

Szymańska Wanda mgr

Filiński Ignacy mgr

Toruń Andrzej mgr

Frejlik Wojciech mgr

Wilhelmi Janina mgr

Lefeld Maria mgr

Wojtowicz Barbara mgr

Piotrowski Jan mgr

**Asystenci**

Dziuba Eugeniusz mgr

Ginter Jerzy

ich pracownikami gwarantują brak napięć w sprawach własnościowych.

Rozszerzała się też tematyka badań prowadzonych na Hożej. W Instytucie Fizyki Doświadczalnej rozpoczęto badania ciała stałego metodami jądrowymi i pojawiła się Katedra Biofizyki, a potem także Pracownia Fizyki Medycznej. W Instytucie Fizyki Teoretycznej pojawiły się: teoria jądra atomowego i cząstek elementarnych, teoria ciała stałego, teoria plazmy (obecnie nie uprawiana w IFT), fizyka statystyczna i metody matematyczne fizyki.

W dniach 25–31 lipca 1962 r. Infeld zorganizował w Warszawie Międzynarodową konferencję pod nazwą „*Théorie relativistes et gravitation*”, z udziałem ponad 100 wybitnych fizyków teoretyków, reprezentujących wszystkie działy fizyki teoretycznej (odwiedzili wtedy Warszawę m.in. Bergmann, Bondi, Dirac, Feynman, Fock, Ginzburg, Mandelstam, Möller, Rosenfeld, Schiff i Wheeler). Było to pierwsze po wojnie tak duże zgromadzenie fizyków zagranicznych w Warszawie.

W okresie przedwojennym istniała tradycja zbierania się co pięć lat coraz liczniejszych wychowanków Hożej, którzy w dniu 30 stycznia obchodzili rocznicę założenia Zakładu. Po wojnie obchodzono uroczystości 50 rocznicę Hożej. W dniu 30 stycznia 1971 r. odbyła się specjalna sesja z udziałem licznie zaproszonych gości [47-49], przygotowano wystawę przedstawiającą historię i osiągnięcia ośrodka oraz wydano spis wszystkich prac naukowych opublikowanych przez pracowników uniwersyteckiego ośrodka na Hożej od 1921 r. [50].

W tym czasie ośrodek na Hożej bardzo szybko się powiększał. W 1972 r. Instytut Fizyki Doświadczalnej liczył 7 zakładów, a w nich 113 nauczycieli akademickich (w tym 8 profesorów i 5 docentów). Instytut Fizyki Teoretycznej w 7 zakładach skupiał 39 nauczycieli akademickich (w tym 6 profesorów i 3 docentów). Istniała też Katedra Metod Matematycznych Fizyki licząca 15 pracowników (w tym 1 profesor i 2 docentów) [51].

Wzrastająca stale liczba studentów (w latach sześćdziesiątych przyjmowano na I rok fizyki bardzo wielu studentów, np. 150 w r. akad. 1963/64, a potem nawet ponad 200) spowodowała konieczność wyprowadzenia części pracowni, głównie dydaktycznych, poza Hożę. Już w 1965 r. biofizyka znalazła się w gmachu Wydziału Geologii na Ochocie. W latach 1969 i 1974 wydział nasz uzyskał pierwsze dwa budynki na nowym terenie przy ul. Pasteura. Przeniesiono tam z Hożej 69 pracownie studenckie, kilka sal ćwiczeniowych i centralne warsztaty, a pozostałą powierzchnię zajął Instytut Geofizyki i jeden z zakładów IFD. Objęliśmy także w posiadanie część uniwersyteckiej kamienicy przy ul. Hożej 74, gdzie znalazł się dziekanat Wydziału Fizyki oraz Katedra Metod Matematycznych Fizyki i jeden z zakładów IFT.

W związku z powstaniem Zakładu Dydaktyki Fizyki po zlikwidowaniu Wyższego Studium Nauczycielskiego, Wydział Fizyki użytkował też przez wiele lat

barak przy ul. Nowowiejskiej oraz zespół pomieszczeń w gmachu Wydziału Psychologii przy ul. Stawki. Obecnie zamiast tego użytkujemy budynek przy ul. Smyczkowej, gdzie w 1991 r. zostało zorganizowane Nauczycielskie Kolegium Fizyki.

W końcu lat siedemdziesiątych stan zatrudnienia na Hożej osiągnął apogeum. W 1979 r. w Instytucie Fizyki Doświadczalnej było 124 nauczycieli akademickich zatrudnionych w 10 zakładach, w Instytucie Fizyki Teoretycznej 50 fizyków w 7 zakładach, a Katedra Metod Matematycznych Fizyki liczyła 16 osób. Łącznie pracowało wtedy na Hożej 19 profesorów i 17 docentów [52].

Tabela 1. Rozwój kadry uniwersyteckiego ośrodka fizyki na Hożej

Rok	Ogółem pracowników naukowych	W tym profesorów i docentów
1921	4	2
1926	14	2
1931	15	2
1936	31	2
1946	15	5
1951	49	8
1956	62	16
1961	75	21
1966	118	26
1971	130	18
1973	167	27
1979	190 (187) <sup>a</sup>	36
1992	186 (160) <sup>a</sup>	81 <sup>b</sup>

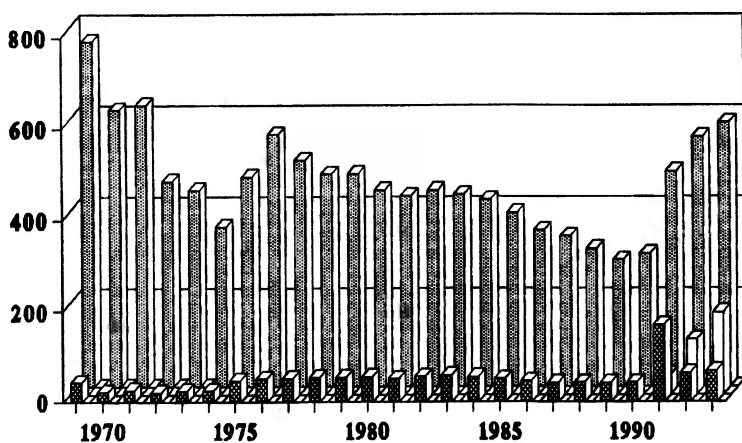
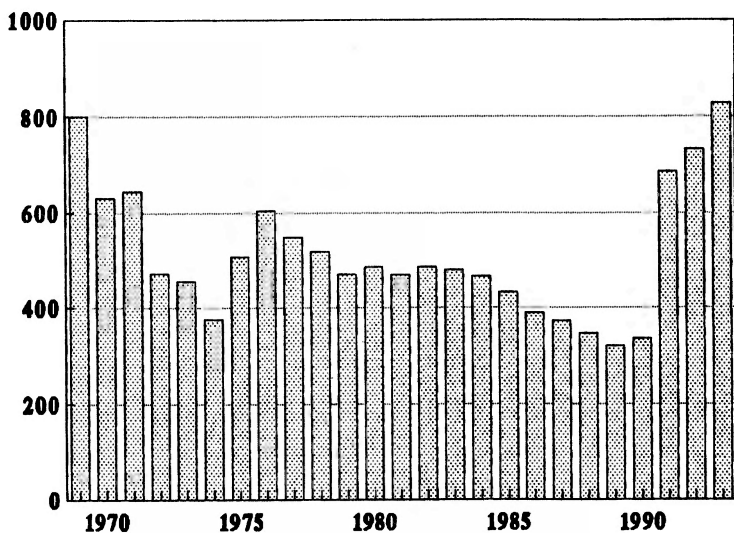
<sup>a</sup> W nawiasie liczba etatów.

<sup>b</sup> Profesorowie z tytułem naukowym i doktorzy habilitowani.

Kryzys ekonomiczny i represje stanu wojennego nie pozostały bez wpływu na zatrudnienie na Hożej. Została zmniejszona liczba etatów, a z drugiej strony wzrosła znacznie mobilność kadry. Pojawiło się zjawisko „nawisu etatowego”, przy którym znaczna część osób jest w każdej chwili na urloпах i liczba zatrudnionych przewyższa liczbę etatów. W październiku 1992 r. Instytut Fizyki Doświadczalnej miał na 103 etatach 114 zatrudnionych nauczycieli akademickich, Instytut Fizyki Teoretycznej 57 zatrudnionych na 43 etatach, a Katedra Metod Matematycznych

## Wydział fizyki UW

### Liczba studentów na studiach dziennych



■ Astronomia    □ Kolegium    ▨ Fizyka

Studenci Wydziału Fizyki UW; część górna: liczba wszystkich studentów wydziału, część dolna: rozbić liczby studentów na kierunki

Fizyki 15 zatrudnionych na 14 etatach. Łącznie ośrodek uniwersytecki na Hożej liczył wtedy 28 osób z tytułem profesora i aż 53 – ze stopniem doktora habilitowanego [53]. Najwyżej kwalifikowana kadra obejmuje więc obecnie już połowę wszystkich zatrudnionych.

Po chudych latach osiemdziesiątych liczba studentów fizyki znów szybko wzrosła, toteż konieczne było dalsze zwiększenie powierzchni użytkowanej przez Wydział. Zakończenie nadbudowy skrzydła zbudowanego w 1951 r. pozwoliło rozładować tłok w pracowniach Hożej. W ciągu najbliższych dwóch lat liczba studentów Wydziału Fizyki przekroczy tysiąc i zapewne utrzyma się na tym poziomie.

Przed trzydziestu laty powstała koncepcja budowy części kampusu uniwersyteckiego na Ochocie, między ulicami Banacha, Pasteura, Wawelską i al. Żwirki i Wigury. Sporządzono nawet plany budowy na tamtym terenie wielkiego kompleksu budynków dla fizyki z kilkoma dużymi amfiteatralnymi salami. Tam miała się przenieść fizyka z budynku przy ul. Hożej 69. Jerzy Pniewski w swoich wspomnieniach napisał nawet: „Zastanawiam się kiedy nasi następcy przestaną mówić »Hoża« o uniwersyteckim ośrodku fizyki, a nazwę jego zaczną wiązać z ulicą Banacha” [23].

Tymczasem wobec pogarszającej się sytuacji ekonomicznej państwa plany te odłożono na na daleką, nie dającą się przewidzieć przyszłość. Chociaż na terenie uniwersyteckim na Ochocie mieści się obecnie chemia, geologia i matematyka uniwersytecka, dwa wspomniane wyżej pawilony fizyki oraz niemal wykończony budynek Środowiskowego Laboratorium Ciężkich Jonów UW, a niedługo stanie tam też budynek biologii, jest pewne, iż zasadnicza część ośrodka uniwersyteckiego fizyki pozostanie na Hożej 69 jeszcze przez wiele lat.

W ciągu swej dotychczasowej historii uniwersytecki ośrodek fizyki na Hożej należał do różnych Wydziałów Uniwersytetu Warszawskiego. Od początku istnienia do 1926 r. był częścią Wydziału Filozoficznego, potem aż do 1949 r. – częścią Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego. Przez trzy lata, do 1953 r., należeliśmy do Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii, przez następnych szesnaście lat – do Wydziału Matematyki i Fizyki, a od 1969 r. – do Wydziału Fizyki.

Za dwa lata, w styczniu 1996 r., będziemy obchodzili 75 rocznicę powstania Hożej. Czas już rozpocząć przygotowania do tych obchodów.

## Literatura

- [1] W. Kapuściński, „Zgon Stefana Pieńkowskiego”, *Problemy* **10**, 56 (1954).
- [2] W. Kapuściński, „Stefan Pieńkowski 28.VII.1883 – 20.XI.1953”, *Postępy Fizyki* **14**, 615 (1963).
- [3] L. Natanson, „Stefan Pieńkowski”, *Postępy Fizyki* **5**, 227 (1954).
- [4] A. Piotrowska, „Ze wspomnień o Profesorze Stefanie Pieńkowskim”, *Postępy Fizyki* **11**, 19 (1960).
- [5] J. Pniewski, „Stefan Pieńkowski, twórca polskiej szkoły fizyki doświadczalnej”, *Problemy* **15**, 10 (1969).
- [6] T. Skaliński, „Stefan Pieńkowski, uczoney i organizator badań”, *Postępy Fizyki* **20**, 643 (1969).
- [7] „Moim Mistrzem był Stefan Pieńkowski... – rozmowa z Tadeuszem Skalińskim”, *Postępy Fizyki* **40**, 163 (1989).
- [8] L. Sosnowski, „W stulecie urodzin Stefana Pieńkowskiego”, *Postępy Fizyki* **35**, 161 (1984).
- [9] B. Twarowska, „Stefan Pieńkowski – twórca Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego”, *Problemy*, nr 11, 693 (1963).
- [10] J. Pniewski, „Warszawskie środowisko fizyków okresu międzywojennego”, *Postępy Fizyki* **36**, 51 (1985).
- [11] *Uniwersytet Warszawski 1915–1939, 1939–1944, Suplement 1945–1965, materiały bibliograficzne* (Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 1991).
- [12] Z. Mizgier, „Powstanie i rozwój Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Część II”, *Postępy Fizyki* **29**, 67 (1978).
- [13] L. Natanson, „Wspomnienie o Andrzeju Sołtanie”, *Postępy Fizyki* **11**, 11 (1960).
- [14] H. Niewodniczański, „Andrzej Sołtan (1897 – 1959)”, *Postępy Fizyki* **11**, 3 (1960).
- [15] Z. Wilhelmi, „Życie i dzieło Andrzeja Sołtana w dwudziestą rocznicę śmierci”, *Postępy Fizyki* **31**, 379 (1980).
- [16] W. Majewski, „O pracach Katedry Fizyki Elektronowej Politechniki Warszawskiej”, *Postępy Fizyki* **14**, 659 (1963).
- [17] „Od pierwszych kroków w fizyce do odkrycia zjawiska odwrotnego nasycenia dielektrycznego – rozmowa z prof. Arkadiuszem H. Piekara”, *Postępy Fizyki* **35**, 167 (1984).
- [18] Z. Ziółkowska, „Fizyka teoretyczna w Polsce do 1939 r.: geneza i rozwój”, *Kwartalnik Historii Nauki i Techniki* **32**, 313 (1987).
- [19] W. Ściśłowski, „Czesław Białobrzegi”, *Postępy Fizyki* **5**, 413 (1954).
- [20] *Skład Uniwersytetu i Spis Wykładów na rok akademicki 1929–1930* (Uniwersytet Warszawski, Warszawa 1929).
- [21] *Skład Uniwersytetu i Spis Wykładów na rok akademicki 1930–1931* (Uniwersytet Warszawski, Warszawa 1930).
- [22] *Spis Wykładów na rok akademicki 1937–1938* (Uniwersytet Józefa Piłsudskiego, Warszawa 1937).
- [23] J. Pniewski, „Wspomnienia autobiograficzne”, *Kwartalnik Historii Nauki i Techniki* **33**, 257 (1988).
- [24] M. Danyś, J. Pniewski, „Fizyka wysokich energii i cząstek elementarnych w Ośrodku Warszawskim na Hożej”, *Postępy Fizyki* **14**, 633 (1963).

- [25] *Skład uniwersytetu i spis wykładów na rok akademicki 1947–1948* (Uniwersytet Warszawski, Warszawa 1947).
- [26] „Chyba już to wiem... – rozmowa z Leonardem Sosnowskim”, *Postępy Fizyki* **37**, 63 (1986).
- [27] R. Wyrzykowski, „Hala atomowa Uniwersytetu Warszawskiego, wywiad z profesorem dr A. Sołtanem”, *Problemy*, nr 4, 237 (1948).
- [28] K. Majewski, „Fizyka teoretyczna w 20-leciu Polski Ludowej”, *Postępy Fizyki* **15**, 247 (1964).
- [29] A. Trautman, „Wspomnienie o Leopoldzie Infeldzie”, *Postępy Fizyki* **19**, 147 (1968).
- [30] J. Werle, „Wspomnienie o Leopoldzie Infeldzie”, *Postępy Fizyki* **29**, 367 (1978).
- [31] „Rozbudowa gmachu Instytutu Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego”, *Postępy Fizyki* **3**, 116 (1952).
- [32] „Nowe skrzydło gmachu Instytutu Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego”, *Postępy Fizyki* **3**, 388 (1952).
- [33] „Przyjęcia na I rok studiów fizyki”, *Postępy Fizyki* **3**, 521 (1952).
- [34] „Instytut Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego”, *Postępy Fizyki* **3**, 116 (1952).
- [35] „Instytuty Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego”, *Postępy Fizyki* **3**, 520 (1952).
- [36] „Instytut Fizyki PAN”, *Postępy Fizyki* **5**, 102 (1954).
- [37] „Instytut Badań Jądrowych w Polsce”, *Postępy Fizyki* **6**, 564 (1955).
- [38] B. Buras, „Od dyfrakcji promieni X na Hożej do dyfrakcji neutronów w Świerku”, *Postępy Fizyki* **14**, 627 (1963).
- [39] A. Jabłoński, „O pracach Katedry Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Mikołaja Kopernika”, *Postępy Fizyki* **14**, 641 (1963).
- [40] A. Piekara, „O rozwoju fizyki dielektryków w Polsce”, *Postępy Fizyki* **14**, 679 (1963).
- [41] T. Skaliński, „O pracach Katedry Optyki Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego i Zakładu Optyki Instytutu Fizyki Polskiej Akademii Nauk”, *Postępy Fizyki* **14**, 691 (1963).
- [42] L. Sosnowski, „Badania optyczne półprzewodników”, *Postępy Fizyki* **14**, 697 (1963).
- [43] *Skład Uniwersytetu na rok akademicki 1956–1957* (Uniwersytet Warszawski, Warszawa 1956).
- [44] „Akselerator elektrostatyczny »Lech«”, *Postępy Fizyki* **13**, 367 (1962).
- [45] Z. Wilhelmi, „Fizyka jądra atomowego w ośrodku warszawskim”, *Postępy Fizyki* **13**, 237 (1962).
- [46] Z. Wilhelmi, „Doświadczalna fizyka jądra atomu ośrodka warszawskiego w latach 1945–64”, *Postępy Fizyki* **15**, 405 (1964).
- [47] W. Majewski, „50-lecie warszawskiej fizyki”, *Postępy Fizyki* **22**, 449 (1971).
- [48] L. Sosnowski, „Referat z okazji 50-lecia Uniwersyteckiego Ośrodka Fizyki na Hożej w Warszawie”, *Postępy Fizyki* **22**, 459 (1971).
- [49] J. Pniewski, „50-lecie Ośrodka Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego (lata 1945–1971)”, *Postępy Fizyki* **22**, 465 (1971).
- [50] *Prace uniwersyteckiego ośrodka fizyki opublikowane w pięćdziesięcioleciu 1921–1970*, red. S. Bazański, J. Zakrzewski (Uniwersytet Warszawski, Warszawa 1971).
- [51] *Skład osobowy UW na rok akademicki 1972–1973* (Uniwersytet Warszawski, Warszawa 1972).



- [52] *Skład osobowy Uniwersytetu Warszawskiego w roku akademickim 1979/80* (Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 1980).
- [53] *Skład osobowy Uniwersytetu Warszawskiego w roku akademickim 1992/93* (Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 1993).
- [54] *Album karykatur P.P. Profesorów i Asystentów Wydziału Lekarskiego Uniwersytetu Warszawskiego* (Wydawnictwo Koła Medyków S.U.W., Warszawa 1927).

## ROZMOWY

**Ciekawość i współczucie  
(rozmowa z Victorem Weisskopfem)\***

**Curiosity and compassion  
(an interview with Victor Weisskopf)**

**S. Ulbig [SU]** – Skończył Pan właśnie osiemdziesiąt pięć lat i zajmuje się Pan od ponad sześćdziesięciu lat fizyką. Jakie, według Pana, najpoważniejsze zmiany metod fizycznych nastąpiły w tym okresie?

**Victor Weisskopf [VW]** – Fizyka doświadczalna rozwinęła się nadzwyczajnie, choć może nie we wszystkich dziedzinach. W fizyce ciała stałego metody pozostają w gruncie rzeczy takie same: trzeba mieć pokój, stół i już można prowadzić doświadczenia. Laser spowodował ogromny postęp w sztuce eksperymentu. Natomiast akceleratory cząstek elementarnych wprowadziły zupełnie nowy gatunek eksperymentowania: ze względu na ich wielkie rozmiary, i ponieważ opracowywanie danych obserwacyjnych jest tak skomplikowane, potrzebna jest wielka liczba osób i wielki komputer. Zdarzają się więc publikacje podpisane przez 300 autorów. Skutkiem tego badania uzyskują nowy charakter. Większość ludzi w tak wielkiej grupie to pomocnicy, którzy w gruncie rzeczy nie całkiem są zdolni pojąć o co chodzi. Jest natomiast kilka postaci wiodących, rodzaj wodzów, którzy dyktatorsko rządzą grupą. Przez to zmienił się socjologiczny aspekt badań. Czy wychodzi to na dobre czy na złe, tego nie wiem. To pewno jest złe z osobistego punktu widzenia jednostki, jest jednak konieczne aby we właściwy sposób wykorzystać akcelerator.

Godne uwagi jest to, że w fizyce teoretycznej występuje podobna tendencja: wprowadza się tu w wielkim stylu komputer, a więc i tu, choć może nie w

---

\*Rozmowę z V. Weisskopfem przeprowadził S. Ulbig z redakcji czasopisma *Physikalische Blätter*. Wywiad ukazał się w *Physikalische Blätter* 49, nr 9, 783 (1993) i został przetłumaczony za zgodą Autorów i Wydawcy [Translated with permission. Copyright ©1993 by VCH] (przyp. Red.).

tym stopniu, potrzeba sił pomocniczych. Są tu jeszcze publikacje jednego autora, zdarzają się jednak prace teoretyczne, gdzie liczba autorów sięga dziesięciu w przypadkach, gdy pewną ideę można opracować tylko za pomocą komputera. To ma dobre i złe strony. Dobrze jest, że można rozwiązywać numerycznie coraz to bardziej skomplikowane równania, źle – że wątpliwe jest, czy poszczególni uczestnicy badań naprawdę zrozumieli istotę problemu.

W związku z tym zawsze chętnie opowiadam pewną anegdotkę. Interesowało mnie, dlaczego wiatr na naszych szerokościach geograficznych wieje zwykle z zachodu. Gdy spytałem o to pewnego znanego meteorologa w MIT, powiedział mi: „Proszę wejść do mojego pokoju, zaraz to Panu pokażę”. Uruchomił tam na dużym komputerze program uwzględniający promieniowanie słoneczne, siłę Coriolisa i wszystkie inne możliwe czynniki. „Proszę spojrzeć, wszystkie strzałki skierowane są z zachodu”. „To dobrze”, powiedziałem, „komputer zrozumiał, ale Pan i ja?”. Ta historyjka ma pokazać, że komputer powoduje pewne lenistwo myślowe, i to na wszystkich szczeblach. Uczniowie nie umieją już na pamięć tabliczki mnożenia, bo mają kieszonkowe kalkulatorki, a nawet wielcy uczeni zadowoleni są, gdy uzyskają wyniki z obliczeń komputerowych, mimo że istota sprawy może się gdzieś tam zagubiła. Sądzę jednak, że są jeszcze fizycy posiadający głębokie zrozumienie, a to co mówiłem, to tylko choroba średnich warstw.

SU – Innym symptomem nowoczesnych badań jest daleko posunięta specjalizacja. Jak Pan to ocenia?

VW – Rozległy eksperyment prowadzony przy wielkim akceleratorze wymaga naturalnie udziału nie tylko fizyków – cząstkowców, ale także np. fizyków ciała stałego i wielu komputerowców. Każdy z tych specjalistów pracuje nad swoim szczegółowym zagadnieniem. Powstaje pytanie: kto właściwie w tej grupie wykonał pracę i ile każdy poszczególny uczestnik wniósł samodzielnego wkładu? Nie należy jednak nie doceniać samodzielności. Współpraca w takiej wielkiej grupie obejmuje stosunkowo dużo odrębnych dziedzin, tak że ludzie muszą w końcu pracować samodzielnie i ponosić pewną odpowiedzialność. Fakt, że wysiłek, jaki należy dziś włożyć w wykonanie doświadczenia, jest teraz o tyle większy niż dawniej, świadczy według mnie tylko o tym, że fizyka jest bardzo zaawansowaną, wymagającą inteligencji nauką.

SU – Czy dzisiaj doradziłby Pan młodemu fizykowi zająć się raczej badaniami stosowanymi czy podstawowymi?

VW – To zupełnie inny problem. Dotychczas mówiłem o fizyce podstawowej – może lepszym terminem jest „fizyka czysta”, bo jeśli chodzi o fizykę ciała stałego, to nie tyle w fizyce podstawowej ile w fizyce czystej nie bierze się pod uwagę zastosowań. O wiele obszerniejszą dziedziną, w której potrzebna jest znacznie



Victor Weisskopf (ur. 1908) zaczął w wieku 18 lat studiować fizykę w swoim rodzinnym mieście – Wiedniu. Po dwóch latach, w ciągu których słuchał m.in. wykładów fizyki teoretycznej Hansa Thirringa, przeniósł się do Getyngi, gdzie doktoryzował się w 1931 r. u Maxa Borna. Później pracował u Heisenberga w Lipsku, u Schrödingera w Berlinie, u Landaua na Ukrainie, u Bohra w Kopenhadze, u Diraca w Cambridge, a w końcu u Pauliego w Zurychu. W 1937 r. wyjechał do Stanów Zjednoczonych, gdzie początkowo pracował na Uniwersytecie w Rochester. W 1942 r. uzyskał obywatelstwo amerykańskie i od 1943 r. brał udział w pracach Manhattan Project w Los Alamos. Od 1946 r. Weisskopf jest profesorem MIT. W okresie 1960-65 był dyrektorem generalnym CERN-u w Genewie. Głównym przedmiotem jego badań była z początku kwantowa teoria pola, a później oddziaływania silne. Poza swoimi pracami naukowymi, Weisskopf jest znany z szerokiej działalności publicystycznej i wielkiego zaangażowania politycznego na rzecz pokoju i rozbrojenia. Niemieckie Towarzystwo Fizyczne honorowało go wielokrotnie: w 1956 r. Medalem Maxa Plancka, w 1984 r. członkostwem honorowym, w 1989 r. Nagrodą za Dydaktykę. (Dodajmy od siebie, że Polskie Towarzystwo Fizyczne nadało mu w 1977 r. swoje najwyższe odznaczenie – Medal Mariana Smoluchowskiego – przyp. Red.)

większa liczba ludzi, jest rozwijanie zastosowań. Tu również istnieje wiele możliwości prowadzenia niezależnych badań. Sądzę, że w fizyce powstaje teraz pewna tendencja aby koncentrować się bardziej na zastosowaniach niż na podstawach, a wynika to z różnych przyczyn. Przede wszystkim, wśród wielu problemów, przed którymi dzisiaj stoi ludzkość jest zanieczyszczenie atmosfery i wszystkie inne

sprawy dotyczące środowiska, do których rozwiązania nauka może jeszcze bardzo wiele wnieść. Dlatego wielu ludzi przechodzi od fizyki czystej do stosowanej, szczególnie do fizyki środowiska. Uważam, że to bardzo dobrze. Jestem przekonany, że w następnym stuleciu procent naukowców, szczególnie fizyków, którzy uprawiają badania czyste, stanie się znacznie mniejszy niż obecnie, a to dlatego, że uwaga będzie, i powinna, skupiać się na problemach środowiska, które muszą zostać rozwiązane.

SU – Czy nie powstaje niebezpieczeństwo, że przez nagłe, przesadne odwołanie od fizyki czystej oddalimy się od podstaw?

VW – To jest możliwe i wydaje mi się, że już widać pewne objawy takiego procesu. Na przykład, dzisiaj znacznie trudniej jest uzyskać pomoc finansową rządów dla fizyki czystej. Z drugiej jednak strony, zastanawiam się, czy to nie jest całkiem rozsądne, gdyż stoimy przed bardzo trudnymi problemami, nie wchodzącymi w zakres czystej nauki. W wielkiej mierze są one uwarunkowane stosunkami socjologicznymi, politycznymi, psychologicznymi, a przede wszystkim ekonomicznymi. Pomimo to, są tu wielkie zadania do wypełnienia przez fizykę i chemię, którą zaliczyłbym do fizyki. Cały bilans dwutlenku węgla jeszcze nie jest porządnie zbadany, to samo dotyczy zanieczyszczeń atmosfery i wód, a także wielu innych problemów, które uważam za całkiem ważne. I dlatego sądzę, że kierunek ku fizyce stosowanej nie jest taki zły.

SU – Pan zawsze troszczył się o popularyzację fizyki i działał Pan w tym kierunku przez odczyty i pisanie książek dla niefachowców. Czy nie istnieją tu nadal wielkie braki?

VW – Stosunek do fizyki, czy w ogóle do nauki nie jest zbyt dobry ani w Europie ani w Ameryce. Nauczanie fizyki czy w ogóle nauk ścisłych mogłoby być o wiele lepsze. Byłoby ważne, aby całe społeczeństwo rozumiało osiągnięcia naukowe, a co najmniej wagę sposobu rozumowania naukowego. Istnieje dzisiaj tendencja odbierania nauki jako czegoś szkodliwego. Trzeba się temu przeciwstawić przez odpowiednie wychowanie. Już dzieci w zabawie, przez własne eksperymentowanie, powinny zacząć się tym interesować. To znaczy, że nauczyciel powinien obudzić zainteresowanie zanim zacznie przekazywać wiedzę. Gdy uczeń jest tylko napychany faktami, to ginie istota nauczania: *aktywne* zajmowanie się nauką.

SU – W związku z tym przychodzi na myśl Pana powiedzenie „Popieram elity, które są potrzebne do intelektualnego ukierunkowania”.

VW – Rola osobowości jest niesłychanie ważna. Mam takie uczucie, że dziś jest mniej indywidualności niż dawniej, chociaż ludzi jest więcej. A szkoda, bo to ma związek z dzisiejszą kulturą. Nie popiera się dążenia aby być innym niż człowiek przeciętny, przeciwnie – nie jest to dobrze widziane. Dawniej w nauce,

tak jak w kulturze i polityce było więcej indywidualności, które służyły jako przykład nie tylko w swojej dziedzinie ale i jako wzorce ogólne. Dziś zdarza się to rzadziej.

**SU** – Jak Pan myśli, jaka jest tego przyczyna?

**VW** – Przyczyna leży w całym rozwoju kultury. Myślę, że przesadna wykładnia demokracji ma coś z tym wspólnego. Wszyscy muszą studiować na uniwersytecie, co jest w ogóle bez sensu. Wielu ludzi po prostu do tego się nie nadaje i znacznie lepiej przysłużyliby się ludzkości, gdyby poszli do szkół zawodowych i zostali stolarzami czy innymi rzemieślnikami. Nie każdy przecież musi zostać intelektualistą – tego nie da się zrobić. Istnieje dzisiaj pewna tendencja do zrównywania, i to jest szkodliwe. Ale jak to zmienić, nie wiem – może przez częste wypowiedzi na ten temat.

**SU** – W swojej najnowszej książce *Joy of Insight* opisuje Pan rozmowę ze swoim wnukiem, w której przekonał go Pan, żeby nie studiował fizyki. Czy można stąd wyciągnąć wniosek, że Pan sam w dzisiejszych czasach nie studiowałby fizyki?

**VW** – Słusznie. Bierze się to głównie stąd, że zająłem się fizyką w czasach, gdy powstawała teoria kwantów, tzn. w czasach niebywałych przemian i niebywałego postępu w zrozumieniu materii i zastosowaniach technicznych. Dziś już tak nie jest. Dziś trzeba jeszcze wypracowywać wiele szczegółów. W fizyce podstawowej jesteśmy już bardzo daleko od codziennego otoczenia. W fizyce cząstek np. badamy warunki jakie panowały na początku Wszechświata, co jest oczywiście bardzo ciekawe, ale nie tam leży bezpośredni interes ludzkości. Dlatego powiedziałem wnukowi, że skierowałbym się tam, gdzie jeszcze nic się nie rozumie, a tym jest proces myślenia i świadomość. On rzeczywiście przestawił się i dziś ma duże sukcesy. Biologia, a szczególnie biologia rozwoju, również oferuje wiele nie rozwiązanych problemów. Mimo że są tam już pewne podstawy, to jednak wiele jeszcze jest do odkrycia w tym, co stoi bliżej ludzkiego życia.

**SU** – Czy według Pana relacja nieoznaczoności ma o wiele większe znaczenie dla codziennego życia niż kwarki?

**VW** – Tak, choć bardzo trudno jest powiedzieć, czy na początku zdawano sobie sprawę ze znaczenia teorii kwantowej. Przeczowano to jednak. Przypominam sobie pewien epizod ze środkowego okresu moich studiów, kiedy chciałem przenieść się na medycynę. Max Born powiedział mi wtedy: „Nie ma Pan pojęcia jak te sprawy staną się ważne dla ludzkości”.

Z teorii kwantów powstał cały nowy świat – elektronika, nowe materiały. Całe życie zmieniło się dzięki odkryciu teorii kwantów. Natomiast fizyka kwarków nie odgrywa na Ziemi żadnej roli. Odgrywała może rolę na początku Wszechświata,

ale to jest tak odległe od życia ludzkiego.

SU – Pan sam określa się, patrząc na swoje długie, wypełnione różnymi zainteresowaniami życie, jako człowiek szczęśliwy. Czy w swojej działalności jako *fizyk* widzi się Pan raczej jako ten, który niesie nadzieję postępu, czy jako inżynier katastrofy?

VW – Jedno i drugie – i jest bardzo ważne, by zdawać sobie z tego sprawę. Mówi się dziś, że nauka i technika pogorszyły świat, co w pewnym sensie jest prawdziwe. Mamy o wiele więcej i lepszej broni masowej zagłady, mamy ten cały problem środowiska wywołany przez technikę. Z drugiej jednak strony, nie wolno zapominać o niesłychanym postępie jakie nauka i technika zrobiły w ochronie życia ludzkiego. Medycyna, „technika biologii”, dokonała tego, że ludzie żyją dwukrotnie dłużej, że śmiertelność dzieci praktycznie znikła, że nie ma prawie epidemii. W ogólnym bilansie trzeba powiedzieć, że dobre rzeczy znacznie przeważają. Nasze całe życie stało się znacznie przyjemniejsze i ciekawsze. Jestem na tyle optymistą aby powiedzieć, że można uniknąć złych rzeczy i tak się może stanie.

SU – W swojej książce pisze Pan: „Często myślałem sobie, że gdybym mógł wybierać, chętnie żyłbym jako uczoney w XIX w. To były czasy pełne możliwości i początków nowego we wszystkich dziedzinach kultury. To były czasy wielkich nadziei na lepszą przyszłość. To były czasy niewinności, czasy bez gniewu, bez tej strasznej świadomości negatywnych skutków wielu z tych spraw, które wówczas miały swój początek.” Czy nie przegląda trochę z tego tęsknota za wieżą z kości słonowej uczonego?

VW – To co chciałem wyrazić, to nie tyle pragnienie powrotu do tamtych czasów, ale raczej opis tamtej epoki, w której odkrywano niebywale nowe rzeczy, także w fizyce, jak mechanikę statystyczną czy elektrodynamikę. Ale to co robi na mnie właściwie jeszcze większe wrażenie w XIX w. to strona kulturalna: impresjonizm ze swoim nowym sposobem widzenia i malowania światła, a w muzyce ci wszyscy wielcy kompozytorzy, jak Brahms, Mahler i wielu innych. A dalej – w literaturze powieść, rozkwit pisarstwa i teatru i, nie zapominajmy, zdobycze społeczne. Aż do połowy XIX w. ludzie byli wyzyskiwani w przemyśle i technice, dostawali głodowe płace, niszczone ich zdrowie. Wtedy powstały ruchy społeczne, nie tylko marksizm, które przyniosły opiekę społeczną dla robotników, ośmiogodziny dzień pracy, zakaz pracy dzieci.

SU – Pańska chęć aby fizycy zajmowali się (znowu) więcej odkryciami i zdumiewającymi rzeczami a mniej odtwarzaniem procesów przyrody jest, moim zdaniem, nie całkiem w zgodzie z zauważoną i nazwaną przez Pana „nie tak złą” tendencją orientowania badań na zastosowania. Czy nie widzi Pan tu sprzeczno-

ści?

VW – Życie ludzkie zbudowane jest ze sprzeczności i to czyni je interesującym. Niels Bohr wyraził to w swoim pojęciu komplementarności, z którym się całkiem zgadzam i którego nauczyłem się od niego. To co powiedziałem o wychowaniu ma właśnie ten sens: trzeba nauczać jak dziwić się Przyrodzie i jak ją podziwiać. Dochodzimy tu do tematu „religia”. Wielu ludzi uważa, że religia odgrywała zawsze ważną rolę. Zdumienie i podziw, przyjemność z wielu cudowności, które nas otaczają, mają charakter religijny, z czym ja także się zgadzam. Nauka jest tylko jedną z metod zrozumienia spraw życia; istnieją inne, jak sztuka i religia. W wykładzie o powstaniu Wszechświata powiedziałem kiedyś: „Przedstawię wam teraz opis Wielkiego Wybuchu w muzyce – w »Stworzeniu Świata« Haydna”.

Musi być wiele punktów widzenia, również i etyczny – nauka nie może odróżnić co jest dobre a co złe. Nauka może powiedzieć: jeżeli zrobisz to, to nastąpi taki skutek, choć może on być czasem trudno osiągalny. Jednak poza zasięgiem nauki leży wnioskowanie, co powinno się robić a czego nie. Sama nauka nie może więc wystarczać.

Wyraziłem to kiedyś w ten sposób, że istnieją dwa dążenia (po angielsku brzmi to bardziej poetycznie): *curiosity*, ciekawość i *compassion*, tzn. współczucie, wspólne odczuwanie z innymi. Oba są nam potrzebne. Ciekawość, tzn. sama nauka, nie wystarcza, trzeba mieć również społeczne współczucie ze swoimi współobywatelami. Uważam to za bardzo ważną zasadę.

SU – Napisał Pan, że chciałby Pan aby uczony, który dojdzie do wniosku, że wyniki jego pracy mogłyby mieć ujemne skutki, mimo to prowadził badania i ogłaszał wyniki.

VW – To jest trochę problematyczna historia, gdyż długa jest droga od odkrycia podstawowego do zastosowania. W rzadkich tylko przypadkach ludzie, którzy zrobili odkrycie podstawowe, wiedzą co z tego wyniknie. Einstein nie mógł wiedzieć, że z równania  $E = mc^2$  powstanie bomba atomowa. Powiedziałbym raczej, że późniejsze pokolenia badaczy powinny się przekonać co jeszcze złego czy dobrego wynika z poprzednich odkryć. Tu wchodzi ta ważna zasada: „nie powinno się robić wszystkiego co można zrobić”. Poznanie granicy jest właściwie obowiązkiem późniejszej generacji, a nie tej, która odkrycie zrobiła. Kiedyś bardzo pięknie wyraził to Faraday, gdy po odkryciu przez niego związku między prądem elektrycznym i magnetyzmem pytano go o praktyczne znaczenie tego odkrycia. Powiedział: „What is the use of a new born baby?” (A jaki jest pożytek z noworodka?).

Zwykle zastosowania mogą być dobre i złe i dlatego trzeba później odróżnić



co jest dobre a co złe, dobre zastosowania popierać a złym się przeciwstawiać, co czasem jest potwornie trudne. Jak ciężko było np. zwalczyć tę zwariowaną ideę (jądrowego) wyścigu zbrojeń! Na szczęście to już za nami.

**SU** – Gdy był Pan dyrektorem CERN-u, powziął Pan myśl stworzenia laboratorium światowego. Urzeczywistnienie tego zostało rozbite głównie przez interesy własne poszczególnych państw. Dzisiaj ten problem stał się znowu aktualny wobec projektu amerykańskiego SSC<sup>1</sup> i CERN-owskiego LHC. Czy uważa Pan te równoległe projekty za sensowną szansę na komplementarne, wzajemnie uzupełniające się badania, czy też będzie to po prostu wyrzucenie pieniędzy w błoto, gdyż znowu na pierwszy plan wysuną się interesy regionalne, polityczne?

**VW** – Obawiam się, że to nie wygląda bardzo dobrze. Oba plany akceleratorów są zbliżone, byłoby o wiele lepiej robić je wspólnie. Przez pewien czas miałem nadzieję, że oba plany rozbiją się o brak pieniędzy i że wtedy zaczną się tworzyć jeden wspólny plan. Nie tyle chodzi o jakiś akcelerator światowy, ale o systematyczne powstawanie urządzenia odpowiadającego światowemu, a nie jakiemuś narodowemu punktowi widzenia. Budowa laboratorium światowego natrafić może na olbrzymie trudności organizacyjne. Nie jest więc źle, gdy budowę wielkiego urządzenia przeprowadza się w zakresie narodowym czy regionalnym. Natomiast planowanie powinno być międzynarodowe – a tak niestety nie jest. Idzie nawet na gorsze, gdyż nacjonalizm w nauce, tak jak w polityce, rośnie. To stanowi wielkie niebezpieczeństwo.

**SU** – Zimna wojna zakończyła się, ale czy świat stał się przez to bardziej stabilny? Carl Friedrich von Weizsäcker powiedział w jakimś wywiadzie: „Nie mogę wykluczyć, że prawdopodobieństwo realnego użycia broni jądrowej w jakimś ograniczonym obszarze jest większe dziś niż przed dziesięciu laty. Jednak niekoniecznie przez wielkie mocarstwa przeciw sobie i niekoniecznie w Europie.” Czy Pan widzi to też tak pesymistycznie?

**VW** – Nie całkiem. Opuściłbym tu słowo „większe”. Zgodziłbym się z nim, że występuje niebezpieczeństwo użycia bomby w mniejszym zakresie, np. na bliskim Wschodzie przez jakiegoś wariata. Nie wydaje mi się jednak, żeby to niebezpieczeństwo było większe dziś niż dawniej. Niewątpliwie trzeba powiedzieć, że taki wybuch miałby straszne skutki i zginęłyby miliony ludzi. Nie wierzę jednak, aby z tego wynikła wojna światowa, tzn. nie cała ludzkość zginęłaby, jakby to się stało w światowej wojnie jądrowej. To jest teraz bardzo nieprawdopodobne.

Coraz więcej krajów może zbudować broń jądrową i to będzie szło dalej. Nie widzę tu jednak wzrostu związanego z rozpadem Związku Radzieckiego. Prze-

---

<sup>1</sup> W listopadzie 1993 r. Kongres USA zdecydował o zaprzestaniu budowy SSC (przyp. Red.).

ciwnie, można powiedzieć, że niebezpieczeństwo nieco się przez to zmniejszyło, gdyż interesy obu wielkich mocarstw nie odgrywają już żadnej roli. Można sobie np. wyobrazić, że Związek Radziecki dostarczał pewnym krajom materiałów jądrowych. To się już skończyło. Z drugiej strony można oczywiście powiedzieć, że postęp techniczny rozwija się i że teraz łatwiej jest budować bomby atomowe. Myślę jednak, że to niebezpieczeństwo nie jest większe teraz niż było dawniej; wciąż jednak istnieje.

Pewni ludzie zarabiają pieniądze dostarczając nielegalnie materiałów na broń jądrową, czy nawet samych bomb, ale tak było zawsze. Można jednak coś przeciw temu zaradzić. Mam nadzieję, że politycy światowi rozumieją, że konieczne jest wprowadzenie znacznie ostrzejszych środków zapobiegających dostarczaniu broni wszelkiego rodzaju, nie tylko jądrowej, do krajów rozwijających się.

Nieco naiwny wydaje mi się pogląd, że fizycy rosyjscy dadzą się wynająć przez inne państwa. To przecież też są ludzie, którzy uważają, że to jest niemoralne. Najważniejsze jest aby zatrudnić tych ludzi, a do tego na pewno bardzo dobrze nadają się laboratoria międzynarodowe.

SU – W jaki sposób Zachód może pomóc w zachowaniu wielkiego potencjału cywilnych naukowców dawnego bloku wschodniego?

VW – To jest bardzo trudny problem, gdzie jednak dużo można zrobić. Po pierwsze, można zatrudnić wielu ludzi na Zachodzie, niewątpliwie tylko najlepszych. Tej drogi będzie się później w krajach należących do dawnego Związku Radzieckiego żałować, podobnie jak w Niemczech po czasach nazistowskich, gdy zabrakło wszystkich wybitnych uczonych pochodzenia żydowskiego. Bardzo pożyteczne są związki z zachodnimi firmami, które mogą np. albo pewne prace zlecać do wykonania w laboratoriach rosyjskich, albo podejmować współpracę między zachodnimi i rosyjskimi laboratoriami.

Jednak bardzo trudno jest rozwiązać podstawowy problem Rosji i innych krajów wschodnich. Nie można nagle zmienić ekonomii, która przez siedemdziesiąt lat – przez dwa, prawie trzy pokolenia – działała według zasad dyktatorskich. Nie dziwiłbym się, gdyby tam powstała dyktatura wojskowa typu faszystowskiego, gdyż ludzie nie mogą już wytrzymać biedy i spadku poziomu życia i mówią, że przedtem, za komunizmu, było lepiej. W pewnym sensie to nawet jest prawda. Załamanie się jakiegoś systemu jest tragedią i dlatego taka reakcja jest psychologicznie zrozumiała. Komunizm powróciłby wtedy jednak w jakiejś innej formie, np. faszyzmu.

Problem naukowców jest, wobec problemów całego społeczeństwa, prostszy gdyż mają oni coś do zaoferowania – swoją inteligencję. Rzeczywistym problemem jest aby ludzie przeżyli i aby powstała pewna moralność pracy.

**SU** – Czy wśród tła ekonomicznych problemów dawnego bloku wschodniego widzi Pan również jakieś możliwości rozwiązania problemów wynikających z użytkowania reaktorów pracujących na tamtych terenach?

**VW** – W dalszej perspektywie jestem optymistą, że da się wiele zrobić. Rozwój lepszych reaktorów, które regulują się same, jest w toku i będzie postępować. Jednak problemy w bliskim okresie są znacznie gorsze: na Wschodzie są setki reaktorów, które są w strasznym stanie. Nie można jednak zatrzymać ich eksploatacji, gdyż wówczas nie byłoby skąd brać energii i ekonomia rozwijałaby się jeszcze słabiej niż teraz. Nie dziwiłbym się, gdyby na Wschodzie doszło znów do tragedii w rodzaju Czarnobyla.

Jedynym wyjściem z tego diabelskiego koła są pieniądze. Mając 100 mld DM można by w krótkim czasie wiele ulepszyć. Ale kto za to zapłaci? Gdyby kompetentni ludzie byli dalekowzroczni, pieniądze znalazłyby się. Jeśli tam dojdzie do jeszcze jednej lub dwóch katastrof, to skończy się przemysł reaktorowy na całym świecie, ludność będzie przeciwna energii jądrowej. To znaczy, że pomoc jest w interesie przemysłu reaktorowego. Nie robi on jednak nic w tym kierunku.

**SU** – Jest Pan członkiem honorowym Niemieckiego Towarzystwa Fizycznego. Czy chciałby Pan powiedzieć coś od serca zjednoczonym znowu fizykom niemieckim na ich dalszą drogę?

**VW** – Cierpieniom społecznym i ekonomicznym, jakie obywatele nowych landów Republiki Federalnej muszą teraz przeżywać, naukowcy nie mogą wiele zaradzić. Mogą natomiast pomóc w rozwiązywaniu bardzo trudnego problemu „odnowy personalnej” uniwersytetów. Trzeba brać pod uwagę, że gdy ktoś był członkiem partii komunistycznej, to mogło być tak, że musiał. Tu Niemieckie Towarzystwo Fizyczne może wpływać na to, aby nie doszło do zbyt wielu tragedii ludzkich. Trzeba zrozumieć, że ostatecznie wielu niemieckich fizyków było członkami partii nazistowskiej – ale, podkreślam, nie nazistami – ponieważ tak musieli aby utrzymać swoje rodziny. Ten sposób widzenia trzeba i dzisiaj stosować. Nawet jeśli ktoś współpracował ze Stasi, trzeba sprawy traktować indywidualnie. To, że po prostu posyła się tam zachodnich fizyków aby „odnowili” laboratoria, a ludzi stamtąd wyrzuca się, uważam za całkowicie niewłaściwe z ludzkiego punktu widzenia. Te sprawy powinni załatwiać ludzie z nowych landów. Niemieckie Towarzystwo Fizyczne i inne organizacje uczonych powinny dawać przykład jak można w ludzki sposób „odkomunizować” laboratorium czy uniwersytet.

Tłumaczyła z niemieckiego  
Barbara Wojtowicz

## NOWOŚCI NAUKOWE

Adam Sobiczewski

*Instytut Problemów Jądrowych**im. A. Sołtana**Warszawa*

## Niewidzialna promieniotwórczość

## Invisible radioactivity

*Abstract:* The bound-state  $\beta^-$  decay is discussed. Its first observation, performed at GSI-Darmstadt, is described.

## 1. Wstęp

Znamy trzy rodzaje rozpadu  $\beta$ :  $\beta^-$ ,  $\beta^+$  i wychwyt elektronowy (EC – Electron Capture). W pierwszym z nich, przemianie neutronu w jądrze w proton towarzyszy emisja elektronu  $e$  i antyneutrino (elektronowego)  $\bar{\nu}_e$ , które unoszą z jądra energię powstałą w tej przemianie, a elektron unosi dodatkowo powstały tam ładunek. W rozpadzie  $\beta^+$  następuje przemiana protonu w neutron w jądrze, a emitowane są pozyton (elektron dodatni)  $e^+$  i neutrino  $\nu_e$ . Ponieważ w obu przypadkach emitowane są z jądra dwie cząstki, ich widmo energetyczne jest ciągle.

W trzecim procesie (EC), przez jądro wychwytywany jest elektron z orbity atomowej, zwykle z orbity K, która jest położona najbliżej jądra. W wyniku tego jeden z protonów w jądrze przechodzi w neutron, a energia tej przemiany unoszona jest przez neutrino  $\nu$ . Tutaj neutrino jest jedyną cząstką emitowaną przez jądro, unosi więc określoną energię, równą całkowitej energii przemiany minus energia wiązania wychwyconego elektronu (neutrino monochromatyczne).

Można się zapytać, czy możliwy jest czwarty rodzaj rozpadu  $\beta$ , mianowicie proces odwrotny do wychwytu elektronu, czyli przejście powstałego w przemianie  $\beta$  elektronu na orbitę atomową. Odpowiedź jest – tak, proces ten jest możliwy. Na możliwość tę zwrócono uwagę już blisko 50 lat temu [1] i była ona później szczegółowo analizowana [2]. Doświadczalne stwierdzenie tego procesu stało się jednak możliwe dopiero ostatnio. Obserwacji tej dokonano [3] w r. 1992 w Instytucie Ciężkich Jonów (GSI) w Darmstadcie (RFN). Opis tego odkrycia jest przedmiotem niniejszego artykułu.

Warto zwrócić uwagę, że rozpady  $\beta^-$  i  $\beta^+$  są łatwo obserwowalne, gdyż towarzyszy im emisja cząstek naładowanych, które są łatwe do zarejestrowania. Łatwo też jest zaobserwować wychwyt elektronowy, gdyż towarzyszy mu emisja promieniowania rentgenowskiego (promieniowanie X), wywołanego kaskadą przejść elektronów z wyższych powłok: najpierw na miejsce zwolnione przez wychwycony elektron, następnie na zwolnione przez elektron, który je zapełnił itd. Pod tym względem czwarty proces, który tu przedyskutujemy, jest wyjątkowy. Jeśli powstały w przemianie jądrowej elektron obsadzi najniższą powłokę atomową K, to towarzyszyć mu będzie jedynie emisja neutrina  $\nu_e$ , które bardzo słabo oddziałuje z materią i jest wobec tego niemal niewidzialne. W tym sensie cały proces można więc uważać za „niewidzialny”.

Odróżnia go to także od innych niż rozpad  $\beta$  rodzajów promieniotwórczości. We wszystkich nich, jak rozpad protonowy, rozpad  $\alpha$ , tzw. rozpad egzotyczny (w którym emitowana jest z jądra cząstka cięższa od cząstki  $\alpha$ ), czy rozszczepienie, wyrzucany jest bowiem z jądra łatwy do detekcji naładowany elektrycznie jego fragment.

## 2. Dobór jądra do obserwacji procesu

Aby prawdopodobieństwo obsadzenia orbity atomowej przez elektron powstający przy rozpadzie  $\beta$  było znaczne, energia tego rozpadu powinna być mała. Przy odpowiednio niskiej energii, tylko takie obsadzenie jest możliwe, a nie ucieczka elektronu z atomu. Widać stąd, że kandydata na taki proces należy szukać wśród jąder położonych w tablicy nuklidów blisko ścieżki jąder trwałych ze względu na rozpad  $\beta$ .

Nawet jednak w przypadku, gdy ucieczka elektronu poza atom jest niemożliwa, prawdopodobieństwo obsadzenia przez niego orbity atomowej jest znikome lub wręcz zerowe w atomie neutralnym. Prawdopodobieństwo to szybko rośnie jednak ze wzrostem stopnia jonizacji atomu, a więc z udostępnianiem powstającemu w przemianie elektronowi miejsca na powłoce położonej coraz bliżej jądra.

Najkorzystniejszy jest przypadek atomu w pełni zjonizowanego. Wtedy elektron może obsadzić położoną najbliżej jądra powłokę K. Obsadzenie dalszej, np. trzeciej z kolei powłoki M może być już o kilka rzędów wielkości mniej prawdopodobne od obsadzenia powłoki K, podobnie zresztą jak to jest z prawdopodobieństwem procesu wychwytu elektronu przez jądro.

Do obserwacji omawianego procesu należy więc wybrać jądro z pobliża ścieżki trwałości  $\beta$  lub nawet wprost trwałe (w normalnym przypadku atomu neutralnego) i silnie go zjonizować, najlepiej odrzec ze wszystkich elektronów.

### 3. Metoda odkrycia

Do doświadczalnej obserwacji omawianego rozpadu  $\beta^-$  wybrane zostało jądro dysprozu  $^{163}\text{Dy}$ . W przypadku gdy ma ono pełną powłokę elektronową, jądro to jest trwałe (energia tego rozpadu jest ujemna). Rozpada się dopiero po odpowiednio silnym zjonizowaniu (energia rozpadu do stanu K jest dodatnia i wynosi ok. 50 keV).

W opisanym tu eksperymencie [3], atomy  $^{163}_{66}\text{Dy}$  zostały przyspieszone do energii 294 MeV/u (tzn. 294 MeV na jednostkę masy atomowej) i następnie w pełni zjonizowane w akceleratorze ciężkich jonów w instytucie GSI w Darmstademie. W wyniku tego udało się zgromadzić w połączonym z tym akceleratorem pierścieniu akumulującym  $10^8$  jonów  $^{163}_{66}\text{Dy}^{66+}$  i utrzymać je przez ponad godzinę. Przez cały czas eksperymentu jony te ulegały rozpadowi  $\beta^-$  na wodoropodobne (tj. z jednym elektronem na powłoce K) atomy holmu  $^{163}_{67}\text{Ho}^{66+}$ , które ze względu na ten sam stosunek ładunku ( $q = 66e$ ) do masy ( $A = 163$ ) oraz tę samą prędkość krążyły w pierścieniu po tej samej orbicie co rozpadające się jony  $^{163}_{66}\text{Dy}^{66+}$ . Aby zliczyć powstałe z rozpadu atomy holmu, przepuszczano co pewien czas wiązkę przez strumień gazu (argon). Zjonizowane w zderzeniach z gazem atomy holmu  $^{163}_{67}\text{Ho}^{67+}$  (atomów dysprozu nie było już z czego jonizować) dawały się łatwo (wskutek innego stosunku ładunku do masy) oddzielić od wiązki i zarejestrować. Powtórzenie tego zabiegu kilka razy dało zależność liczby powstałych atomów holmu (a więc i liczby rozpadów jonów  $^{163}\text{Dy}^{66+}$ ) od czasu, a stąd i poszukiwany czas życia jonów  $^{163}\text{Dy}^{66+}$ . Otrzymany wynik:  $47^{+5}_{-4}$  dni. Rozpad  $\beta^-$  do stanu związanego został więc odkryty.

Nie wchodzimy tu naturalnie w opis trudności jakie należało pokonać, by otrzymać tak dużą liczbę w pełni zjonizowanych atomów dysprozu, sprawdzić ich czystość (brak jakichś domieszek), utrzymać je bez znaczących strat przez czas ponad 1 godz. itd. Rodzaj tych trudności doświadczalnych i technicznych daje odpowiedź na pytanie, dlaczego dopiero teraz można było dokonać odkrycia tego

nowego rodzaju rozpadu  $\beta$ , przewidywanego już w r. 1947.

#### 4. Znaczenie odkrycia

Odkrycie rozpadu  $\beta^-$  do stanu związanego atomu było pewnym testem na naszą znajomość fizyki atomowej. Test ten wypadł bardzo dobrze. Jak podaliśmy wyżej, zmierzony czas życia [3] jest  $47_{-4}^{+5}$  dnia, podczas gdy przewidywany [4] był 50 dni.

Zbadany przypadek rozpadu  $^{163}\text{Dy}$  jest bardzo dobitnym przykładem, że rozpad jądra może istotnie zależeć od stanu jego powłoki atomowej, od stanu całego atomu a nie tylko jądra. W atomie neutralnym bowiem jądro  $^{163}\text{Dy}$  jest trwałe, podczas gdy przy pełnej jego jonizacji rozpada się stosunkowo szybko.

Odkrycie było także testem na obecne możliwości techniczne fizyki jądrowej. Wytworzenie w akceleratorze ciężkich jonów, umieszczenie w pierścieniu akumulującym, odpowiednie schłodzenie i utrzymanie przez ok. godzinę wiązki ok.  $10^8$  w pełni zjonizowanych atomów  $^{163}\text{Dy}^{66+}$  było dużym osiągnięciem eksperymentalnym i technicznym. Mówi ono o bardzo już zaawansowanym stanie nowej dziedziny fizyki jądrowej: fizyki wiązek nietrwałych (radioaktywnych). Pozwoli ona na badanie jąder bardzo egzotycznych, uprzednio niedostępnych.

Pragnę serdecznie podziękować Ottonowi Klepperowi, Sławomirowi Wycechowi i Janowi Żyliczowi za pomocne dyskusje, a dwu ostatnim także za krytyczne przeczytanie maszynopisu.

#### Literatura

- [1] R. Daudel, M. Jean, M. Lecoïn, *J. Phys. Radium* **8**, 238 (1947).
- [2] J.N. Bahcall, *Phys. Rev.* **124**, 495 (1961).
- [3] M. Jung, F. Bosch, K. Beckert, H. Eickhof, H. Folger, B. Franzke, A. Gruber, P. Kienle, O. Klepper, W. Koenig, C. Kozhuharov, R. Mann, R. Moshhammer, F. Nolden, U. Schaaf, G. Soff, P. Spaedtke, M. Steck, Th. Stoehlker, K. Suemmerer, *Phys. Rev. Lett.* **69**, 2164 (1992).
- [4] K. Takahashi, R.N. Boyd, G.J. Mathews, K. Yokoi, *Phys. Rev. C* **36**, 1522 (1987).

## ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

## Światło i informacja: Konferencja GIREP '93

W dniach 16-21 lipca 1993 w Bradze (Portugalia) odbyła się kolejna, trzynasta już konferencja GIREP-u (Groupe International de Recherche sur l'Enseignement de la Physique), poświęcona głównie nauczaniu optyki na wszystkich szczeblach. Gospodarzem był Universidade do Minho w Bradze. Udział w Konferencji wzięło ok. 150 osób z 21 krajów, w tym aż 8 Polaków. Uczestnicy mogli wysłuchać 13 wykładów plenarnych, wziąć udział w części z dziesięciu organizowanych sesji roboczych, a także w bogatej sesji plakatowej.

Godne uwagi były wykłady, na których przedstawiono rzeczy stosunkowo nowe. Do tej klasy należał świetny wykład G. Marxa (Węgry) „Astrofizyka, klimat i technika”, G. Denarda (Włochy) „Rozchodzenie się solitonów we włóknach optycznych” i R. Forka (USA) „Ultrakrótkie impulsy świetlne”.

Jeden z wykładów – „Fizyka i sztuki piękne” Briana Daviesa (W. Brytania), wspólnie ilustrowany przezrociami, przeznaczony był także dla szerszej publiczności i dotyczył m.in. pewnych technik fizycznych wykorzystywanych przy badaniu arcydzieł malarstwa, sprawdzaniu autentyczności i datowaniu.

Dużo czasu zajęło przedstawienie badań dotyczących trudności pojęciowych przy uczeniu się optyki. Poświęcony temu był wykład plenarny G. Verkerka (Holandia), kilka sesji roboczych i wiele plakatów (m.in. bardzo obszerny raport Bożeny Śniadek z UAM). Okazało się, że wyobrażenia dzieci o świetle bardzo różnią się od tego, czego uczymy ich na lekcjach optyki, a nasze nauczanie niestety pogłębia jeszcze tę przepaść. Znakomity sposób prowadzenia badań nad tym problemem, jednocześnie diagnostycznych i „terapeutycznych”, pokazały Panie F. Chauvet i Wanda Kamińska (obecnie z Paryża) podczas zajęć warsztatowych „Nauczanie o świetle, kolorach i widzeniu”. Udział w takich zajęciach przydałby się bardzo naszym nauczycielom (i oczywiście uczniom), a potrzebny do nich sprzęt da się zrobić własnoręcznie.

Jestem zdania, że lepiej, żeby dziecko bawiło się soczewką i źródłem światła, niż programem komputerowym, który tę soczewkę rysuje na ekranie. Natomiast przedstawiony przez M. Ronen i B.-S. Eylon (Izrael) pakiet oprogramowania „Ray” (niestety bardzo drogi i w dodatku na komputer Macintosh) jest znakomitym wielofunkcyjnym narzędziem do uczenia optyki geometrycznej, i uwzględnia te elementy, które sprawiają trudności pojęciowe lub doświadczalne. Bardzo ciekawe były też zajęcia „Dyfrakcja po fourierowsku”, prowadzone przez K.A. Hodgkinsona (W. Brytania), przedstawiciela Uniwersytetu Otwartego.

Podsumowując, można było zaobserwować dwie tendencje. Pierwsza, interesująca i pożyteczna, polega na poznawaniu prekoncepcji i trudności pojęciowych uczniów oraz korzystaniu z tej wiedzy przy układaniu materiałów i programów nauczania. Druga jest



bardziej niepokojąca: kilka osób głosiło *ex cathedra*, że nie warto podawać uczniom dowodów i argumentów, a tylko fakty, choćby z braku czasu.

Pod względem organizacyjnym i merytorycznym całość była może nieco słabsza, niż poprzednia konferencja w Toruniu w 1991 r., ale na ogólne dobre wrażenie miał wpływ klimat, przepiękna roślinność, uroda starego miasta i okolic oraz życzliwość i gościnność Portugalczyków.

Bardzo miłym elementem było wręczenie Nahumowi Joelowi (UNESCO) Medalu Edukacji, przyznawanego przez Międzynarodową Komisję Nauczania Fizyki (ICPE – IUPAP). Przypominam, że poprzednio medal ten przyznano Międzynarodowej Olimpiadzie Fizycznej.

Materiały Konferencji ukazały się w lipcu 1994 r. nakładem Wydawnictw Universidade do Minho.

*Magdalena Staszal*

Instytut Fizyki Doświadczalnej UW  
Warszawa

## RECENZJE

H. Haken: **Światło. Fale, fotony, atomy**  
 tłum. z jęz. angielskiego Wanda Stepień-Rudzka,  
 Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1993, s. 344

Recenzowana książka jest tłumaczeniem z języka angielskiego pierwszego tomu planowanej przez Autora trytomowej całości, którego oryginał ukazał się w 1981 r. Drugi tom *Lasery* ukazał się po angielsku w 1985 r., trzeciego wciąż brak.

Jak czytamy na okładce książki, jej motywem przewodnim jest fizyczna natura światła, a w szczególności jego aspekty: falowy i cząstkowy, spójność i charakter oddziaływania z atomem jako reprezentantem materii. W przedmowie Autor zaleca ją studentom i pracownikom naukowym. Systematyczny wykład materiału poprzedza rozdz. 1 „Czym jest światło”, który jest bardzo elementarnym (na poziomie szkoły średniej) wprowadzeniem, a raczej streszczeniem dalszych rozdziałów książki. W następnych rozdziałach omawiane są własności promieniowania i jego oddziaływanie z prostymi układami kwantowymi, początkowo przy użyciu teorii półklasycznej, a następnie w pełni kwantowej.

Poziom wykładu jest bardzo nierówny. Rozdział 2 „Natura światła: fale czy cząstki” jest bardzo elementarny. Kwantowanie pola (dokonane przez analogię z mechanicznym oscylatorem harmonicznym, a nie na podstawie sformułowania kanonicznego elektrodynamiki) zawarte w rozdz. 5 przedstawione jest też bardzo prosto. Natomiast rozdz. 9 reprezentuje już bardziej zaawansowany poziom. Całość należy chyba uważać za uzupełniający podręcznik dla studentów wyższych lat i doktorantów.

Uważam, że umieszczenie w książce rozdz. 3 „Natura materii. Cząstki czy fale”, który stanowi skrócony wykład mechaniki kwantowej, jest błędem, wobec istnienia na rynku wydawniczym dostatecznej liczby podręczników mechaniki kwantowej. Rozdział 6 „Kwantowanie pola elektronu” też jest, moim zdaniem, całkowicie zbędny. Autor dokonuje w nim drugiej kwantyzacji dla elektronów na podstawie nierelatywistycznej teorii opartej na równaniu Schrödingera. Taka wersja drugiej kwantyzacji okazała się przydatna w teorii wielu ciał, ale w tej książce użyta jest do opisu wyłącznie jednego elektronu. W tej sytuacji zupełnie niezrozumiała dla czytelnika musi wydać się uwaga (na s. 53, w trakcie bardzo elementarnego wywodu) o załamaniu się zasady superpozycji przy rozchodzeniu się fal w próżni. Wyjaśnienie tego zjawiska wymaga kwantowania relatywistycznej teorii elektronu, gdyż jest uwarunkowane istnieniem wirtualnych par.

Głównym jednak brakiem książki, który czyni ją nieprzydatną jako monografię naukową, jest fakt, że nie uwzględnia ona tego wszystkiego, co w dziedzinie optyki kwantowej dokonane zostało w ciągu ostatnich blisko dwudziestu lat. Jako najnowsze zjawisko omówiony jest dynamiczny efekt Starka (widmo Mollowa), który znajdował się w centrum zainteresowania w połowie lat 70-tych. Najnowsze doświadczenie omawiane w książce pochodzi z 1976 r. Optyka kwantowa jest dość młodą i szybko rozwijającą się dziedziną.

Trudno więc jest nawet wymienić wszystkie zagadnienia, których brak zmniejsza poważnie wartość książki. Przykładowo wymienię: nieperturbacyjne zjawiska w oddziaływaniu atomu z silnym impulsem laserowym (jonizacja powyżej progu, stabilizacja, generacja bardzo wielu harmoniczných), zjawiska w rezonatorach (jednoatomowy maser, zaniki i odtwarzanie się wzbudzeń atomowych (ang. collapses and revivals)), mechaniczne działanie światła na atomy, które jest podstawą optyki atomowej oraz prowadzi do chłodzenia i pułapkowania atomów; doświadczenia Aspecta, Mandela i innych z pojedynczymi fotonami, stany ściśnięte światła i wiele innych. Czytelnik kilkakrotnie kierowany jest do tomu 3-go, który miał być poświęcony optyce nieliniowej, lecz dotąd się nie ukazał.

Zauważyłam parę błędów terminologicznych. Funkcje korelacji Autor wielokrotnie (też w tytule paragrafu) nazywa funkcjami koherencji. Tłumaczka „perturbation theory” przekłada jako teoria zaburzeń (lepiej byłoby rachunek zaburzeń) a „Born series” jako przybliżenie Borna. Ogólnie jednak tłumaczenie jest poprawne i staranne.

Mimo tych wad, książka nie jest pozbawiona wartości. Autor jest wybitnym, światowej sławy teoretykiem o dużym talencie dydaktycznym. Jego książka *Światło. Fale, fotony, atomy* odznacza się spójnością użytego formalizmu, który pozwala w dość prosty sposób wyjaśnić podstawowe mechanizmy oddziaływania światła z atomami. Szczególnie udany, moim zdaniem, jest rozdz. 9 poświęcony dysypacji i fluktuacjom w optyce kwantowej – problemowi nieczęsto omawianemu w podręcznikach, a tu przedstawionemu bardzo przejrzysto. Książka zawiera też ładne rysunki, ułatwiające zrozumienie matematycznych wywodów, i sporo ćwiczeń załączonych przy końcu każdego rozdziału. Początkujący student optyki kwantowej może się z niej sporo nauczyć.

Zofia Białynicka-Birula

Instytut Fizyki PAN  
Warszawa

### Joseph W. Goodman: **Optyka statystyczna**

tłum. z jęz. angielskiego Marek Kowalczyk oraz Małgorzata i Jacek Sochaccy,  
Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1993, s. 459

Na początku 1993 r. ukazało się polskie tłumaczenie książki *Statistical Optics* Josepha W. Goodmana, znanego optyka amerykańskiego z Uniwersytetu Stanforda. Tłumaczenia dokonano na podstawie wydania amerykańskiego (John Wiley and Sons, New York 1985). Książkę rozpoczynają dwie przedmowy Autora: pierwsza z oryginalnego wydania tekstu i druga specjalnie napisana do wydania polskiego. W obu przedmowach Autor z naciskiem podkreśla główny motyw, który skłonił go do napisania tego dzieła. Jest nim jego przekonanie, że we współczesnym nauczaniu optyki na uniwersytetach i politechnikach oprócz zagadnień związanych ze stosowaniem metod fourierowskich należy koniecznie uwzględnić formalizm statystyczny. Ten całkowicie słuszny pogląd oparty jest na faktach doświadczalnych, świadczących o tym, że w wielu przypadkach oddziaływanie promieniowania z materią prowadzi do zjawisk o charakterze typowo stochastycznym.

Aby przekonać czytelnika do tego poglądu, Autor już w rozdziale wstępnym dokonuje konfrontacji zjawisk losowych i deterministycznych wyróżniając te problemy w optyce,

które wymagają podejścia statystycznego, tj. opartego na matematycznym aparacie teorii prawdopodobieństwa.

Książka Goodmana jest książką niezwykłą przede wszystkim ze względu na jej formę. Z jednej strony ma ona charakter podręcznika dla studentów wyższych lat tych specjalności na politechnikach i uniwersytetach, których celem jest kształcenie optyków, zarówno inżynierów jak i fizyków. Jako podręcznik zawiera ona wykład podstaw opisu statystycznego zjawisk optycznych, który rozpoczyna się omówieniem podstaw rachunku prawdopodobieństwa (rozdz. 2) i teorii procesów stochastycznych (rozdz. 3). Książka została tak napisana, że czytelnik zaznajomiony z tymi dziedzinami może pominąć te dwa rozdziały i od razu przystąpić do lektury rozdziału 4, poświęconego rozchodzeniu się fal świetlnych oraz dyskusji aspektów statystycznych pierwszego rzędu światła wysyłanego przez źródła termiczne i laserowe. W tym rozdziale Autor wprowadza także formalizm pozwalający opisywać własności polaryzacyjne światła.

Począwszy od rozdziału czwartego książka nabiera cech solidnej monografii poświęconej niemal wszystkim zagadnieniom optyki statystycznej, dającym się opisać metodami klasycznymi. W rozdziale piątym Autor przeprowadza obszerną dyskusję spójności czasowej i przestrzennej oraz omawia podstawy klasycznej teorii spójności. Spośród wielu problemów dyskutowanych w tym rozdziale na podkreślenie zasługuje analiza matematyczna doświadczenia Younga z zastosowaniem funkcji spójności wzajemnej Wolfa, a także dyskusja zagadnień związanych z twierdzeniem Van Citterta-Zernikego.

Problemy związane ze spójnością rzędu wyższego niż drugi są dyskutowane w rozdziale szóstym, gdzie także szczegółowo omówiono zasadę działania interferometru (korelatora) natężeniowego Hanbury'ego Browna i Twissa. Przeprowadzona w tym rozdziale dyskusja jest bardzo szczegółowa, ale całkowicie klasyczna. Co więcej, cały ten rozdział ma charakter typowo użytkowy, i chociaż zawiera wiele cennych wyprowadzeń, pisany jest głównie z myślą o przyszłych inżynierach. Po przeczytaniu tego rozdziału czytelnik raczej nie będzie w stanie docenić rewolucyjnej roli, jaką odegrał korelator Hanbury'ego Browna i Twissa w rozwoju poglądów na spójność światła. To czego brakuje w tym rozdziale, to wyraźnego wskazania na poważne ograniczenia klasycznego opisu spójności światła i potrzebę stosowania opisu kwantowego. Czytelnik dociekliwy może się tego domyślać po przeczytaniu dwu ostatnich zdań tego rozdziału (s. 245), gdzie stwierdzono jedynie, że „w obszarze częstości optycznych stosunek sygnału do szumu zdominowany jest zazwyczaj przez fluktuacje fotonowe, które omawiane są w rozdz. 9”. Jako ciekawostkę warto zauważyć, że zdanie to stanowi pierwsze miejsce w tej książce, w którym pojawia się słowo „foton”. Stała Plancka zaś pojawia się dopiero w ostatnim rozdziale na s. 410. Podaję te przykłady po to, aby uwypuklić fakt, że w książce tej aspekty kwantowe światła nie stanowią przedmiotu głównego zainteresowania. Tym niemniej niektóre z nich są pobieżnie omawiane w rozdziale końcowym (rozdz. 9) książki, poświęconym przede wszystkim półklasycznej teorii fotoelektrycznej detekcji światła. Dotrzymując obietnicy złożonej na końcu rozdz. 6, Autor w rozdz. 9 powraca do dyskusji doświadczeń dotyczących efektów korelacyjnych prowadzonych za pomocą interferometru natężeniowego Hanbury'ego Browna i Twissa przy użyciu metod opartych na zliczaniu fotonów. Tym razem przedmiotem analizy są związki pomiędzy liczbami zliczeń w obu ramionach interferometru a parametrami charakteryzującymi spójność światła. Autor wyprowadza tu wiele wyrażeń matematycznych ważnych z punktu widzenia zastosowań laboratoryjnych i dość szczegó-

łowo dyskutuje półklasyczny model detekcji fotoelektrycznej. Brak jest jednak głębszego potraktowania tej fascynującej problematyki. Dla przykładu warto podać, że jedyne w tej książce odniesienie się do słynnych prac Glaubera, w których sformułowano kwantowe ujęcie zagadnienia spójności, znajduje się w postaci jednozdaniowej wzmianki na zakończenie wstępu do rozdz. 9. Moim zdaniem, Autor postąpił dość niefortunnie przesuwając dyskusję dotyczącą kwantowych aspektów światła aż do ostatniego rozdziału. Sądzę, że byłoby z korzyścią dla książki gdyby materiał zebrany w rozdz. 9 omówiono zaraz po rozdziale 6. Układ materiału zawarty w recenzowanym wydaniu książki sprawia bowiem nieustanne wrażenie niedoceniań opisu kwantowego.

Pomiędzy rozdz. 6 i 9 znajdują się dwa obszernie i bardzo wartościowe rozdziały poświęcone teorii powstawania obrazu przy oświetleniu częściowo spójnym (rozdz. 7) oraz problemom dotyczącym wpływu ośrodków stochastycznych, takich jak atmosfera ziemiska, na obrazy tworzone przez instrumenty optyczne (rozdz. 8). Oba te rozdziały są dobrze i jasno napisane i będą bardzo użyteczne w zastosowaniach praktycznych. Podstawą przedstawionej w rozdziale 8 dyskusji, dotyczącej wpływu losowych niejednorodności ośrodka na propagację światła, są prace W.I. Tatarskiego, przede wszystkim jego znana monografia na temat propagacji fal w atmosferze turbulentnej. W spisie literatury do rozdz. 8 podane jest angielskie tłumaczenie tej monografii (*Rasprostranienie voln v turbulentnoj atmosferie*, Izd. Nauka, Moskwa 1967), który jest dostępny w polskich bibliotekach. Należy także wyrazić żal, że w spisie literatury uzupełniającej do rozdz. 8 nie podano odsyłacza do bardzo dobrej polskiej monografii Kazimierza Sobczyka na temat fal stochastycznych (*Fale stochastyczne*, PWN, Warszawa 1982), w której zagadnienia optyczne są również rozpatrywane.

Książka J.W. Goodmana nie wyczerpuje problemów dotyczących optyki statystycznej przede wszystkim ze względu na wspomniany wyżej brak ujęcia kwantowego. Mimo, iż Autor adresuje tę książkę również do studentów fizyki, to jednak – jak się domyślam – pisał ją głównie z myślą o przyszłych inżynierach specjalizujących się w dziedzinie optyki i technologii optycznej. Dla nich krytykowany tu przeze mnie brak opisu kwantowego będzie mniej dokuczliwy. Podręcznikowy charakter tej książki podkreśla fakt, że każdy jej rozdział kończy się zbiorem wielu bardzo interesujących (również dla fizyków!) zadań problemowych. Z drugiej strony, będąc jednocześnie monografią, książka ta zawiera na końcu każdego rozdziału wykaz literatury cytowanej w tekście oraz spis literatury uzupełniającej.

Mimo wspomnianych wyżej wad, książkę Goodmana trzeba ocenić wysoko. W zakresie klasycznej optyki statystycznej, której głównie dotyczy, przedstawia ona jasno i czytelnie omawianą problematykę, chociaż jej lektura dla wielu początkujących optyków może okazać się dość trudna.

Główna trudność, którą mieli do pokonania tłumacze tego obszernego dzieła, dotyczyła terminologii, o czym piszą oni na początku książki w tekście pt. „Od tłumaczy”. Całkowicie rozumiem ich rozterki i w zasadzie zgadzam się z wszystkimi ich opiniami na temat użytej przez nich terminologii. Zdziwiło mnie jedynie to – skoro książkę tę adresuje się również do fizyków – dlaczego autorzy przekładu nie zechcieli wytłumaczyć się ze stosowanego przez nich terminu „fazor” (s. 55 i dalsze). Stwierdziłem, że termin ten w identycznym brzmieniu został użyty także w tłumaczeniu rosyjskim książki Good-

mana (*Statistitsczeskaja optika*, Izd. Mir, Moskwa 1988). Zdaje sobie sprawę, że termin taki bywa stosowany w elektrotechnice, zwłaszcza w teorii obwodów. Użycie tego terminu w kontekście optycznym nadaje jednak tej książce dodatkową orientację „inżynierską”. Znalazłem w tekście kilka pomylek i niezręcznych sformułowań (choć i tak na tak obszerną książkę jest ich niewiele, co bardzo dobrze świadczy o tłumaczach). Oto niektóre z nich:

Na s. 119: dowiadujemy się, że „detektory promieniowania optycznego reagują nie na »siłę« pola, lecz na jego moc optyczną, czyli natężenie”.

Na s. 154: wzór (5.1-21) przedstawiający lorenzowski kształt linii stosuje się do „źródeł wytładowczych właśnie przy niskim ciśnieniu (a nie jak sugeruje tekst do „wysokociśnieniowych” lamp wytładowczych). Przy ciśnieniach wysokich rozkad jest zwykle asymetryczny, czego wzór (5.1-21) nie tłumaczy. We wzorze tym nie ma ponadto w miaromniku parametru opisującego ciśnieniowe przesunięcie linii. Wynika to z pewnością stąd, że Autor zacerpnął ten wzór z książki Mitchella i Zemansky'ego (pozycja [5.16] w spisie literatury na s. 204), zresztą bardzo dobrej, ale w niektórych sprawach strasznie przestarzałej.

Na s. 281 i w skróconym jest o rozkładzie Airy'ego natężenia światła. Ponieważ w fizyce, a zwłaszcza w optyce nazwisko Airy'ego pojawia się w kontekście kilku funkcji opisujących rozkady, czytelnik chciałby wiedzieć, o który rozkad tutaj chodzi. W podpisach do rysunków 6-12, 6-13 i 6-14 (s. 234-237) zaznaczono: „przedruk za pozwoleniem Springer Verlag Heidelberg”, ale nie podano o jaką pracę chodzi. Mimo tych uchybień i pomylek polskie tłumaczenie książki J. W. Goodman'a należy ocenić jako dobre. Książkę wydano starannie, na dobrym papierze. Wydanie polskiego tłumaczenia tej książki uważam za ważne wydarzenie na polskim rynku wydawniczym. Nie mam wątpliwości, że mimo wspomnianych wyżej braków jest to bardzo wartościowa pozycja, którą można polecić inżynierom i fizykom, a także studentom specjalizującym się w optyce.

*Józef Szudy*  
Instytut Fizyki UMK  
Toruń

mana (*Statisticheskaja optika*, Izd. Mir, Moskwa 1988). Zdaje sobie sprawę, że termin taki bywa stosowany w elektrotechnice, zwłaszcza w teorii obwodów. Użycie tego terminu w kontekście optycznym nadaje jednak tej książce dodatkową orientację „inżynierską”.

Znalazłem w tekście kilka pomyłek i niezręcznych sformułowań (choć jak na tak obszerną książkę jest ich niewiele, co bardzo dobrze świadczy o tłumaczach). Oto niektóre z nich:

Na s. 119<sub>6</sub> dowiadujemy się, że „detektory promieniowania optycznego reagują nie na »siłę« pola, lecz na jego moc optyczną, czyli natężenie”.

Na s. 154: wzór (5.1-21) przedstawiający lorentzowski kształt linii stosuje się do źródeł wyładowczych właśnie przy niskim ciśnieniu (a nie jak sugeruje tekst do „wysokociśnieniowych” lamp wyładowczych). Przy ciśnieniach wysokich rozkład jest zwykle asymetryczny, czego wzór (5.1-21) nie tłumaczy. We wzorze tym nie ma ponadto w mianowniku parametru opisującego ciśnieniowe przesunięcie linii. Wynika to z pewnością stąd, że Autor zaczerpnął ten wzór z książki Mitchella i Zemansky’ego (pozycja [5.16] w spisie literatury na s. 204), zresztą bardzo dobrej, ale w niektórych sprawach strasznie przestarzałej.

Na s. 281 i w skorowidzu mowa jest o rozkładzie Airy’ego natężenia światła. Ponieważ w fizyce, a zwłaszcza w optyce nazwisko Airy’ego pojawia się w kontekście kilku funkcji opisujących rozkłady, czytelnik chciałby wiedzieć, o który rozkład tutaj chodzi.

W podpisach do rysunków 6-12, 6-13 i 6-14 (s. 234-237) zaznaczono: „przedruk za pozwoleniem Springer Verlag Heidelberg”, ale nie podano o jaką pracę chodzi.

Mimo tych uchybień i pomyłek polskie tłumaczenie książki J.W. Goodmana należy ocenić jako dobre. Książkę wydano starannie, na dobrym papierze. Wydanie polskiego tłumaczenia tej książki uważam za ważne wydarzenie na polskim rynku wydawniczym. Nie mam wątpliwości, że mimo wspomnianych wyżej braków jest to bardzo wartościowa pozycja, którą można polecić inżynierom i fizykom, a także studentom specjalizującym się w optyce.

*Józef Szudy*

Instytut Fizyki UMK  
Toruń

## K R O N I K A

## PTF

## Oddział Gdański

Dnia 17 marca 1994 odbyło się walne zebranie sprawozdawczo-wyborcze Oddziału Gdańskiego PTF. Jak wynika ze sprawozdania przewodniczącego ustępującego Zarządu, Czesława Szmytkowskiego, Oddział liczy obecnie 124 członków (w okresie sprawozdawczym liczba członków wzrosła o 24%). Zorganizowany był cykl odczytów naukowych (19 odczytów, przeciętna liczba słuchaczy – 35). Oddział był też współorganizatorem sympozjum naukowego z okazji 65 rocznicy urodzin prof. A. Śliwińskiego (patrz Kronika 4/94).

W kwietniu 1993 wznowiono, po wieloletniej przerwie, wykłady dla młodzieży szkół ponadpodstawowych i dla nauczycieli. Zainteresowanie tymi imprezami jest bardzo duże (średnio 150 słuchaczy na 1 wykład), do czego przyczyniła się ciekawa tematyka i bardzo pomysłowe pokazy ilustrujące omawiane zagadnienia. Organizowano również zwiedzanie pracowni naukowych i studenckich na Politechnice i na Uniwersytecie oraz zajęcia dla starszych uczniów szkół podstawowych. W trakcie XXXII Zjazdu Fizyków Polskich w Krakowie nasi członkowie (dr A. Kuczkowski i dr A. Bujko) przedstawili interesujące pokazy z fizyki, które zostały wyróżnione.

W Oddziale działa Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej. Aktywna propaganda zaowocowała w ostatnich latach stałym wzrostem liczby uczestników zawodów I stopnia.

W znacznym stopniu udało się uporządkować sprawę zaległych i bieżących składek członkowskich. Obecnie zaległości z tego tytułu nie przekraczają kilku procent.

Ustępującemu Zarządowi jednogłośnie udzielono absolutorium. Wybrano nowy Zarząd w składzie: przewodniczący – Krystyn Kozłowski, zastępca przewodniczącego – Bartłomiej Kwiatkowski, sekretarz – Jerzy Dudkiewicz, skarbnik – Danuta Samatowicz, członkowie – Teresa Kutajczyk i Stanisław Zachara (korespondent).

*Stanisław Zachara*

## Nowy profesor

Tytuł naukowy profesora nauk fizycznych, nadany przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej, otrzymał w dniu 25 kwietnia 1994 Marcin Kubiak (UW, Warszawa).

*Sprawy Nauki, nr 3 (1994)*

## KBN

W wyniku wyborów w skład Zespołu Nauk Matematycznych, Fizycznych i Astronomii w drugiej kadencji KBN weszli profesorowie: Andrzej S. Białynicki-Birula (Inst. Matematyki UW), Zbigniew Ciesielski (Inst. Matematyczny PAN, Warszawa), Andrzej Z. Hryniewicz (IFJ, Kraków), Andrzej K. Wróblewski (IFD UW) i Janusz Ziółkowski (Centrum Astronomiczne PAN, Warszawa). Przewodniczącym Zespołu jest prof. Andrzej S. Białynicki-Birula.

*Sprawy Nauki, nr 2 (1994)*



## Rada Działania w Fizyce UNESCO

Niedawno utworzona Rada Działania w Fizyce (Physics Action Council – PAC) UNESCO ma za zadanie doradzać tej organizacji w sprawach jak najszerszego udziału fizyków w działalności UNESCO.

Rada na pierwszym swoim zebraniu, które odbyło się w kwietniu 1994 w Paryżu, postanowiła utworzyć doraźne grupy robocze, które powinny: ułatwić współpracę międzynarodową przy użytkowaniu wielkich urządzeń badawczych (przewodniczący – H. Schopper, Genewa), ułatwić szeroki dostęp do literatury i komunikowania się elektronicznego (przew. – I.A. Lerch, Nowy Jork) oraz dążyć do ulepszania nauczania fizyki (przew. – M. Konuma, Tokio). PAC spodziewa się, że uzyska fundusz ok. 90 tys. USD przeznaczony na pomoc fizykom z biedniejszych krajów w udziale w tych pracach.

*Europhys. News* 25, nr 4 (1994)

B. W.

## J. Kwieciński laureatem nagrody Skłodowskiej-Curie

Nagroda naukowa im. Marii Skłodowskiej-Curie przyznawana jest corocznie przez Wydział Nauk Matematyczno-Fizycznych i Chemicznych PAN od 1967 r., przemiennie fizykom i chemikom polskim, za decydujący wkład wniesiony do tych dziedzin nauki w przeciągu 6 lat poprzedzających otrzymanie nagrody. Lista laureatów w zakresie fizyki obejmuje 18 nazwisk; w 4 przypadkach nagrodę przyznano dwuosobowym zespołom. Laureatem nagrody w 1993 r. został prof. dr hab. Jan Kwieciński, kierownik Zakładu Fizyki Teoretycznej w krakowskim Instytucie Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego, za cykl prac opublikowanych w latach 1989–93 i poświęconych fizyce zjawisk zachodzących przy małych wartościach bjorkenowskiej zmien-

nej skalowania  $x$  w chromodynamice kwantowej.

Kwieciński całą swoją drogę naukową związał z ośrodkiem krakowskim. Studia ukończył na Uniwersytecie Jagiellońskim, gdzie następnie w 1966 r. obronił pracę doktorską pt. „Analityczne własności relatywistycznej amplitudy rozpraszania w płaszczyźnie zespolonego momentu pędu”. Habilitował się także na UJ, w 1973 r., na podstawie pracy pt. „Dyspersyjne reguły sum i ich zastosowanie w teorii silnych oddziaływań”. Od 1960 r. pracuje w IFJ, gdzie w 1988 r. został mianowany profesorem. Zainteresowania naukowe teorią i fenomenologią oddziaływań silnych a zwłaszcza procesów głęboko nieelastycznych rozwijał od lat, m.in. dzięki szerokim kontaktom naukowym z licznymi ośrodkami europejskimi: ze Zjednoczonym Instytutem Badań Jądrowych w Dubnej, Rutherfordowskim Laboratorium Wysokich Energii w Chilton, Laboratorium Fizyki Teoretycznej i Wysokich Energii w Orsay, Laboratorium Cavendisha w Cambridge, Wydziałem Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego i wreszcie z Wydziałem Fizyki Uniwersytetu w Durham. Właśnie we współpracy z fizykami brytyjskimi, głównie z Uniwersytetu w Durham, powstały prace wyróżnione nagrodą Marii Skłodowskiej-Curie. Dotyczą one teorii procesów głęboko nieelastycznych w granicy zmiennej skalowania Bjorkena  $x \rightarrow 0$ . Zderzenia z „małym  $x$ ” właśnie zaczynają być po raz pierwszy badane doświadczalnie – przy akceleratorze HERA w Hamburgu. Według przewidywań chromodynamiki kwantowej (QCD) liczba partonów (tj. kwarków i gluonów) rośnie w tym obszarze bardzo silnie, prowadząc do nowych efektów dynamicznych.

Opracowanie metod rachunkowych oraz interpretacja wyników doświadczeń dotyczących zderzeń z małym  $x$  jawi się obecnie jako jedno z najważniejszych zadań

fizyki wysokich energii. W wyróżnionych pracach rozwiązane zostały formalnie problemy teoretyczne, dotyczące zachowania się funkcji rozkładu partonów dla  $x \rightarrow 0$  (efekt cieniowania partonowego) i podane przewidywania dla głęboko nieelastycznego rozpraszania elektronów na protonach w akceleratorze HERA, zarówno dla funkcji struktury protonu jak i dla produkcji pętków („dżetów”) cząstek. Pierwsze wyniki otrzymane w doświadczeniach potwierdziły przewidywania teorii.

Do wyróżnionych prac prof. Kwieciński wniósł wkład dominujący: zarówno podstawową ideę, wyrastającą z głębokiego zrozumienia fizyki silnych oddziaływań jak i znakomity warsztat rachunkowy, który rozciąga się od klasycznego podejścia Reggego aż do nowoczesnych metod chromodynamiki kwantowej.

Nagrodzone prace są znane, cenione i wielokrotnie cytowane w literaturze światowej. Stanowią jednak zaledwie małą część dorobku Laureata w dziedzinie fizyki wysokich energii jak również zderzeń przy małym  $x$ . Jest bowiem prof. Kwieciński jednym ze ścisłej czołówki uznanych, światowych ekspertów w tej dziedzinie. I bez wątpienia – obdarzonym wielką umiejętnością kontaktu i współpracy z innymi. Współczesna fizyka wysokich energii nie jest domeną samotnych badaczy; badania naukowe wykonuje się tu w grupach, liczących – w przypadku fizyki doświadczalnej – nawet kilkaset osób. Dlatego osobiste cechy charakteru fizyka stają się niemal równie ważne jak jego kompetencje merytoryczne. Umiejętność pracy z innymi prof. Kwieciński posiada w najwyższym stopniu: entuzjasta i optymista, o ogromnej kulturze osobistej, bardzo wyrozumiały i z wielkim darem cierpliwego słuchania innych – ich pomysłów, trudności, krytyki. Takim postrzegają Profesora koledzy i współpracownicy w światowych ośrodkach naukowych.

Z prof. Kwiecińskim zetknęłam się w 1985 r. przy okazji swej habilitacji, którą w wyniku zabawnej administracyjnej omyłki Profesor wówczas recenzował. Wtedy właśnie, od prostego pytania o moje aktualne zainteresowania i prace (a było to doświadczenie EMC NA28, a więc pierwsze pomiary funkcji struktury nukleonu przy małym  $x$  i  $Q^2$ ) zaczęła się nasza trwająca do dziś współpraca nad fenomenologią nieelastycznego rozpraszania mionów na protonach i tarczach jądrowych.

*Barbara Badetek*

### **Ignacy Adamczewski honorowym obywatelem Gdańska**

Rada miasta Gdańska przyznała Ignacemu Adamczewskiemu, emerytowanemu profesorowi Politechniki Gdańskiej, godność honorowego obywatela miasta.

W uzasadnieniu tej decyzji podkreślono wyjątkowy wkład Adamczewskiego w rozwój nauki w Gdańsku. Uroczystość wręczenia dyplomu odbyła się 28 czerwca 1994 r. w Sali Czerwonej Ratusza Głównego w obecności przedstawicieli świata nauki, kultury i polityki Trójmiasta. Laureat otrzymał z tej okazji również kopię starogdańskiego fotela.

*Czesław Szmytkowski*

### **SEZAM się otworzył**

Fundacja na rzecz Nauki Polskiej (FNP) w przekonaniu, że istotnym ograniczeniem rozwoju wielu dyscyplin naukowych w Polsce jest ich niedoinwestowanie uznała za celowe skoncentrowanie przyznawanych przez nią subwencji aparaturowych na wybieranych corocznie dziedzinach. Wybór ma na celu wyłonienie takich rozwojowych obszarów badań, które w kraju uprawia co najmniej kilka grup naukowych o renomie międzynarodowej i

fizyki wysokich energii. W wyróżnionych pracach rozwiązane zostały formalnie problemy teoretyczne, dotyczące zachowania się funkcji rozkładu partonów dla  $x \rightarrow 0$  (efekt cieniowania partonowego) i podane przewidywania dla głęboko nieelastycznego rozpraszania elektronów na protonach w akceleratorze HERA, zarówno dla funkcji struktury protonu jak i dla produkcji pęków („dżetów”) cząstek. Pierwsze wyniki otrzymane w doświadczeniach potwierdziły przewidywania teorii.

Do wyróżnionych prac prof. Kwieciński wniósł wkład dominujący: zarówno podstawową ideę, wyrastającą z głębokiego zrozumienia fizyki silnych oddziaływań jak i znakomity warsztat rachunkowy, który rozciąga się od klasycznego podejścia Reggego aż do nowoczesnych metod chromodynamiki kwantowej.

Nagrodzone prace są znane, cenione i wielokrotnie cytowane w literaturze światowej. Stanowią jednak zaledwie małą część dorobku Laureata w dziedzinie fizyki wysokich energii jak również zderzeń przy małym  $x$ . Jest bowiem prof. Kwieciński jednym ze ścisłej czołówki uznanych, światowych ekspertów w tej dziedzinie. I bez wątpienia – obdarzonym wielką umiejętnością kontaktu i współpracy z innymi. Współczesna fizyka wysokich energii nie jest domeną samotnych badaczy; badania naukowe wykonuje się tu w grupach, liczących – w przypadku fizyki doświadczalnej – nawet kilkaset osób. Dlatego osobiste cechy charakteru fizyka stają się niemal równie ważne jak jego kompetencje merytoryczne. Umiejętność pracy z innymi prof. Kwieciński posiada w najwyższym stopniu: entuzjasta i optymistą, o ogromnej kulturze osobistej, bardzo wyrozumiałą i z wielkim darem cierpliwego słuchania innych – ich pomysłów, trudności, krytyki. Takim postrzegają Profesora koledzy i współpracownicy w światowych ośrodkach naukowych.

Z prof. Kwiecińskim zetknęłam się w 1985 r. przy okazji swej habilitacji, którą w wyniku zabawnej administracyjnej omyłki Profesor wówczas recenzował. Wtedy właśnie, od prostego pytania o moje aktualne zainteresowania i prace (a było to doświadczenie EMC NA28, a więc pierwsze pomiary funkcji struktury nukleonu przy małym  $x$  i  $Q^2$ ) zaczęła się nasza trwająca do dziś współpraca nad fenomenologią nieelastycznego rozpraszania mionów na protonach i tarczach jądrowych.

*Barbara Badetek*

### **Ignacy Adamczewski honorowym obywatelem Gdańska**

Rada miasta Gdańska przyznała Ignacemu Adamczewskiemu, emerytowanemu profesorowi Politechniki Gdańskiej, godność honorowego obywatela miasta.

W uzasadnieniu tej decyzji podkreślono wyjątkowy wkład Adamczewskiego w rozwój nauki w Gdańsku. Uroczystość wręczenia dyplomu odbyła się 28 czerwca 1994 r. w Sali Czerwonej Ratusza Głównego w obecności przedstawicieli świata nauki, kultury i polityki Trójmiasta. Laureat otrzymał z tej okazji również kopię starogdańskiego fotela.

*Czesław Szmytkowski*

### **SEZAM się otworzył**

Fundacja na rzecz Nauki Polskiej (FNP) w przekonaniu, że istotnym ograniczeniem rozwoju wielu dyscyplin naukowych w Polsce jest ich niedoinwestowanie uznana za celowe skoncentrowanie przyznawanych przez nią subwencji aparaturowych na wybieranych corocznie dziedzinach. Wybór ma na celu wyłonienie takich rozwojowych obszarów badań, które w kraju uprawia co najmniej kilka grup naukowych o renomie międzynarodowej i

które przyczyniają się do rozwiązywania ważnych dla praktyki problemów podstawowych oraz rokując powstanie istotnych zastosowań.

W 1993 r. wybraną dyscypliną była biologia molekularna, natomiast w 1994 r. dyscypliną tą jest synteza i wyznaczanie parametrów nowoczesnych materiałów, dziedzina bliższa problemom techniki.

Dziedzina ta jest rozumiana przez FNP jako podstawowa dla rozwoju nauki o materiałach, łącząca nauki fizyczne, chemiczne i techniczne. Znaczenie nowych materiałów dla rozwoju technologicznego i cywilizacyjnego podkreśla większość światowych i krajowych opracowań prognostycznych i strategicznych. To właśnie nowe materiały prowadzą wprost do powstawania nowych produktów i usług o wartości wielokrotnie przekraczającej wartość wykorzystanych materiałów. Stymulują one więc tworzenie nowych gałęzi przemysłu i nowych miejsc wysokokwalifikowanej pracy.

Kierując się powyższymi przesłankami FNP ogłosiła na 1994 r. program-konkurs SEZAM. Na konkurs wpłynęło 176 wniosków na łączną kwotę ponad 700 mld zł, co ponad pięciokrotnie przewyższało wielkość desygnowanych na ten cel środków. Niespodziewanie duża liczba wniosków wymusiła znaczne zaostrzenie kryteriów. Najwyższy priorytet uzyskały wnioski dotyczące zakupów aparatury ściśle dla celów technologicznych, a następną pozycję zajęły wnioski dotyczące bezpośredniego wyznaczania własności, a dokładniej własności strukturalnych.

Konkurs był niezwykle trudny i tylko 18% zgłoszonych wniosków (i to nie zawsze w całości) zostało przyjętych do realizacji. Z konieczności poza listą zwycięzców musiało pozostać bardzo wiele dobrych i godnych finansowania wniosków.

Ostatecznie wyłonione przez Zarząd FNP na podstawie opinii ekspertów 34

wnioski dotyczą zakupu aparatury na kwotę szacowaną na ponad 130 mld zł.

Największe subwencje otrzymały ośrodki: warszawski (m.in. IF PAN – dyfraktometr rentgenowski, reaktor do krystalizacji cienkich warstw epitaksjalnych, CBW PAN – elektronowy mikroskop skaningowy, Wydział Inżynierii Materiałowej PW – mikroskop elektronowy transmisyjny ze spektrometrem rentgenowskim, IFD UW – wysokorozdzielczy dyfraktometr rentgenowski, IFT WAT – urządzenie do nanoszenia warstw  $A_{II}B_{VI}$  metodą rozpylania jonowego), krakowski (m.in. AGH – elektronowy mikroskop transmisyjny, pionowy piec próżniowy z wyposażeniem), śląski (m.in. IFChM UŚI – mikroskop elektronowy transmisyjny, filia PŁ w Bielsku-Białej – kamera Kratky'ego z licznikiem pozycyjnie czułym), wrocławski (m.in. PWR – wysokorozdzielczy dyfraktometr rentgenowski), poznański (m.in. IFM PAN – stanowisko do nanoszenia cienkich warstw). Subwencje również uzyskały: IF UMK (dyfraktometr rentgenowski) i Politechnika Szczecińska.

B. W.

## CAESAR

Dotychczasową stolicę Niemiec niezadługo opuszczą rzesze polityków i biurokratów – rząd RFN postanowił wykonać wcześniej podjętą decyzję przeniesienia do 2000 r. stolicy do Berlina.

W tej sytuacji zarówno rząd federalny jak i rząd krajowy szukają sposobów zapewnienia pustki, jaka miałaby powstać skutkiem tych przenosin. Postanowiono stworzyć w Bonn i okolicach region wysokiej technologii i w tym celu utworzyć tam Center of Advanced European Studies and Research – CAESAR, które zajmować się będzie problemami na pograniczu fizyki, chemii i biologii. Centrum to będzie finan-

sowane przez specjalnie utworzoną, niezależną fundację. Na początek rząd RFN ofiarował fundacji sumę ok. 450 mln USD. Dzięki temu CAESAR będzie niezależny od dorocznych uchwał budżetowych parlamentu niemieckiego i będzie miał swobodę w ustalaniu wysokości uposażeń pracowników.

CAESAR stanowi tylko część inwestycji zaplanowanych dla okręgu Bonn na lata 1995–2004. Projektuje się utworzenie dwóch nowych politechnik i również dwóch nowych centrów badawczych w Uniwersytecie Bońskim, które mają zajmować się problemami integracji europejskiej i konfliktów między krajami wysoko- i niskorozwiniętymi. Powstanie też albo w samym Bonn albo w pobliżu jeszcze jeden Instytut Maxa Plancka lub jeszcze jeden Instytut Fraunhofera. Inwestycje planuje się na ok. 1.7 mld USD, z czego 60% przeznaczają się na naukę i kształcenie.

*Science* 264, nr 5166 (1994)

B. W.

### O lepsze szkolenie pracowników dla przemysłu

Komitet Doradczy ds. Badań Przemysłowych i Rozwoju (Industrial Research and Development Advisory Committee – IRDAC) Wspólnoty Europejskiej wyraził opinię, że konieczna jest znaczna intensyfikacja współpracy europejskiego przemysłu i wyższych uczelni aby Europa mogła znowu efektywnie współzawodniczyć w rozwoju ekonomicznym. IRDAC obawia się, że państwa europejskie nie zdają sobie dostatecznie sprawy w jakim stopniu utraciły swoją pozycję w tym współzawodnictwie. Zwłaszcza system edukacyjny nie bierze tego pod uwagę, a przecież powinien ponosić odpowiedzialność za obecny stan.

Raport IRDAC-u zaleca wymianę pracowników i wspólne programy edukacyjne i treningowe uczelni i przemysłu: „Na poziomie kształcenia podyplomowego przywią-

zuje się za małą wagę do potrzeb przemysłu i niepotrzebnie zbyt wiele osób kieruje się na studia doktoranckie.”

W skład IRDAC-u wchodzi przedstawiciele wiodących europejskich przedsiębiorstw wysokiej technologii, jak np. Siemens, Philips, GEC-Marconi oraz wyższych uczelni. Komitet przyznaje, że istnieje niechęć wielu przedsiębiorstw do współpracy z uczelniami i uważa, że współpraca ta musi stać się znacznie bardziej intensywna jeśli Europa nie chce stać się obszarem niskich zarobków i niskiego wykształcenia pracowników.

*Phys. World* 7, nr 5 (1994)

B. W.

### Czy nauka rosyjska przetrwa?

W czerwcowym zeszycie *Physikalische Blätter* ukazał się artykuł dwóch rosyjskich fizyków, Władimira G. Zelinskiego i Walentina W. Sokołowa z Instytutu Fizyki Jądrowej w Nowosybirsku, pracujących obecnie za granicą. Artykuł przedstawia osobistą ocenę obecnego położenia fizyki w Rosji.

Badania podstawowe były w Rosji tradycyjnie skoncentrowane w wielkich instytutach finansowanych z budżetu państwa, albo poprzez Akademię Nauk albo poprzez ministerstwa związane z rozwojem przemysłu. Wraz z głębokim kryzysem gospodarki rosyjskiej źródła te prawie wyschły. Państwo nie jest już w stanie pełnić roli mecenasu nauki, a nowo powstający przemysł prywatny jest jeszcze zbyt słaby i nie ma motywacji by udzielać wsparcia. W tej sytuacji wiele instytucji zmusza swoich pracowników do brania urlopów bezpłatnych lub do pracy w wymiarze pół etatu. Niektóre silne grupy badawcze rozpadły się, wybitni naukowcy wyjeżdżają za granicę na stałe lub na dłuższe pobyty. Ta tendencja stale rośnie i grozi zejściem do poziomu, z którego trudno będzie naukę odbudować.

Przez wiele lat badania w ZSRR były

nastawione na cele militarne. Kosztowne programy, jak loty kosmiczne, budowa akceleratorów, jądrowe reaktory badawcze, badanie syntezy jądrowej, były możliwe do realizacji tylko dzięki finansowej i organizacyjnej pomocy wojska. Spowodowało to wytworzenie się klasy półnaukowych menedżerów (tzw. generałów nauki), którzy wyrobili sobie wielkie wpływy w biurokratyzowanej Akademii Nauk, Akademia zaś w wielu wypadkach odgrywała wiodącą rolę we wspomnianych obecnie ze wstydem kampaniach ideologicznych. Godna i odważna postawa kilku akademików-fizyków, jak Andrej Sacharow, Igor Tamm czy Michaił Leontowicz, była raczej wyjątkiem. W niektórych wydziałach Akademii występowały również tendencje antysemickie, szczególnie ujawniające się przy wyborach nowych członków.

W dawnym ZSRR nie istniały organizacje naukowe niezależne od biurokracji (jak np. towarzystwa naukowe, niezależne grupy ekspertów itp.). Uniwersytety w większości służyły tylko jako miejsca kształcenia, oderwane od laboratoriów, w których prowadzono nowoczesne badania. Jako jedyne miejsca, gdzie związki między kształceniem a badaniami były we właściwy sposób utrzymywane, autorzy wymieniają Moskiewski Instytut Fizyki i Technologii oraz centrum naukowe w Nowosybirsku.

Zamknięty charakter społeczeństwa sowieckiego i brak ściślejszych kontaktów ze światową społecznością nauki stworzyły w ZSRR konieczność rozwijania poszczególnych dyscyplin we własnym zakresie, a to pociągało za sobą niepotrzebny rozrost instytucji naukowych i zatrudnianie w nich zbyt wielu ludzi. Wraz z załamaniem się systemu, społeczeństwo rosyjskie zaczęło poddawać się wpływowi pseudonauki – astrologowie, okultyści i magnetyzerzy zajmują całe stronicę gazet i duży

czas emisji telewizyjnej.

Autorzy wyrażają opinię, że potrzebny jest teraz dobry program przebudowy struktury nauki. Tego zadania nie wolno powierzyć Akademii Nauk w jej obecnym stanie stagnacji. Ją samą trzeba przeorganizować. Konieczne jest rozwijanie infrastruktury naukowych, muszą się zmienić stosunki między nauką a państwem. Jeżeli przyznawanie środków na naukę będzie się opierać na ocenach czysto naukowych i użytecznych, to przyciągnąć to może nowych inwestorów, a na uniwersytetach rozwinie się życie naukowe.

„Jest dla nas jasne”, kończą autorzy, „że nie da się oddzielić losu nauki od losu społeczeństwa. Poważnych problemów przetrwania nauki rosyjskiej nie można będzie rozwiązać zanim Rosja nie wyjdzie z ogólnego kryzysu, a to może trwać dziesiątki lat, a nawet czas kilku pokoleń. Czy nauka rosyjska da radę tak długo wytrzymać?”.

*Phys. Bl.* 50, nr 6 (1994)

*B. W.*

### Szósta seria wykładów w IF PAN: Wiosna '94

W marcu, kwietniu i maju 1994 w Instytucie Fizyki PAN odbyła się kolejna sesja wykładów połączona ze zwiedzaniem Instytutu i lekcjami pokazowymi dla uczniów i nauczycieli.

Sesja obejmowała następujące wykłady: Tomasz Dietl – „Na granicy miniaturyzacji elementów elektronicznych”; Ireneusz Strzałkowski (Instytut Fizyki Politechniki Warszawskiej) – „Czy kończy się »Wiek Krzemu«?”; Andrzej Wiśniewski – „Nadprzewodniki a nasze wnuki”; Jerzy Langer – „Świejące półprzewodniki”; Ludwik Lis – „Doświadczenia z promieniowaniem laserowym”; Marek Cieplak – „Zjawiska kapilarne w ośrodkach porowatych”.

Jak zwykle, sala w czasie wykładów była pełna i jak zwykle wykład o promie-

„pułapką Paula”, pozwoliło na spełnienie jednego z marzeń fizyków – obserwację pojedynczego, zjonizowanego atomu będącego prawie w spoczynku.

Wolfgang Paul urodził się w 1913 r. w Lorenzkirch w Saksonii. W 1932 r., za radą Arnolda Sommerfelda, rozpoczął studia na Politechnice w Monachium. Jako kierunek studiów wybrał mechanikę precyzyjną. Jednocześnie uczył się na wykładach z fizyki, które ciekawie prowadzone, wzbogacane w inspirujące doświadczenia, tak ważne w procesie kształcenia dla przyszłych fizyków, spowodowały, że w swojej pracy twórczej zajął się fizyką.

W 1934 r. przeniósł się do Berlina, gdzie pod kierunkiem Gustawa Hertza studiował elektrotechnikę. Po zdaniu w 1937 r. egzaminu dyplomowego przystąpił do pracy doktorskiej, której zadaniem było wyznaczenie momentów jądrowych berylu na podstawie badania widma struktury nadsubtelnej. Realizacja tego wymagania opracowania nowej metody doświadczenia. Paul wprowadził do badań spektroskopowych wiązkę atomową jako źródło światła, co pozwoliło zminimalizować efekt Dopplera podczas obserwacji widma atomowego.

Po habilitacji w 1944 r., pracując na stanowisku docenta w Getyndze, skonstruował wielkiej precyzji spektrometr mas do analizy izotopów, który został później rozwinięty i zastosowany w geochronologii, chemii i badaniach kinetyki reakcji chemicznych. Rozpoczął prace nad wykorzystaniem w badaniach wysokokoenergetycznych elektronów staniam w badaniach rozkładu jądnku w jądrze. Pracował też nad wykorzystaniem wiązki elektronów do zwalczania nowotworów.

W 1952 r. Paul został powołany na stanowisko dyrektora Instytutu Fizyki Uniwersytetu w Bonn, gdzie rozwinął całą gamę metod doświadczalnych różnych dziedzin fizyki, szczególnie pielęgnując badania

niowaniu laserowym trzeba było zorganizować jeszcze raz w dodatkowym terminie, gdyż chętnych do jego wysłuchania było znacznie więcej niż mogła pomieścić 300-osobowa sala wykładowa. Powtarzanie tego wykładu staje się już tradycją.

Również bardzo dużym zainteresowaniem cieszyły się lekcje pokazowe dla nauczycieli i uczniów na tematy trudne do przedstawienia w warunkach szkolnych oraz zwiędzanie Instytutu. Organizatorów bardzo cieszy, że mimo warunków nie sprzyjających zainteresowaniu naukowym, młodzież szkolna nie dała się przekonać prasie, radu i telewizji, że na świecie istnieją tylko gielda i pieniądz.

Waldemar Gorzkowski

## Europejskie odkrycia na znaczkach

Niemiecka Poczta Federalna wypuściła do obiegu dwa znaczki z serii „Europa i odkrycia”. Znaczek za 80 fenigów z napisem „odkrycie prawa Ohma” przedstawia opornik i wzór:  $U = RI$ , a znaczek za 100 fenigów – napis „odkrycie teorii kwantów”, symboliczny rysunek fali świetlnej i wzór:  $\Delta E = h\nu$ .

Phys. Bl. 50, nr 5 (1994)

## Wolfgang Paul (1913 – 1993)

W nocy z 6 na 7 grudnia 1993 zmarł

profesor Uniwersytetu w Bonn, doktor honoris causa Uniwersytetu w Uppsali, Uniwersytetu Technicznego w Akwizgranie, Uniwersytetu w Coventry oraz Politechniki Pohnańskiej, laureat Nagrody Nobla z fizyki (1989) i prezes (w latach 1979–89) Fundacji Humboldta.

Człowiek ten wymyślił i zbudował wsparte urządzenia fizyki współczesnej. Wśród nich, urządzenie nazywane dziś

niowaniu laserowym trzeba było zorganizować jeszcze raz w dodatkowym terminie, gdyż chętnych do jego wystuchania było znacznie więcej niż mogła pomieścić 300-osobowa sala wykładowa. Powtarzanie tego wykładu staje się już tradycją.

Również bardzo duży zainteresowaniem cieszyły się lekcje pokazowe dla nauczycieli i uczniów na tematy trudne do przedstawienia w warunkach szkolnych oraz zwiędzanie Instytutu. Organizatorów bardzo cieszy, że mimo warunków nie sprzyjających zainteresowanom naukowym, młodzież szkolna nie dała się przekonać prasie, radu i telewizji, że na świecie istnieją tylko gieda i pieniądz.

## Europejskie odkrycia na znaczkach

Waldemar Gorzkowski

Niemiecka Poczta Federalna wypuściła do obiegu dwa znaczki z serii "Europa i odkrycia". Znaczek za 80 fenigów z napisem "odkrycie prawa Ohma" przedstawia opornik i wzór:  $U = RI$ , a znaczek za 100 fenigów – napis "odkrycie teorii kwantów", symboliczny rysunek fali świetlnej i wzór:  $\Delta E = h\nu$ .

*Phys. Bl.* 50, nr 5 (1994)

## Wolfgang Paul (1913 – 1993)

W nocy z 6 na 7 grudnia 1993 zmarł w wieku osiemdziesięciu lat Wolfgang Paul, profesor Uniwersytetu w Bonn, doktor *honoris causa* Uniwersytetu w Uppsali, Uniwersytetu Technicznego w Akwizgranie, Uniwersytetu w Coventry oraz Politechniki Poznanskiej, laureat Nagrody Nobla z fi-

zyki (1989) i prezes (w latach 1979–89) Fundacji Humboldta.

Człowiek ten wymyślił i zbudował wspaniałe urządzenia fizyki współczesnej. Wśród nich, urządzenie nazywane dziś

stanowisko dyrektora Instytutu Fizyki Uniwersytetu w Bonn, gdzie rozwinął całą gamę metod doświadczalnych różnych dziedzin fizyki, szczególnie pielęgnując badania

W 1952 r. Paul został powołany na stanowisko dyrektora Instytutu Fizyki Uniwersytetu w Bonn, gdzie rozwinął całą gamę metod doświadczalnych różnych dziedzin fizyki, szczególnie pielęgnując badania wspaniałe urządzenia fizyki współczesnej. Wśród nich, urządzenie nazywane dziś

W 1934 r. przeniósł się do Berlina, gdzie pod kierunkiem Gustawa Hertza studiował elektrotechnikę. Po zdaniu w 1937 r. egzaminu dyplomowego przystąpił do pracy doktorskiej, której zadaniem było wyznaczenie momentów jądrowych berylu na podstawie badania widma struktury nadsubtelnej. Realizacja tego wymagała opracowania nowej metody doświadczalnej. Paul wprowadził do badań spektroskopowych wiązkę atomową jako źródło światła, co pozwoliło zminimalizować efekt Dopplera podczas obserwacji widma atomowego.

Paul urodził się w 1913 r. w Lorenkirch w Saksonii. W 1932 r., za radą Arnolda Sommerfelda, rozpoczął studia na Politechnice w Monachium. Jako kierunek studiów wybrał mechanikę precyzyjną. Jednocześnie uczęszczał na wykłady z fizyki, które ciekawie prowadzone, wzbogacane w inspirujące doświadczenia, tak ważne w procesie kształcenia dla przyszłych fizyków, spowodowały, że w swojej pracy twórczej zajął się fizyką.

W 1934 r. przeniósł się do Berlina, gdzie pod kierunkiem Gustawa Hertza studiował elektrotechnikę. Po zdaniu w 1937 r. egzaminu dyplomowego przystąpił do pracy doktorskiej, której zadaniem było wyznaczenie momentów jądrowych berylu na podstawie badania widma struktury nadsubtelnej. Realizacja tego wymagała opracowania nowej metody doświadczalnej. Paul wprowadził do badań spektroskopowych wiązkę atomową jako źródło światła, co pozwoliło zminimalizować efekt Dopplera podczas obserwacji widma atomowego.



nad atomem i cząsteczką. Prace nad dynamiką wiązek atomów, jonów oraz elektronów w polu elektromagnetycznym umożliwiły sformułowanie nowych zasad ich ogniskowania i powstanie idei wielu nowych konstrukcji. Przykładami ich są: synchrotron w Bonn, w którym zastosowano metodę silnego ogniskowania; pułapka dla wolnych neutronów – tzw. „butelka Paula”; elektryczny filtr do oddzielania i analizowania cząstek o różnych masach – zwany filtrem masowym Paula, który znalazł w świecie powszechne zastosowanie do analizowania gazów resztkowych w urządzeniach próżniowych; pułapka jonowa – tzw. „pułapka Paula” – urządzenie, które umożliwia długoczasowe badania pojedynczych elektronów i jonów.

Dzięki pracom Paula stało się możliwe umieszczenie w pułapce pojedynczego jonu baru, ochłodzonego do temperatury poniżej 10 mK, czyli znajdującego się prawie w spoczynku. Pułapka jonowa Paula, udoskonalona przez jego ucznia Hansa Dehmelta znalazła zastosowanie m.in. w konstrukcji atomowych wzorców czasu mierzących czas z dokładnością rzędu  $10^{-18}$  s. Tak niespotykane dokładne pomiary czasu znajdują zastosowanie w satelitarnych badaniach przesunięć kontynentów, nawigacji kosmicznej, badaniach efektów relatywistycznych oraz w planowanych obserwacjach fal grawitacyjnych. Za konstrukcję pułapki jonowej Wolfgang Paul i Hans Dehmelt zostali wyróżnieni w 1989 r. Nagrodą Nobla z fizyki (teksty ich wykładów noblowskich zostały opublikowane w *Postęпах Fizyki* 42, 489 i 503 (1991)).

Obszarem działania prof. Paula był praktycznie cały świat. Doceniając wagę poznania jądra atomowego angażował się w gigantyczne projekty budowy urządzeń fizyki jądrowej, w takich instytucjach jak: CERN w Genewie, DESY (którego był współtwórcą) w Hamburgu, Ośrodek Ba-

dań Jądrowych w Grenoble, gdzie prowadził słynne badania z zimnymi neutronami uwiecznionymi w tzw. butelkach magnetycznych.

W latach pięćdziesiątych Paul działał aktywnie na rzecz niezubrania Niemiec w broń jądrową. Wraz z Maxem Bornem, Ottonem Hahnem, Wernerem Heisenbergiem, Carlem Weizsäckerem i innymi był sygnatariuszem „Deklaracji Osiemnastu” z Getyngi w sprawie zaniechania uzbrojenia armii niemieckiej w broń jądrową.

Profesor Paul odwiedził trzykrotnie Polskę. Po raz pierwszy był w Poznaniu w maju 1986 r., przekazał wówczas Instytutowi Fizyki Politechniki Poznańskiej dar Fundacji Humboldta – przestrajalny laser barwnikowy. Podczas drugiego swojego pobytu, w październiku 1989 r., uczestniczył w zjeździe naukowym w Poznaniu inaugurującym powstanie towarzystwa „Societas Humboldtiana Polonorum” grupującego polskich stypendystów Fundacji Humboldta. Po raz trzeci odwiedził Polskę w 1990 r. z racji nadania mu tytułu doktora *honoris causa* Politechniki Poznańskiej i brał udział w zorganizowanym z tej okazji kolokwium „New trends in atomic physics”.

Jerzy Dembczyński

### Jerzy Czajko (1946 – 1994)

Dnia 28 czerwca 1994 zmarł nagle dr nauk fizycznych Jerzy Czajko, zastępca nauczyciel akademicki Wydziału Fizyki Uniwersytetu Gdańskiego, adiunkt w Instytucie Fizyki Doświadczalnej. Urodził się 14 grudnia 1946 w miejscowości Woznawieś w woj. łomżyńskim. Po ukończeniu studiów w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Gdańsku objął stanowisko asystenta w Katedrze Fizyki WSP w Gdańsku, a następnie po utworzeniu w 1970 r. Uniwersytetu Gdańskiego był jednym z tych, któ-

rzy przyczynili się do rozwoju fizyki na tym Uniwersytecie. Doktoryzował się w 1975 r. na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii UG na podstawie pracy „Wpływ otoczenia na anomalne stokesowskie przesunięcie widm elektronowych pochodnych indolu w roztworach” i z dniem 1 lipca 1975 r. został powołany na stanowisko adiunkta w Zakładzie Fizyki Molekularnej Instytutu Fizyki UG. Przez okres dwóch lat pełnił funkcję kierownika Zakładu Fizyki Molekularnej.



Jerzy Czajko

Jest autorem prac naukowych dotyczących zagadnień wpływu rozpuszczalnika na optyczne i elektryczne własności cząstek luminescujących. Był członkiem Polskiego Towarzystwa Fizycznego oraz Gdańskiego Towarzystwa Naukowego, w którym pełnił funkcję sekretarza Wydziału III Matematyczno-Fizyczno-Chemicznego. Za działalność naukową i dydaktyczną był wielokrotnie wyróżniany Nagrodą Rektora UG.

Odszedł od nas przedwcześnie wspólniały, prawy, przyjazny ludziom człowiek.

Alfons Kawski

## Jean Teillac (1920 – 1994)

Dnia 10 marca 1994 zmarł Jean Teillac, który przez prawie 20 lat był francuskim Wysokim Komisarzem Energii Atomowej.

Teillac urodził się 6 września 1920 i po ukończeniu studiów w Ecole Normale d'Instituteurs uczył w szkole podstawowej. Później kontynuował studia w Uniwersytecie Paryskim. Pracę doktorską pod kierunkiem Ireny Joliot-Curie wykonał w Instytucie Radowym i uzyskał doktorat w 1951 r., a w 1955 r. otrzymał katedrę fizyki jądrowej i promieniotwórczości. W latach 1959–70 był jednocześnie dyrektorem Instytutu Fizyki Jądrowej w Orsay i Instytutu Radowego. Jego zasługą jest rozwój Uniwersytetu Nauk Ścisłych w Orsay.

W początku lat siedemdziesiątych badania z fizyki jądrowej i fizyki cząstek elementarnych były prowadzone we Francji w ośrodkach Komisji Energii Atomowej i w Narodowym Centrum Badań Naukowych (CNRS). Dzięki Teillacowi zostały one skumulowane w Narodowym Instytucie Fizyki Jądrowej i Cząstek Elementarnych (tzw. IN2P3). Powstało wtedy m.in. laboratorium GANIL (Grand Accélérateur National d'Ions Lourds) w Caen.

W latach 1973–93 Teillac był Wysokim Komisarzem Energii Atomowej. Prowadził też ważną działalność międzynarodową – w latach 1976–83 był przewodniczącym Rady JET (Joint European Torus), ośrodka zlokalizowanego w Anglii i zajmującego się syntezą termojądrową drogą uwięzienia magnetycznego. W latach 1978–81 był przewodniczącym Rady CERN-u – w tym właśnie czasie podjęto decyzję budowy Wielkiego Zderzacza Elektron-Pozyton (LEP), który rozpoczął działanie w 1989 r.

Phys. World 7, nr 7 (1994)

B. W.

## KALENDARZ IMPREZ

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

### 1994

1 – 2 grudnia 1994, Kraków

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

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

U: 100

6 – 9 grudnia 1994, Toruń

#### **XXVII Symposium on Mathematical Physics**

Inst. Fizyki UMK, Redakcja *Reports on Mathematical Physics*, Kom. Org. XXVII SMP, Inst. Fizyki UMK, Grudziądzka 5, 87-100 Toruń, tel.: (56) 22367, fax: (56)25397, adr.el.: romp@phys.uni.torun.pl.

Z: 31.10.94, P, O: USD 80, ang.

### 1995

13 – 24 lutego 1995, Karpacz

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

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

P, U: 100, ang.

maj 1995, Jurata

#### **XII Międzynarodowe Sympozjum z Hydroakustyki**

Komitet Akustyki PAN, Pol. Tow. Akustyczne, Katedra Akustyki Wydz. Elektroniki PG, Zespół Hydroakustyki Akademii Marynarki Wojennej, prof. E. Kozaczka, Zespół Hydroakustyki AMW, ul. Śmidowicza, 81-919 Gdynia, tel.: (58) 262868, fax: (58) 254846, adr.el.: amw@beta.nask.gda.pl.

U: 100, O: 2 mln zł, ang.

22 – 26 maja 1995, Jurata

#### **6th Spring School on Acousto-optics and Applications**

Inst. Fizyki Doswiadczalnej UG, Sekcja Akustyki Kwantowej, Molekularnej i Sonochemii  
 PTA, Komitet Akustyki PAN, dr Marek Kosmol, IFD UG, Wita Stwosza 57, 80-952  
 Gdansk, tel.: (58) 415241 w. 248 lub (58) 413175, tlx: 0512706 itas pl, fax: (58) 413175,  
 adr.el.: school@halina.univ.gda.pl.  
 Z: 31.1.95, A: 31.3.95, P, U: 80, ang.  
 29 maja - 2 czerwca 1995, Warszawa  
**Optical Velocimetry**  
 SPIE i Inst. Optyki Stosowanej, prof. M. Pluta, IOS, Karmionkowska 18, 03-805 War-  
 szawa, tel.: (22) 184497, fax: (22) 133265.  
 Z: 15.4.95, A: 1.5.95, P, ang.  
 30 sierpnia - 1 wrzesnia 1995, Krakow  
**Soft Magnetic Materials Conference - SMM 12**  
 Inst. Fizyki PAN, Inst. Elektroniki AGH, prof. H.K. Lachowicz, IF PAN, al. Lotnikow  
 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: 435232, fax: 430926, adr.el.: lachn@gammal.ifpan.edu.pl.  
 U: 300, ang.

## 1996

25 - 31 lipca 1996, Warszawa  
**XXVIII International Conference on High Energy Physics**  
 patronat IUPAP, org. prof. A.K. Wróblewski, Inst. Fizyki Doswiadczalnej UW, Hoza 69,  
 00-681 Warszawa.

## NOWE KSIĄZKI

- L.D. Landau, E.M. Lifszyc, *Hydrodynamika*, z jęz. rosyjskiego tłum. Pawel Kowalczyk i Ludmila Skubiszak, PWN, Warszawa 1994, s. 673.
- Waldemar Gorzkowski, *Zadania z fizyki z całego swiata z rozwiązaniami. 20 lat Międzynarodowych Olimpiad Fizycznych*, WNT, Warszawa 1994, s. 292.
- Michael White, John Gribbin, *Stephen Hawking. Życie i nauka*, z jęz. angielskiego tłum. Barbara Koldziejczyk i Danuta M. Śledziewska-Błocka, WNT, Warszawa 1994, s. 320.
- Andrzej Hennel i Wojciech Szuszkiewicz, *Zadania z fizyki atomu, cząsteczki i ciała stałego*, wyd. II, PWN, Warszawa 1994, s. 251.
- Stanisław Salach, Tomasz Płazak, Zofia Sanok, *500 pytań testowych z fizyki dla uczniów szkół średnich i kandydatów na studia*, wyd. V poprawione, WNT, Warszawa 1994, s. 131.
- Zygmunt Trzaska-Durski, Hanna Trzaska-Durska, *Podstawy krystalografii strukturalnej i rentgenowskiej*, PWN, Warszawa 1994, s. 303.

Inst. Fizyki Doświadczalnej UG, Sekcja Akustyki Kwantowej, Molekularnej i Sonochemii PTA, Komitet Akustyki PAN, dr Marek Kosmol, IFD UG, Wita Stwosza 57, 80-952 Gdańsk, tel.: (58) 415241 w. 248 lub (58) 413175, tlx: 0512706 ifas pl, fax: (58) 413175, adr.el.: school@halina.univ.gda.pl.  
Z: 31.1.95, A: 31.3.95, P, U: 80, ang.

29 maja – 2 czerwca 1995, Warszawa

### Optical Velocimetry

SPIE i Inst. Optyki Stosowanej, prof. M. Pluta, IOS, Kamionkowska 18, 03-805 Warszawa, tel.: (22) 184497, fax: (22) 133265.

Z: 15.4.95, A: 1.5.95, P, ang.

30 sierpnia – 1 września 1995, Kraków

### Soft Magnetic Materials Conference – SMM 12

Inst. Fizyki PAN, Inst. Elektroniki AGH, prof. H.K. Lachowicz, IF PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: 435232, fax: 430926, adr.el.: lacho@gamma1.ifpan.edu.pl.

U: 300, ang.

## 1996

25 – 31 lipca 1996, Warszawa

### XXVIII International Conference on High Energy Physics

patronat IUPAP, org. prof. A.K. Wróblewski, Inst. Fizyki Doświadczalnej UW, Hoża 69, 00-681 Warszawa.

## NOWE KSIĄŻKI

- L.D. Landau, E.M. Lifszyc, *Hydrodynamika*, z jęz. rosyjskiego tłum. Paweł Kowalczyk i Ludmiła Skubiszak, PWN, Warszawa 1994, s. 673.
- Waldemar Gorzkowski, *Zadania z fizyki z całego świata z rozwiązaniami. 20 lat Międzynarodowych Olimpiad Fizycznych*, WNT, Warszawa 1994, s. 292.
- Michael White, John Gribbin, *Stephen Hawking. Życie i nauka*, z jęz. angielskiego tłum. Barbara Kołodziejczyk i Danuta M. Śledziwska-Błocka, WNT, Warszawa 1994, s. 320.
- Andrzej Hennel i Wojciech Szuszkiewicz, *Zadania z fizyki atomu, cząsteczki i ciała stałego*, wyd. II, PWN, Warszawa 1994, s. 251.
- Stanisław Salach, Tomasz Płazak, Zofia Sanok, *500 pytań testowych z fizyki dla uczniów szkół średnich i kandydatów na studia*, wyd. V poprawione, WNT, Warszawa 1994, s. 131.
- Zygmunt Trzaska-Durski, Hanna Trzaska-Durska, *Podstawy krystalografii strukturalnej i rentgenowskiej*, PWN, Warszawa 1994, s. 303.

## Informacje dla autorów

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

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

# POSTĘPY FIZYKI

(dwumiesięcznik)

## WARUNKI PRENUMERATY

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

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

## PRENUMERATA DLA CZŁONKÓW PTF

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

## PRENUMERATA ZAGRANICZNA

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

## INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

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

## SPIS TREŚCI

O. Carnal, J. Mlynek – Optyka fal atomowych z użyciem struktur dyfrakcyjnych .....	419
<b>RÓŻNE</b>	
O.A. Chomicki, W.H. Scharf – Akceleratory medyczne w radioterapii: historia, stan obecny i perspektywy .....	433
<b>WSPOMNIENIA – ROCZNICE</b>	
A.K. Wróblewski – Zarys dziejów „Hożej” .....	459
<b>ROZMOWY</b>	
Ciekawość i współczucie (rozmowa z Victorem Weisskopfem) .....	487
<b>NOWOŚCI NAUKOWE</b>	
A. Sobiczewski – Niewidzialna promieniotwórczość .....	497
<b>ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI</b> .....	501
<b>RECENZJE</b> .....	503
<b>KRONIKA</b> .....	509

## CONTENTS

O. Carnal, J. Mlynek – Atom optics with diffractive structures .....	419
<b>MISCELLANEA</b>	
O.A. Chomicki, W.H. Scharf – Medical accelerators in radiotherapy: past, present and future .....	433
<b>RECOLLECTIONS – ANNIVERSARIES</b>	
A.K. Wróblewski – An outline of the history of „Hoża” .....	459
<b>DEBATES</b>	
Curiosity and compassion (an interview with Victor Weisskopf) .....	487
<b>SCIENTIFIC NEWS</b>	
A. Sobiczewski – Invisible radioactivity .....	497
<b>MEETINGS AND CONFERENCES</b> .....	501
<b>REVIEWS</b> .....	503
<b>CHRONICLE</b> .....	509