

PTF

DWUMIESIĘCZNIK  
POŚWIĘCONY  
UPOWSZECHNIANIU  
WIEDZY  
FIZYCZNEJ

# POSTĘPY FIZYKI

TOM 48  
ZESZYT 4  
1997

---

# POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

## ZARZĄD GŁÓWNY

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

## Redaktorzy naczelni czasopism PTF

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

## Przewodniczący oddziałów Towarzystwa

Prof. dr ANDRZEJ MAZIEWSKI (Białystok)	Prof. dr LESZEK WOJTCZAK (Łódź)
Prof. dr BRONISŁAW GRZEGORZEWSKI (Bydgoszcz)	Dr STANISŁAW CHABIK (Opole)
Prof. dr MARIAN GŁOWACKI (Częstochowa)	Prof. dr JERZY DEMBCZYŃSKI (Poznań)
Dr hab. LEON MURAWSKI (Gdańsk)	Prof. dr MARIAN KUŻMA (Rzeszów)
Prof. dr ZYGMUNT KLESZCZEWSKI (Gliwice)	Prof. dr HENRYK WREMBEL (Słupsk)
Prof. dr JERZY WARCZEWSKI (Katowice)	Prof. dr TADEUSZ REWAJ (Szczecin)
Dr MAREK PAJEK (Kielce)	Prof. dr ANDRZEJ BIELSKI (Toruń)
Prof. dr WOJCIECH GAWLIK (Kraków)	Prof. dr BRONISŁAW ORŁOWSKI (Warszawa)
Prof. dr STANISŁAW HAŁAS (Lublin)	Prof. dr WŁADYSŁAWA NAWROCKA (Wrocław)

## ADRES ZARZĄDU

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

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

# POSTĘPY FIZYKI

DWUMIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY UPOWSZECHNIANIU  
WIEDZY FIZYCZNEJ

TOM 48, ZESZYT 4  
1997

Zeszyt dofinansowany  
przez Komitet Badań Naukowych

Wydano pod patronatem  
Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

Warszawa 1997

## RADA REDAKCYJNA

Andrzej K. Wróblewski - przewodniczący, Jerzy Czerwonko, Marek Demiański,  
Zofia Gołąb-Meyer, Franciszek Kaczmarek, Józef Szudy

## KOMITET REDAKCYJNY

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

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

### Korespondenci oddziałów PTF:

Dr Maciej Horowski (Białystok)  
Prof. dr Jerzy J. Wysłocki (Częstochowa)  
Dr Stanisław Zachara (Gdańsk)  
Dr Roman Bukowski (Gliwice)  
Prof. dr Wiktor Zipper (Katowice)  
Dr Małgorzata Suchańska (Kielce)  
Dr Jacek Bieroń (Kraków)  
Mgr Tomasz Durakiewicz (Lublin)  
Prof. dr Leszek Wojtczak (Łódź)  
Dr Ryszard Czajka (Poznań)  
Mgr Danuta Ficek (Słupsk)  
Dr Ewa Weinert-Rączka (Szczecin)  
Dr Józefina Turło (Toruń)  
Dr Ewa Jędryka (Warszawa)  
Prof. dr Bernard Jancewicz (Wrocław)

**Robert C. Richardson**

*Cornell University  
Ithaca, N.Y., USA*

## Zjawisko Pomeranczuka\*

### The Pomeranchuk effect

*Nobel Lecture, 7 December 1996, Stockholm*

#### 1. Wstęp

Główną rolę w historii odkrycia zjawiska nadciekłości  $^3\text{He}$  odegrała zastosowana w doświadczeniach technika osiągania niskich temperatur, wykorzystująca zjawisko Pomeranczuka. I chociaż metoda ta nie jest już obecnie używana w technice niskich temperatur, stanowi ona mój ulubiony przykład praktycznego zastosowania równania Clausiusa-Clapeyrona. Wyjaśnianie opisanego powyżej procesu w czasie wykładu z podstaw termodynamiki sprawia mi zawsze prawdziwą satysfakcję.

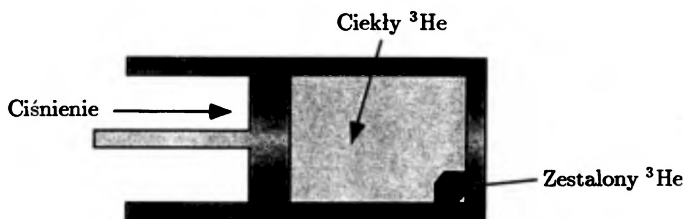
W roku 1950 I. Pomeranczuk, znany teoretyk z zakresu fizyki cząstek elementarnych, wyraził przypuszczenie, że  $^3\text{He}$  znajdujący się w warunkach równowagowego ciśnienia (i temperatury) topnienia, może zostać schłodzony poprzez zwiększenie tego ciśnienia [1]. W owym czasie  $^3\text{He}$  był substancją spotykaną rzadko, nie udało się go jeszcze nawet skroplić. Pomeranczuk zauważył, że w wystarczająco niskiej temperaturze zjawiska ciepłe, zachodzące w zestalonym  $^3\text{He}$ , będą zdominowane raczej przez jego właściwości spinowe niż fononowe. Cząsteczki ciekłego  $^3\text{He}$  podlegają statystyce Fermiego, a entropia cieczy jest proporcjonalna do jej temperatury, podobnie jak to ma miejsce w przypadku elektronów swobodnych w dobrze przewodzącym metalu. Z kolei entropia zestalonego  $^3\text{He}$  będzie

---

\*Wykład noblowski, wygłoszony 7 grudnia 1996 r. w Sztokholmie, został przetłumaczony za zgodą Autora i Fundacji Nobla [Translated with permission. Copyright ©1997 by the Nobel Foundation] (przyp. Red.).

taka, jak dla nieuporządkowanego zbioru słabo oddziałujących jąder atomowych o spinie połówkowym. W temperaturze wyższej od temperatury magnetycznego uporządkowania jąder (szacowanej podówczas na niższą od  $1 \mu\text{K}$ ) entropia mola stałego  $^3\text{He}$  byłaby wyrażona zależnością  $S = R \ln 2$ , czyli nie zależałaby od temperatury. Byłoby tak aż do momentu, gdy fonony wysokotemperaturowe zaczynają odgrywać istotniejszą rolę (temperatura Debye'a dla zestalonego  $^3\text{He}$  jest równa około 30 K).

Zasadę działania zaproponowanej metody chłodzenia przedstawia rys. 1. W temperaturze niższej od 0.3 K entropia stałego  $^3\text{He}$  jest większa niż ciekłego  $^3\text{He}$ . Gdy ich mieszanina zostanie poddana ciśnieniu w warunkach adiabatycznych, to będzie się ona ochładzać w miarę, jak ciecz będzie się zestalać.



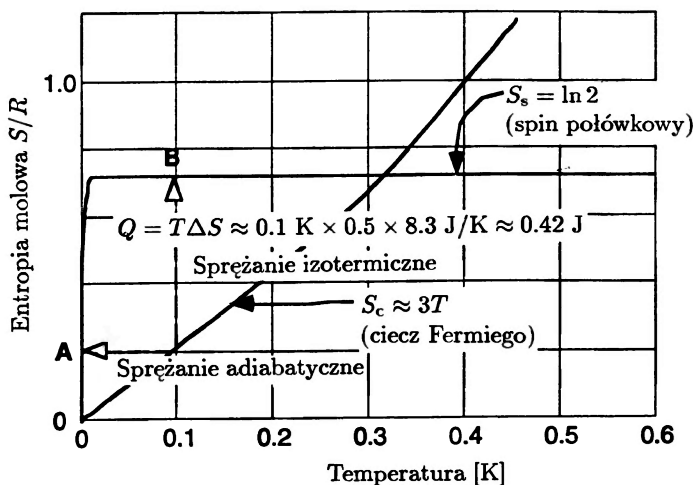
$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{1.3 \text{ cm}^3}{24 \text{ cm}^3} = 5\% \quad (\text{względna zmiana objętości przy całkowitej zamianie fazy ciekłej w fazę stałą})$$

Rys. 1. Zaproponowana przez Pomeranczuka metoda ochładzania mieszaniny dwóch faz  $^3\text{He}$ . W niskiej temperaturze entropia fazy stałej jest większa od entropii fazy ciekłej. Gdy mieszanina obu faz zostanie poddana sprężaniu, to podczas tworzenia się kryształitów ciepło jest odbierane od fazy ciekłej. Względna zmiana objętości po całkowitym zestaleniu się cieczy wynosi około 5%. Faza stała zaczyna powstawać w najcieplejszym miejscu zbiornika, odwrotnie niż ma to miejsce w przypadku zamarzania wody.

## 2. Omówienie propozycji Pomeranczuka

Upłynęło 15 lat, zanim zainteresowano się sugerowaną przez Pomeranczuka techniką osiągania niskich temperatur [2]. Było po temu kilka powodów. Najważniejszym był utrudniony dostęp do  $^3\text{He}$ . Powstaje on w wyniku promieniotwórczego rozpadu trytu, który był wytwarzany dla potrzeb przemysłu, produkującego najbardziej śmiertelne rodzaje broni. Do roku 1965 wytworzono ogromne ilości trytu i dopiero wtedy fizycy mogli skorzystać z ubocznego produktu wyścigu zbrojeń, jakim był  $^3\text{He}$ , oddzielony od gazów używanych do produkcji bomb wodorowych.

Drugim powodem opóźnionego podjęcia prób wykorzystania pomysłu Pomeranczuka była niewiara eksperymentatorów w możliwość jego praktycznej realizacji. Entropia fazy ciekłej i stałej  $^3\text{He}$  jest pokazana na rys. 2. Właściwości ciekłego  $^3\text{He}$  są dość dobrze opisywane przez teorię tzw. cieczy Fermiego, opracowaną przez Landaua [3,4]. W niskiej temperaturze entropia molowa cieczy przy równowagowym ciśnieniu topnienia/zamarzania jest w przybliżeniu dana zależnością  $S \approx 3RT$  [5,6]. Entropie fazy stałej i ciekłej są sobie równe w temperaturze 0.32 K. Metoda Pomeranczuka zacznie działać po ochłodzeniu  $^3\text{He}$  do niższej temperatury. Na rysunku 2 przebieg procesu chłodzenia adiabatycznego jest oznaczony strzałką A, równoległą do poziomej osi wykresu. W pokazanym tu przykładzie z cieczy, która została schłodzona wstępnie do 0.1 K, a następnie poddana zwiększonemu ciśnieniu, powstanie mieszanina z fazą stałą, która oziębi się do bardzo niskiej temperatury końcowej. Największą ilością ciepła, które może być odebrane w procesie ochładzania, jest utajone ciepło przemiany cieczy w ciało stałe. Jest ono określone przez przebieg przemiany izotermicznej w 0.1 K, oznaczonej strzałką B na rys. 2, i wynosi 0.42 J.



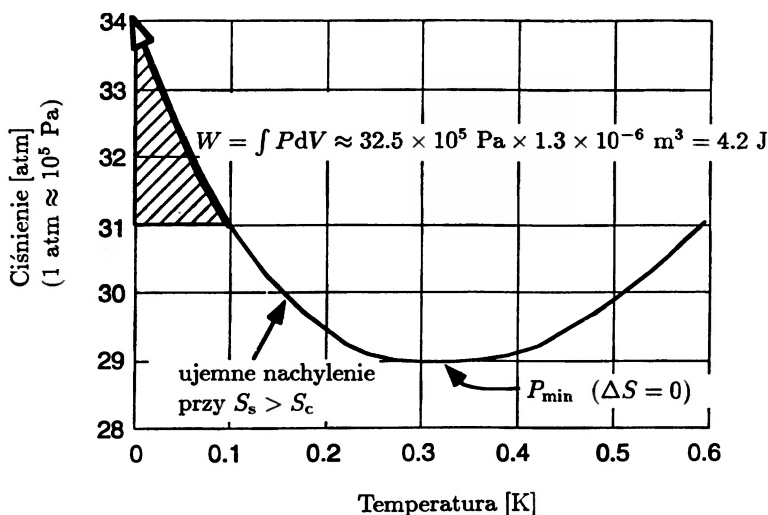
Rys. 2. Entropia ciekłego i stałego  $^3\text{He}$ . W temperaturze  $T$  niższej od 0.32 K entropia ciekłego  $^3\text{He}$  jest mniejsza niż entropia stałego  $^3\text{He}$ . Rysunek przedstawia działanie metody Pomeranczuka w  $T = 0.1$  K. Utajone ciepło przejścia jednego mola ciekłego  $^3\text{He}$  do fazy stałej wynosi 0.42 J. W niskich temperaturach stanowi to znaczącą ilość ciepła, które może być odebrane podczas procesu chłodzenia.

Wydańność chłodzenia metody Pomeranczuka należy porównać z przewidywanymi dopływami ciepła podczas procesu chłodzenia. W tym właśnie momencie wrodzony sceptycyzm doświadczalników zaczął odgrywać rolę. Ilość pracy wkła-

danej w proces sprężania  $^3\text{He}$  jest znaczna. Zależność równowagowego ciśnienia topnienia/zamarzania od temperatury jest pokazana na rys. 3. Taką „krzywą topnienia” można obliczyć znając entropię fazy stałej i ciekłej oraz stosując równanie Clausiusa-Clapeyrona:

$$\left. \frac{dP}{dT} \right|_{\text{topn.}} = \frac{S_c - S_s}{V_c - V_s}, \quad (1)$$

gdzie  $S(T)_c$  i  $S(T)_s$  są entropiami molowymi w punkcie topnienia, zaś  $V_c$  i  $V_s$  – objętościami molowymi obu faz podczas topnienia (wskaźnik c odnosi się do cieczy, a s – do fazy stałej). Różnica  $V_c - V_s$  prawie nie zależy od temperatury i ma wartość  $1.3 \text{ cm}^3$  na mol. Do równania (1) powrócę później, przy opisie naszych doświadczeń mających na celu pomiar entropii zestalonego  $^3\text{He}$ .



Rys. 3. Krzywa topnienia, przedstawiająca temperaturową zależność równowagowego ciśnienia topnienia/zamarzania dla  $^3\text{He}$ . Wykres otrzymano wykorzystując dane przedstawione na rys. 2 i stosując równanie Clausiusa-Clapeyrona (patrz tekst). Objętość molowa ciekłego  $^3\text{He}$  jest większa o  $1.3 \text{ cm}^3$  od molowej objętości jego fazy stałej. Nachylenie krzywej topnienia jest ujemne w temperaturze niższej od  $0.32 \text{ K}$ . Praca wykonana podczas sprężania, potrzebna do zestalenia jednego mola  $^3\text{He}$ , wynosi  $4.2 \text{ J}$  i jest o rząd wielkości większa od ilości ciepła, które może być pobrane.

Wartość pracy włożonej podczas przemiany cieczy w ciało stałe, zapoczątkowanej w temperaturze  $0.1 \text{ K}$ , można wyznaczyć obliczając całkę  $\int PdV$  wzdłuż krzywej topnienia. Jej wartość wynosi w przybliżeniu  $4.2 \text{ J}$ . Wynika z tego, że podczas ochładzania należy włożyć 10 razy więcej pracy w porównaniu do ilości ciepła, które może być odebrane od chłodzonego obiektu. W rozważanej przez nas

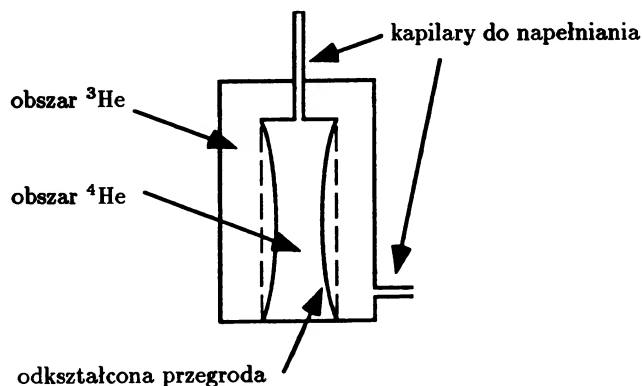


przykładowo temperaturze stosunek pracy do pobranego ciepła  $W/Q$  ma wartość zbliżoną do minimalnej. Gdy proces rozpoczyna się przy niższej temperaturze początkowej, jak to zazwyczaj dzieje się w praktyce, wówczas stosunek  $W/Q$  staje się większy od 100. Głównym problemem przy projektowaniu układu doświadczalnego staje się sposób uniknięcia ciepła tarcia, wydzielanego podczas sprężania.

### 3. Praktyczna realizacja ochładzania $^3\text{He}$ przez sprężanie

Wiosną roku 1966 David Lee zaprosił mnie do udziału w rozpoczynanych przez niego na Uniwersytecie Cornella doświadczeniach nad ochładzaniem stałego  $^3\text{He}$  przy zastosowaniu metody sprężania. Celem było osiągnięcie temperatury przejścia w stan magnetycznego uporządkowania jąder w zestalonym  $^3\text{He}$ . Na Uniwersytecie Duke'a wykonałem u Horsta Meyera [7] pracę doktorską dotyczącą pomiarów wielkości oddziaływania wymiany w stałym  $^3\text{He}$  metodą magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR). Z badań tych wiedzieliśmy, że magnetyczne przejście fazowe w fazie stałej  $^3\text{He}$  (na krzywej topnienia) powinno wystąpić w temperaturze zbliżonej raczej do 1 mK niż 1  $\mu\text{K}$ . Bardzo chciałem przyłączyć się do Dave'a w jego poszukiwaniach tego przejścia, chociaż byłem pewny, że metoda Pomeranczuka jest skazana na niepowodzenie. W rezerwie mieliśmy zaplanowane próby ochładzania stałego  $^3\text{He}$  metodami magnetycznymi [2]. Nie były one jeszcze nigdzie stosowane do uzyskiwania tak niskiej temperatury w ciekłym lub stałym helu, ale równolegle usiłowaliśmy zastosować także metodę rozmagnesowania jądrowego [8].

Zanim w październiku 1966 roku dotarłem do Cornella, metoda Pomeranczuka została z powodzeniem zastosowana w Moskwie przez Anufriewa [9]. Schematyczny przekrój urządzenia użytego przez Anufriewa przedstawia rys. 4, przy czym pojemność obszaru wypełnionego ciekłym  $^3\text{He}$  jest tu przesadzona. W obszarze  $^3\text{He}$  umieszczono folię metalową o powierzchni 30  $\text{cm}^2$ , która działała jak wymiennik ciepła, ochładzający zewnętrzną ściankę komory. Obszar zewnętrzny komory był wypełniony ciekłym  $^3\text{He}$  (pod ciśnieniem równowagowym topnienia/zamarzania) o temperaturze wyższej od 0.32 K. Komora była wstępnie ochładzana metodą rozmagnesowania soli paramagnetycznej; w kapilarze tworzył się wtedy korek, zamykający wewnątrz pewną ilość  $^3\text{He}$ . W niskiej temperaturze wpuszczano do obszaru środkowego starannie ochłodzony  $^4\text{He}$ , który działał jako płyn hydrauliczny, przenoszący ciśnienie. Ciekły  $^4\text{He}$ , znajdujący się pod podwyższonym ciśnieniem, wywoływał odkształcenie przegród na zewnątrz, co powodowało zmniejszenie objętości dostępnej dla zamarzającego  $^3\text{He}$ . Komora ochładzała się do temperatury niższej od 15 mK; była to najniższa temperatura, do



Rys. 4. Poglądowy przekrój ciśnieniowej komory chłodzącej używanej przez Anufriewa. Obszar zewnętrzny i wewnętrzny są prostopadłościanami. Cienkie przegrody obszaru wewnętrznego, wykonane ze stali nierdzewnej, były odkształcane do środka po wypełnieniu obszaru zewnętrznego przez  $^3\text{He}$ , który był pod równowagowym ciśnieniem topnienia/zamarzania. Odkształcone przegrody były następnie rozpychane na zewnątrz przez wypełnienie obszaru środkowego ciekłym  $^4\text{He}$  pod odpowiednio wysokim ciśnieniem.

jakiej działały termometry, będące w kontakcie cieplnym z zewnętrzną ścianką komory.

Warte podkreślenia jest zastosowanie ciekłego  $^4\text{He}$  jako płynu hydraulicznego, służącego do wywoływania zmiany rozmiarów obszaru wypełnionego  $^3\text{He}$ . W temperaturze niższej od 0.3 K procentowa zawartość normalnej fazy  $^4\text{He}$  w cieczy jest bardzo niewielka, a pojemność cieplna oraz przewodnictwo cieplne nadciekłego  $^4\text{He}$  są znikomo małe. Pionierskie doświadczenie Anufriewa stanowiło test metody Pomeranczuka i wykazało, że może być ona stosowana w praktyce. Wskazało ono jednocześnie na użyteczność ciekłego  $^4\text{He}$  jako płynu hydraulicznego, działającego w najniższych temperaturach. Płonne okazały się obawy przed nadmiernym wydzielaniem się ciepła tarcia przy odkształcaniu metalowych przegród. Obecnie wiemy już, że wszystkie metale mają bardzo wysoki współczynnik doskonałości w temperaturze niższej od 4 K. W latach następnych każde urządzenie wykorzystujące odkształcanie metalowej przegrody albo mieszków, zapewniało skuteczny proces chłodzenia. Ciekły  $^4\text{He}$  ma jednak pewną ważną właściwość, którą należy uwzględnić przy jego stosowaniu jako cieczy hydraulicznej. Otóż ciśnienie zamarzania w przypadku  $^4\text{He}$  jest o 4 atmosfery niższe niż dla  $^3\text{He}$ . Przy projektowaniu urządzeń doświadczalnych należy zastosować albo specjalną sprężynę, albo wzmacniacz ciśnienia, aby uniknąć zestalenia się  $^4\text{He}$  podczas procesu sprężania.

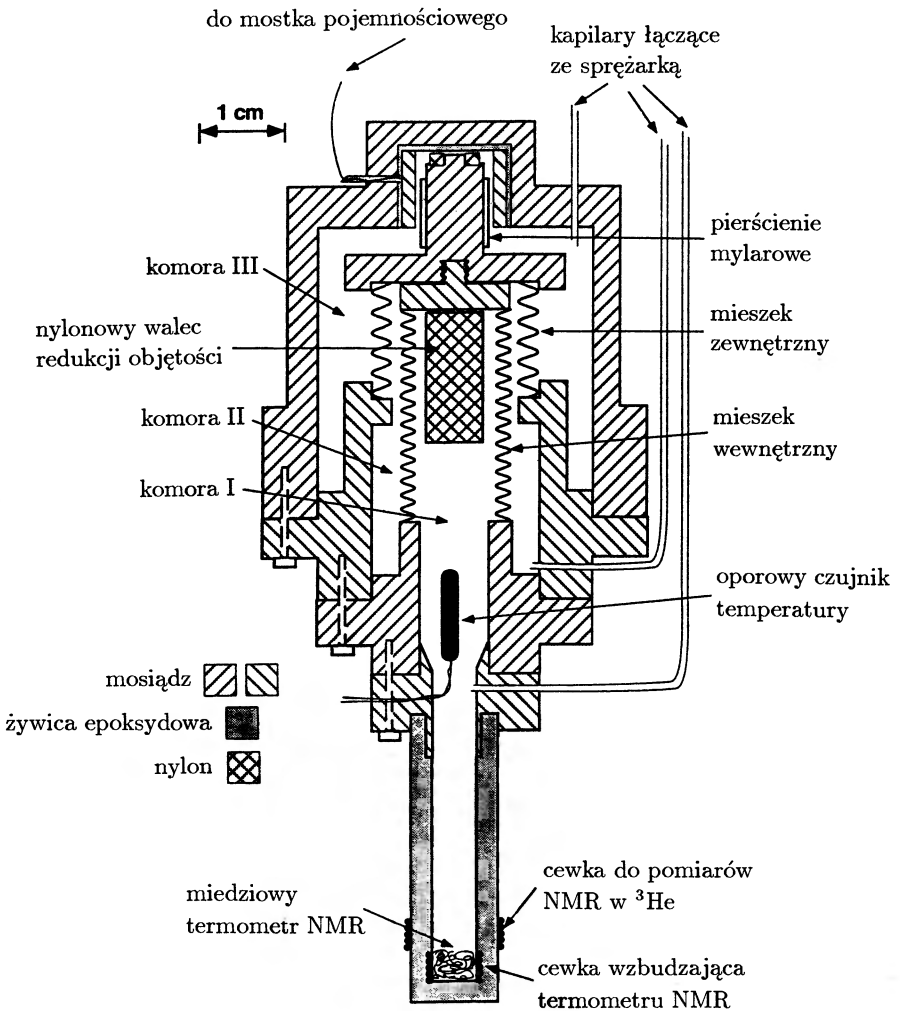
## 4. Komory Pomeranczuka wykonane na Uniwersytecie Cornella

### 4.1. Komora Jima Sitesa

Nasza pierwsza przygoda z zastosowaniem metody Pomeranczuka zaczęła się wraz z pracą doktorską Jima Sitesa. Celem jego doświadczeń było zmierzenie podatności magnetycznej topniejącego  $^3\text{He}$  w temperaturze bliskiej, lub nawet niższej, od temperatury przejścia fazowego w stan uporządkowania momentów magnetycznych jąder  $^3\text{He}$ . Odbyliśmy z Jimem wiele długich narad, dotyczących konstrukcji urządzenia. Często później żałowałem, że nie zrealizowaliśmy jednego z oryginalniejszych pomysłów Dave'a Lee, aby użyć odważnika do ściskania mieszków wypełnionych zamarzającym  $^3\text{He}$ . Ta spora masa miała być zawieszona na drucie i powoli, w sposób kontrolowany, opuszczana na mieszki. Odważnik powinien być zostać wykonany z metalu o dużym ciężarze właściwym i bardzo słabych właściwościach magnetycznych. Jedynym metalem, spełniającym te warunki, jest złoto. Proszę sobie wyobrazić, ile mogliśmy zarobić, gdybyśmy w roku 1967 kupili 5 kilogramów złota, które kosztowało wtedy 30 dolarów za uncję.

Zanim zdążyliśmy zakończyć nasze eksperymenty w Cornell, okazało się, że grupa badawcza z La Jolla, kierowana przez Wheatleya, ochłodziła  $^3\text{He}$  metodą sprężania do temperatury niższej od 2 mK [10,11]. W ich konstrukcji zastosowano rurkę o przekroju eliptycznym, wypełnioną  $^3\text{He}$ . Rurka ta była otoczona ciekłym  $^4\text{He}$  o wysokim ciśnieniu. Całe urządzenie umieszczono w komorze mieszania chłodziarki rozcieńczalnikowej, i chłodzono wstępnie (przez wiele dni) do temperatury 24 mK [2].

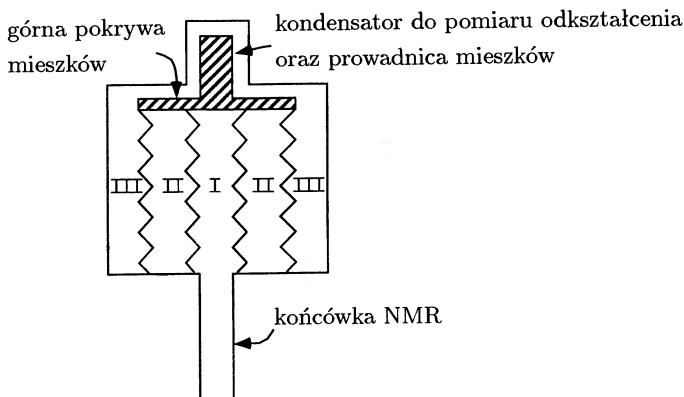
Konstrukcję pierwszej komory używanej w Cornell zaproponował nasz kolega John Reppy. Jest ona pokazana na rys. 5, a uproszczony schemat urządzenia pokazano na rys. 6. Komora zawierała dwa koncentryczne mieszki, wykonane z brązu berylowego, oraz trzy komory helowe [12,13]. Próbką  $^3\text{He}$  mieściła się w najbardziej wewnętrznej komorze I. Pozostałe dwie komory były wypełnione  $^4\text{He}$ . Początkowo wszystkie trzy komory wypełniono helem pod ciśnieniem równowagowym topnienia/zamarzania, a następnie komorę z  $^3\text{He}$  ochładzano do 25 mK w chłodziarce rozcieńczalnikowej. Sprężanie  $^3\text{He}$  osiągano przez zmniejszenie ciśnienia  $^4\text{He}$  w komorze II. Sądziliśmy, że usunięcie cieczy z tej komory może być korzystne. Położenie zespołu mieszków było wskazywane przez pomiar zmian pojemności elektrycznej pomiędzy korpusem komory a krótkim prętem, przymocowanym do górnej płyty zespołu mieszków. Najniższa temperatura, zarejestrowana przez termometr działający na zasadzie jądrowego rezonansu magnetycznego w miedzi, wynosiła 7 mK. Wartości zmierzonej podatności magnetycznej zestalonego  $^3\text{He}$  pozwalają przypuszczać, że najniższa temperatura fazy stałej



Rys. 5. Komora chłodząca Pomeranczuka wykonana przez Jima Sitesa.

osiągała czasami nawet wartość 2 mK. Podobnie jak grupa Wheatleya [10], koncentrowaliśmy się jedynie na fazie stałej  $^3\text{He}$ . Fazę ciekłą uważaliśmy jedynie za czynnik chłodzący!

Nasza pierwsza komora Pomeranczuka miała kilka istotnych wad. Najgorsze było to, że po kilku zaledwie godzinach układ zaczynał się ogrzewać. Osiągnaliśmy także względną zmianę objętości przy przejściu z fazy ciekłej do stałej znacznie poniżej wartości maksymalnej (5%). Najprawdopodobniej zestalony  $^3\text{He}$  był więziony w harmonijce mieszka, a następnie miażdżony podczas sprężania. Komora miała jeszcze dwie inne niedoskonałości, utrudniające pomiar zależności podatno-



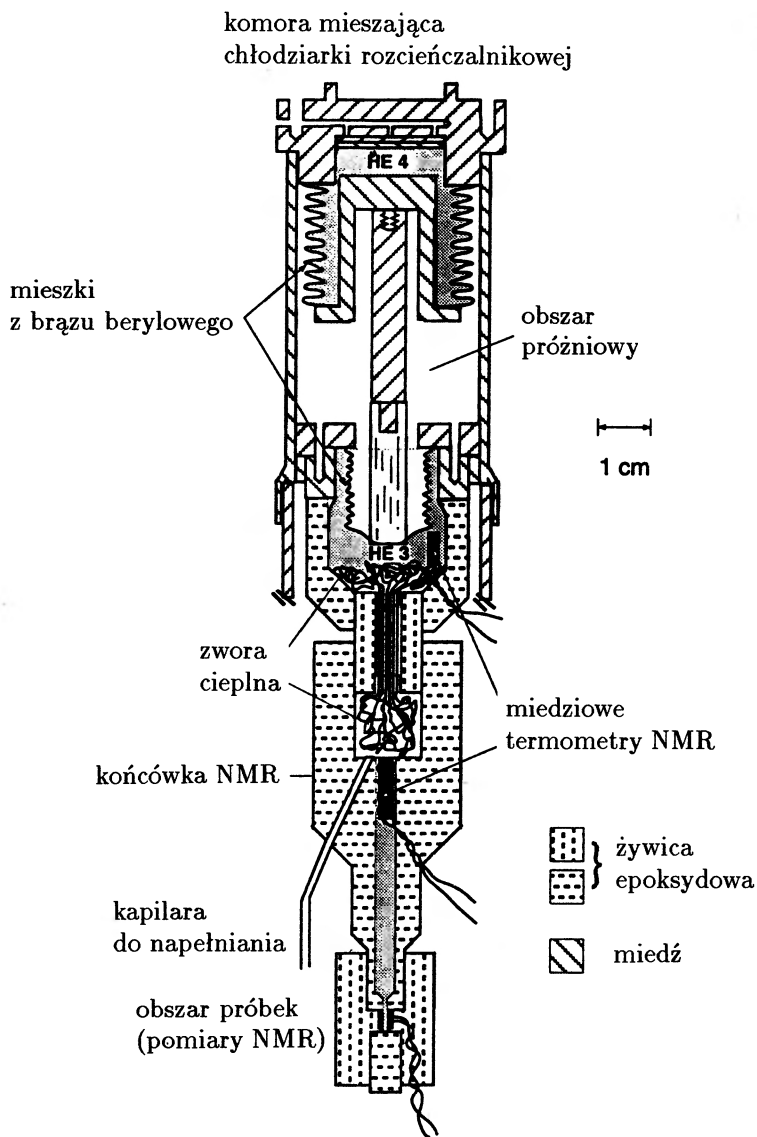
Rys. 6. Uproszczony schemat komory Jima Sitesa.

ści magnetycznej stałego  $^3\text{He}$  od temperatury. Po pierwsze, miejsca powstawania fazy stałej nie sposób było przewidzieć, a po drugie, stała czasowa termometru miedzianego NMR była bardzo duża. Na szczęście trochę stałego  $^3\text{He}$  powstawało w zwojach drutu miedzianego, znajdującego się na dnie wydłużonej komory I, przeznaczonej do pomiarów jądrowego rezonansu magnetycznego. Z kolei czas osiągnięcia równowagi cieplnej  $T_1$  w przypadku magnetyzacji jądrowej w metalach jest odwrotnie proporcjonalny do temperatury. Dla miedzi iloczyn  $T_1T$  wynosi w przybliżeniu 1 s K. Ponieważ najniższą temperaturę, zbliżoną do 2 mK, mogliśmy utrzymać jedynie przez 10 minut, termometr miedziany NMR nie był w stanie nadążyć za zmianami temperatury.

Ostatnim błędem koncepcyjnym, popełnionym przy projektowaniu naszej pierwszej komory Pomeranczuka, było niezapewnienie bezpośredniego pomiaru ciśnienia w obszarze wypełnionym  $^3\text{He}$ . Mogliśmy co prawda obserwować zmiany objętości przez pomiar zmian długości mieszeków, ale niedostępne były wartościowe informacje termodynamiczne, związane ze znajomością wartości ciśnienia przy zamarzaniu.

#### 4.2. Komora chłodząca Corrucciniego i Osheroffa

Nasze następne próby osiągnięcia bardzo niskich temperatur zostały podjęte w celu zbadania pewnych niezwykłych zjawisk dyfuzji spinowej, przewidzianych przez Leggetta i Rice'a [14]. Komora używana w tym celu jest pokazana na rys. 7. Ciekłego  $^3\text{He}$ , ochłodzonego w komorze Pomeranczuka, używaliśmy do ochładzania oddzielnej komory wypełnionej albo ciekłym  $^3\text{He}$ , albo rozcieńczonymi roztworami  $^3\text{He}$  w  $^4\text{He}$  [15,16]. Doug Osheroff pracował nad udoskonaleniem techniki ochładzania, podczas gdy Linton Corruccini projektował komorę do pomiarów



Rys. 7. Komora chłodząca Corrucciniego-Osheroffa.

jądrowego rezonansu magnetycznego. Wykorzystując nasze uprzednie doświadczenie z komorą Jima Sitesa, Osheroff postanowił spróbować sprężania  $^3\text{He}$  za pośrednictwem mieszka, który się wydłuża. Miało to na celu uniknięcie miażdżenia zestalonego  $^3\text{He}$  przez mieszek ściskany. Komora kompresyjna była wypełniona ciekłym  $^3\text{He}$  pod ciśnieniem równowagowym topnienia/zamarzania, zaś do

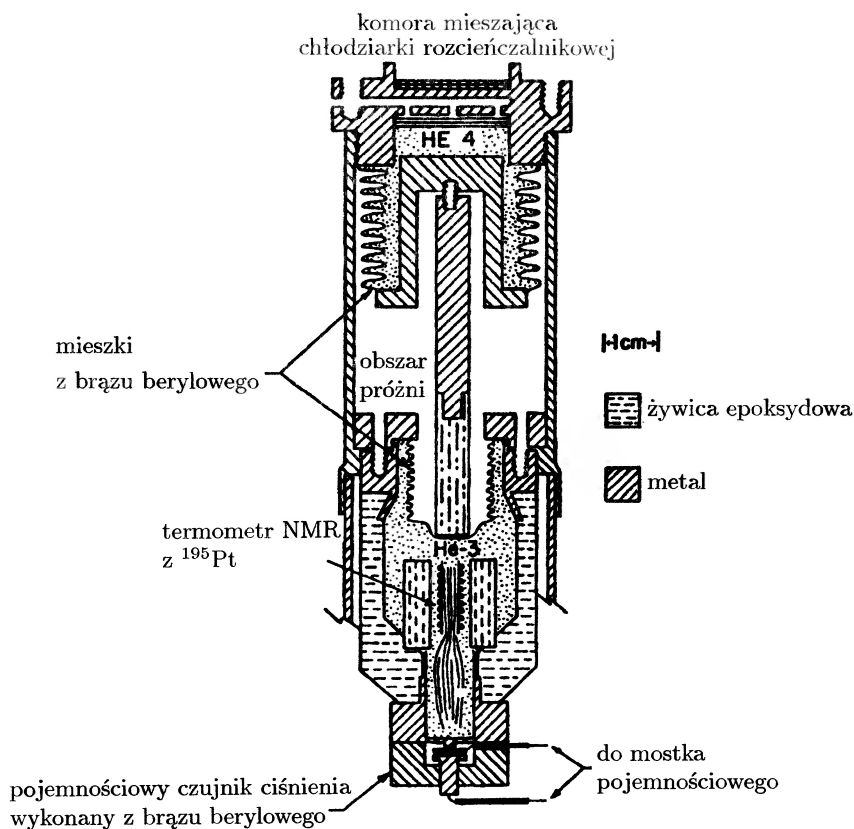
górnjej komory wypełnionej  $^4\text{He}$  przykładano ciśnienie. Aby uniknąć problemów związanych z różnicą ciśnień zamrażania obu izotopów helu, mieszka wypełniony ciekłym  $^4\text{He}$  miał średnicę 3.5 raza większą od mieszka używanego do sprężania  $^3\text{He}$ . Cały  $^3\text{He}$  mógł zostać zestalony przy ciśnieniu  $^4\text{He}$  nie przekraczającym 10 barów.

Wiązka cienkich drutów miedzianych zapewniała dobry kontakt termiczny pomiędzy obszarem ściskanego  $^3\text{He}$  a obszarem próbki służącym do pomiarów NMR. Temperaturę obszaru sprężania i obszaru próbki mierzyliśmy przez pomiar wielkości sygnałów NMR w miedzi (termometry miedziove NMR).

Urządzenie nasze działało bardzo dobrze, podobnie jak teoria Leggetta-Rice'a. Eksperyment nie był trudny. Przed rozpoczęciem kompresji komora była ochładzana wstępnie do 25 mK w chłodzarce rozcieńczalnikowej. Stosując metodę Pomeranczuka udało nam się ochłodzić obszar próbki do 4 mK. Zazwyczaj musieliśmy poświęcić od 8 do 12 godzin na procedurę sprężania ciekłego  $^3\text{He}$ , a to w celu zapewnienia równowagi termicznej układu oraz osiągnięcia możliwie dużej wydajności chłodzenia obszaru próbki przez komorę chłodzącą. Najniższa temperatura, równa 4 mK, utrzymywała się w komorze przez cztery godziny, a następnie rosła do 10 mK w przeciągu następnych pięciu godzin. Dalsze ogrzewanie osiągaliliśmy przez częściową dekompresję komory chłodzącej. Najniższa temperatura osiągnięta wewnątrz komory chłodzącej, zmierzona termometrem miedziowym NMR, wynosiła 3 mK. Opisana powyżej komora była prekursorem urządzenia, w którym odkryto nadciekłość  $^3\text{He}$ . Ponieważ nie była ona przeznaczona do tego rodzaju badań, więc w jej komorze sprężania nie było żadnych czujników pomiarowych.

#### 4.3. Komora Osheroffa

Ciśnieniowa komora chłodząca, używana przez Osheroffa [17] podczas jego doświadczeń z topniejącym  $^3\text{He}$ , była odmianą komory Corrucciniego przeznaczonej do pomiarów dyfuzji spinów. Dno komory, wykonane z żywicy epoksydowej, było łatwo wymienialne. W ciągu pół roku użyto pięciu różnych końcówek epoksydowych. Komora, pokazana na rys. 8, została opisana w publikacjach, wraz z wynikami świadczącymi o dokonaniu pomiaru przejścia fazowego w stałym  $^3\text{He}$ . Przy jej konstrukcji wprowadzono dwie istotne zmiany w porównaniu do uprzednio wykonanych komór. Po pierwsze, miedziovy termometr NMR został zastąpiony przez termometr platynowy. Czas osiągnięcia równowagi termicznej jest w przypadku jąder  $^{195}\text{Pt}$  30 razy krótszy w porównaniu z miedzią. Oprócz tego termometr ten jest znacznie mniej wrażliwy na zjawiska cieplne związane z prądami wirowymi. Dzięki tym właściwościom można było nim mierzyć temperatury niższe od 2 mK.

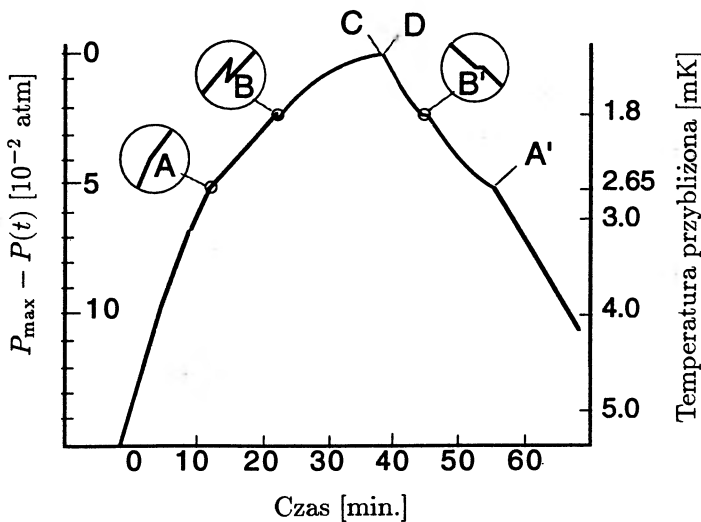


Rys. 8. Ulepszona komora Pomeranczuka wykonana przez Douga Osheroffa.

Druga zmiana była jeszcze istotniejsza. Polegała ona na zainstalowaniu czujnika umożliwiającego pomiar ciśnienia topniejącego  $^3\text{He}$ . Cienka przegroda metalowa, umieszczona w dnie komory, wyginała się wraz ze zmianą ciśnienia. Jej odkształcenie mierzono przez pomiar zmiany pojemności elektrycznej specjalnego kondensatora. Jedna jego okładka była przytwierdzona do środka przesłony, drugą zaś umieszczono na stałe w gnieździe znajdującym się w epoksydowej końcówce komory. To rozwiązanie konstrukcyjne jest pomysłem Straty'ego i Adamsa [18], i jest szeroko stosowane zarówno na Uniwersytecie Cornell, jak i gdzie indziej. Ciśnienie równowagowe topnienia/zamrażania jest charakterystyczną funkcją temperatury. O ile w temperaturze wyższej do cechowania termometrów używa się zazwyczaj zależności ciśnienia par  $^4\text{He}$  lub  $^3\text{He}$  będących w równowadze z cieczą, to dla temperatur niższych Adams zaproponował użycie równowagowego ciśnienia topnienia/zamrażania  $^3\text{He}$  jako wzorca [19]. W końcu listopada 1971 roku, gdy Doug Osheroff wprawiał się w używaniu swojego urządzenia, pomiary ciśnienia dostarczały mu informacji o zmianach temperatury w komorze.



Dave Lee i Doug Osheroff podają w swych wykładach noblowskich<sup>1</sup> wiele szczegółów dotyczących ich pionierskich badań. Na rysunku 9 jest odtworzona dobrze znana „krzywa ciśnienia w funkcji czasu”. Doświadczenie prowadzono przy stałej szybkości zmian ciśnienia wywieranego na mieszek wypełniony <sup>3</sup>He, czyli przy stałej szybkości chłodzenia. Wartości ciśnienia można więc uważać za miarę zmian temperatury. Podziałka temperaturowa na pionowej osi po prawej stronie rysunku jest wynikiem naszych oszacowań temperatury termodynamicznej układu i opiera się na wynikach pomiarów podatności magnetycznej platyny <sup>195</sup>Pt. Wyniki pomiarów ciśnienia są odniesione do maksymalnego ciśnienia topnienia/zamrażania <sup>3</sup>He.



Rys. 9. Wyniki pomiarów zmian ciśnienia równowagowego topnienia/zamrażania <sup>3</sup>He w funkcji czasu przy stałej szybkości chłodzenia. Wyniki te uzyskano w komorze Pomeranczuka wykonanej przez Osheroffa.

Punkty oznaczone A i A' odpowiadają przejściu <sup>3</sup>He z fazy normalnej w fazę nadciekłą A i odwrotnie. Szybkość chłodzenia i ogrzewania zmienia się w tych punktach, gdyż zmienia się pojemność cieplna próbki <sup>3</sup>He. Natomiast  $dT = (1/C)dQ$ , gdzie  $T$  oznacza temperaturę,  $C$  – pojemność cieplną, a  $dQ$  – ciepło dostarczane albo odbierane. Przy stałej szybkości ogrzewania  $dQ/dt$  szybkość zmian temperatury będzie dana zależnością  $dT/dt = (1/C)dQ/dt$ . Nagły wzrost pojemności cieplnej wywołuje zmniejszenie szybkości chłodzenia w punkcie A.

<sup>1</sup> Przekłady tych wykładów zamieścimy w dalszych zeszytach *Postępów Fizyki* (przyp. Red.).

Początkowo łączyliśmy – niesłusznie – zmianę pojemności cieplnej z poszukiwanym od dawna magnetycznym przejściem fazowym w fazie stałej  $^3\text{He}$ . Punkty B i B' są jednak związane z innym zjawiskiem cieplnym. W punkcie B wydziela się ciepło, ponieważ występuje tu niewielki, ale gwałtowny spadek temperatury w komorze. Wartość ciśnienia, przy której występowało opisane powyżej zjawisko, nie była stała, ale zależała od szybkości chłodzenia. Przypisaliśmy je – prawidłowo – przechłodzeniu. W punkcie B' mamy równowagowe przejście fazowe z nadciekłej fazy B do nadciekłej fazy A. Temperatura przestaje wtedy na chwilę rosnąć, gdyż faza B pobiera ciepło z otoczenia, gdy zachodzi przejście fazowe pierwszego rodzaju (podobnie jak to się dzieje w przypadku topnienia lodu albo zamarzania ciekłego  $^3\text{He}$ ). Punkty C i D na rys. 9 odpowiadają osiągnięciu największego równowagowego ciśnienia topnienia/zamarzania w  $^3\text{He}$ , oraz początkowi powolnego rozprężania.

Wyniki pomiarów przedstawione na rys. 9 zawierają kłopotliwą ilość sprzecznych szczegółów. Ponieważ nic nie było wiadomo na temat zjawiska uporządkowania jądrowych momentów magnetycznych, założyliśmy, że w punktach B i B' mamy magnetyczne przejście fazowe. Mimo to różnica ciśnień pomiędzy punktem A, a ciśnieniem największym była zaskakująco duża. W układzie jednostek SI wynosiła ona 0.00527 MPa. W związku z tym dokonaliśmy następującej obserwacji: „Aby zmiana ciśnienia przy zmianie temperatury od 2.7 mK do 0 mK, otrzymana poprzez całkowanie równania Clausiusa-Clapeyrona

$$\Delta P = \int \frac{S_s - S_c}{V_s - V_c} dT \approx \int \frac{S_s}{\Delta V} dT, \quad (2)$$

była zgodna z wartością otrzymaną doświadczalnie, musimy założyć, że entropia fazy stałej nie zależy od temperatury znacznie poniżej 2.7 mK (tj. temperatury zaobserwowanego przejścia). Takie właściwości entropii sugerowałyby również stałe nachylenie przebiegu ciśnienia w funkcji czasu  $P(t)$  pomiędzy punktami A i B na rys. 9. Nie jest znany układ fizyczny, który ma postulowane powyżej właściwości” [19]. W naszej „przybliżonej” skali temperatury oznacza to, że entropia fazy stałej musiałaby mieć wartość równą  $R \ln 2$  w przedziale temperatury od 2.7 mK do 1.5 mK!

Nasze wątpliwości co do interpretacji danych doświadczalnych okazały się całkowicie uzasadnione. W naszej kolejnej publikacji, dotyczącej właściwości widma NMR dla  $^3\text{He}$  w komorze ciśnieniowej, podaliśmy wreszcie prawidłowe wytłumaczenie [20]. Wyjaśniło się, że zmiana pojemności cieplnej zaznaczająca się w punkcie A jest związana ze zmianą właściwości ciekłego  $^3\text{He}$ , zaś punkt B (i B') oznacza przejście do fazy nadciekłej o innych właściwościach.

W niecały rok po opublikowaniu przez nas doniesienia o występowaniu przejść fazowych typu A i B grupa z Helsinek zastosowała metodę Pomeranczuka do

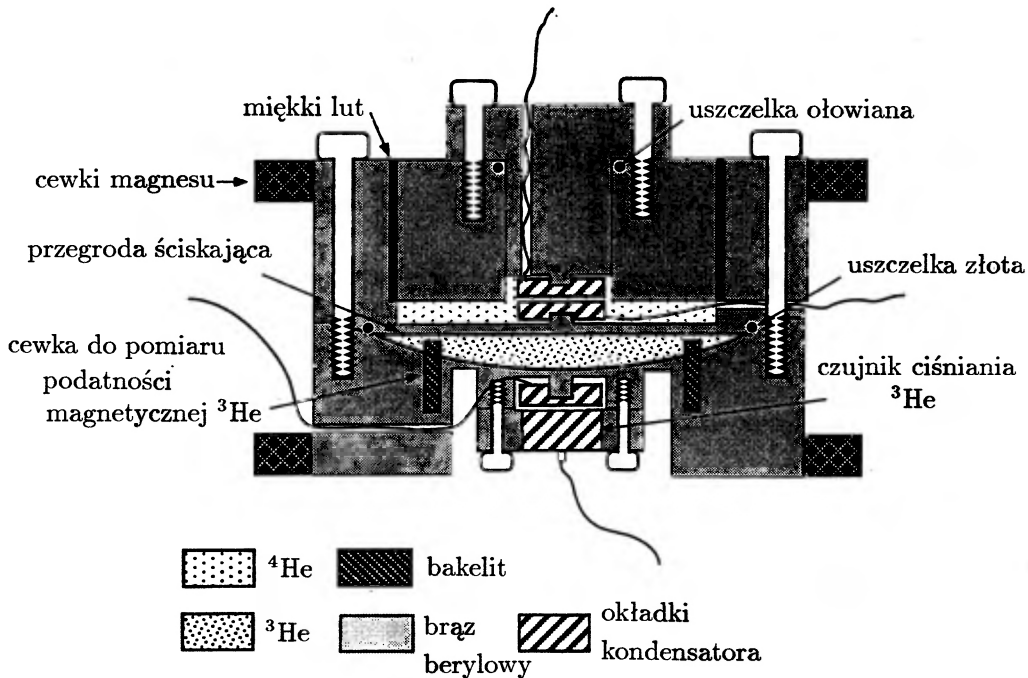
badania fazy ciekłej  $^3\text{He}$  pod ciśnieniem [22]. Okazało się, że lepkość ciekłego  $^3\text{He}$  malała tysiąckrotnie w nowo odkrytych fazach. Pomiary lepkości wykonano stosując metodę drgającego drutu zanurzonego w badanej cieczy.

#### 4.4. Wreszcie prawdziwe przejście fazowe w stałym $^3\text{He}$

Po tym, jak Anufriew, Jim Sites oraz grupa kierowana przez Wheatleya wykazali, że metoda chłodzenia przez sprężanie stanowi skuteczny sposób oziębienia zamarzającego  $^3\text{He}$ , podjęliśmy decyzję o rozpoczęciu drugiego etapu pomiarów przy użyciu komory zaprojektowanej głównie w celu optymalizacji badań zestalonego  $^3\text{He}$  [23]. Komora ciśnieniowa, zaprojektowana przez Billa Halperina, jest pokazana na rys. 10. Ideą przewodnią tego rozwiązania było zastosowanie soczewkowatego obszaru ściskania w celu zminimalizowania ilości ciepła wydzielającego się przy kruszeniu zestalonego  $^3\text{He}$  podczas sprężania. Komora posiadała zarówno miernik ciśnienia  $^3\text{He}$ , jak też drugi układ okładek kondensatorowych, przymocowanych do ruchomej przegrody, umożliwiający bezwzględny pomiar zmian objętości. Mieliśmy także możliwość pomiaru zmian namagnesowania  $^3\text{He}$ . Zasada działania tej komory była taka sama, jak w przypadku urządzeń, które opisałem poprzednio.  $^3\text{He}$  znajdujący się pod równowagowym ciśnieniem topnienia/zamarzania był zamknięty w dolnym obszarze komory, zaś obszar górny wypełniano ciekłym  $^4\text{He}$ . Całość ochładzano wstępnie do 25 mK, a sprężanie wywoływano pompując  $^4\text{He}$  do przestrzeni górnej.

Podczas kolejnych cykli pomiarowych wyznaczyliśmy entropię zestalonego  $^3\text{He}$  w temperaturze niższej od temperatury przejścia fazowego. Oprócz tego mogliśmy zmierzyć pojemność cieplną ciekłego  $^3\text{He}$  przy jego przejściu w stan nadciekły, ciepło utajone przejścia z fazy A do fazy B oraz zdefiniować skalę temperatury (w badanym jej przedziale) opartą o „pierwsze zasady” [23-25]. Nabierając stopniowo doświadczenia, byliśmy w stanie zgłębić znaczenie różnych stałych czasowych, z jakimi faza ciekła i stała  $^3\text{He}$  osiągały równowagę termodynamiczną. W tym celu w kriostacie umieszczono oddzielny zbiorniczek ciekłego  $^4\text{He}$ . Ciepło dostarczone do  $^4\text{He}$ , zawartego w tym pojemniku, wywoływało nagłą zmianę objętości  $^3\text{He}$ , znajdującego się w komorze ściskania.

Impulsy ciepła oraz „impulsy zimna” można było wytwarzać wywołując krótkotrwałe stany ściśnięcia lub rozprężenia przegrody w komorze. Podgrzewanie było także możliwe przez przepuszczenie prądu o ściśle określonym natężeniu przez uzwojenie grzejnika, znajdującego się w obszarze  $^3\text{He}$ . Równowagowe ciśnienie topnienia (a więc i temperatura) mogły być utrzymywane na stałym poziomie przez podawanie sygnału błędu z czujnika ciśnienia (przez wzmacniacz prądu stałego) na grzejnik umieszczony w zbiorniczku  $^4\text{He}$ . Przykład wyniku takiego pomiaru jest przedstawiony na rys. 12. Sygnał z mostka pojemnościowego,



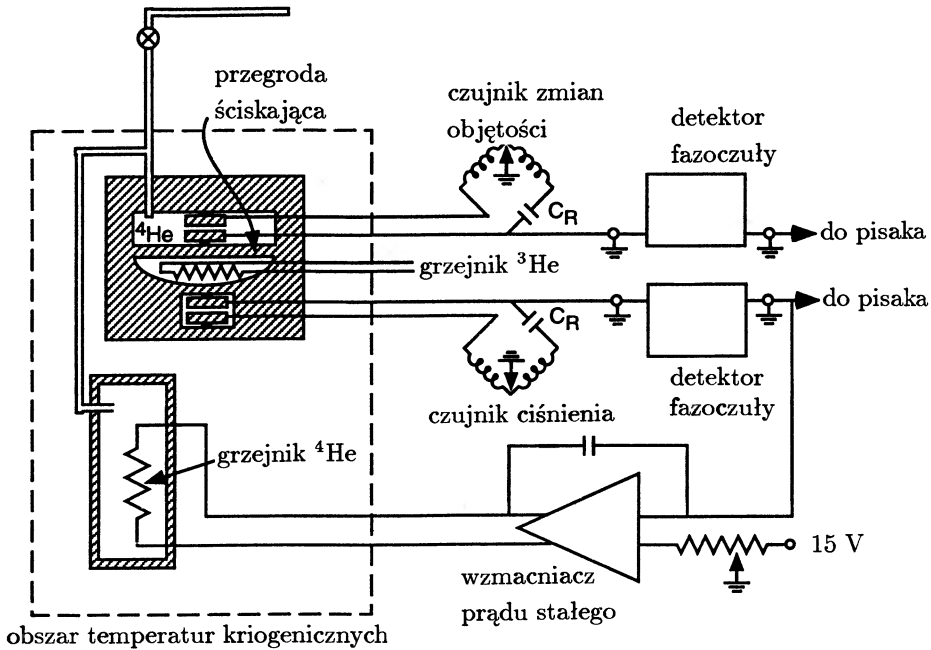
Rys. 10. Komora Pomeranczuka wykonana przez Billa Halperina.

będący miarą ciśnienia, był podawany na grzejnik  ${}^4\text{He}$  w celu utrzymywania stałego ciśnienia  ${}^3\text{He}$ . W chwili  $t = 0$  krótki impuls cieplny o energii 32.26 erga był wytwarzany przez grzejnik  ${}^3\text{He}$ . W odpowiedzi elektroniczny system sterowania zwiększał szybkość sprężania  ${}^3\text{He}$ . Zmiana objętości, związana z impulsem cieplnym, wynosiła  $2.56 \times 10^{-4} \text{ cm}^3$ , co było wynikiem zamrożenia dodatkowej porcji  ${}^3\text{He}$ . Napięcie wyjściowe mostka do pomiaru ciśnienia jest również pokazane na rys. 12; zmierzone ciśnienie zostało przeliczone na temperaturę. Podczas pomiaru maksymalna zmiana temperatury w komorze nie przekraczała  $5 \mu\text{K}$ .

Aby zinterpretować wyniki pokazane na rys. 12, musimy jeszcze raz odwołać się do równania Clausiusa-Clapeyrona. Jeśli obie strony równania (1) pomnożymy stronami przez temperaturę  $T$ , otrzymamy

$$T \left. \frac{dP}{dT} \right|_{\text{topn.}} = \frac{T \Delta S}{\Delta V} = \frac{\Delta Q}{\Delta V}.$$

Po prawej stronie mamy iloraz dostarczonego ciepła i wywołanej tym zmiany objętości. Pomiaru prowadzono poczynając od temperatury zbliżonej do 25 mK, a kończąc na najniższej, odpowiadającej maksymalnemu osiąganemu przez nas równowagowemu ciśnieniu topnienia/zamrażania. Umożliwiło to stworzenie tabeli zawierającej wartości  $P$  w zależności od  $T(dP/dT)$ .



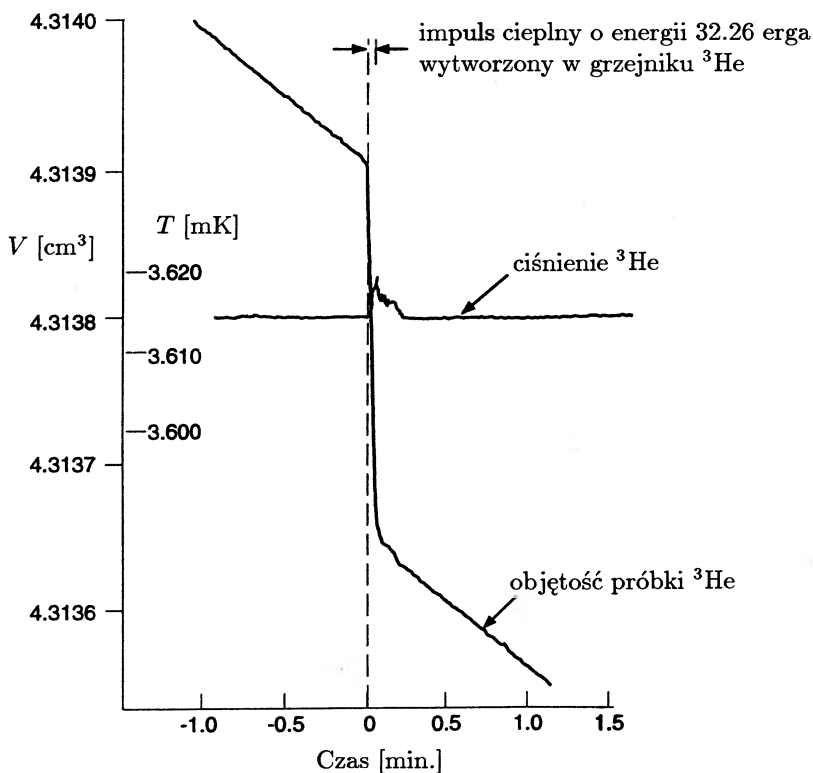
Rys. 11. Układ elektroniczny służący do kontroli szybkości zmian ciśnienia.

Wyniki pomiarów, podobne do pokazanych na rys. 12, oraz innych pomiarów nierównowagowych z wykorzystaniem impulsowych zmian objętości zostały użyte do uzyskania danych przedstawionych graficznie na rys. 13 [24]. Miało to na celu wykrycie ciągle nam umykającego magnetycznego przejścia fazowego w fazie stałej  $^3\text{He}$ . Przy ciśnieniu w komorze zbliżonym do maksymalnego, wartość iloczynu  $T(dP/dT)$  maleje gwałtownie. Odpowiada to zmniejszeniu entropii o wartość równą połowie wielkości entropii spinowej. Doświadczenie powyższe było pierwszą ilościową identyfikacją punktu przejścia magnetycznych momentów jądrowych w zestalonym  $^3\text{He}$  w stan magnetycznego uporządkowania.

Wykres zależności entropii od temperatury, pokazany we wcięciu rys. 13, otrzymano przez całkowanie przebiegu zależności  $P$  od  $T(dP/dT)$ . Względna skala temperatury dana jest przez następującą zależność:

$$\frac{T}{T_s} = \exp \int_{P_s}^P \left( T \frac{dP'}{dT} \right)^{-1} dP'.$$

Znając wartość entropii w jednej temperaturze można, w oparciu o uzyskane poprzednio dane, odtworzyć całą niskotemperaturową część krzywej topnienia  $^3\text{He}$ . Takim punktem termometrycznym była dla nas wartość entropii w wysokotemperaturowej granicy eksperymentu, wynosząca  $S = R \ln 2$ . (Temperatura Debye'a



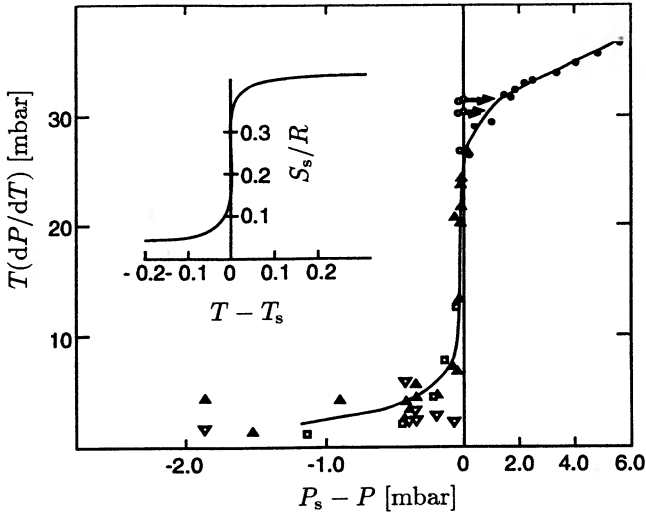
Rys. 12. Wynik pomiaru zmian objętości <sup>3</sup>He (utrzymywanego pod stałym ciśnieniem) będących wynikiem impulsu cieplnego.

dla stałego <sup>3</sup>He jest rzędu 30 K, tak więc w temperaturze 30 mK przyczynek fononowy do entropii jest znikomo mały).

#### 4.5. Zjawisko Pomeranczuka i krzywa topnienia w roku 1996

Zjawisko Pomeranczuka nie jest już obecnie najskuteczniejszą metodą chłodzenia podczas prowadzenia badań zarówno ciekłego, jak i zestalonego <sup>3</sup>He. Zapewnia ona zbyt wąski zakres ciśnień, gdyż pozwala na pomiary właściwości <sup>3</sup>He jedynie przy ciśnieniu odpowiadającym równowadze topnienie/zamarzanie. Co więcej, znacznie istotniejsze jest to, że stosowana obecnie metoda chłodzenia przez rozmagnesowanie jądrowe jest znacznie wydajniejsza i pozwala na schłodzenie <sup>3</sup>He do temperatury rzędu 10  $\mu$ K [26].

Proces topnienia/zamarzania <sup>3</sup>He odgrywa obecnie w termometrii tę samą rolę, jaką odgrywał w czasach odkrycia przez nas przejść w stany nadciekłe. Na krzywej topnienia <sup>3</sup>He można wyróżnić i zmierzyć w sposób powtarzalny



Rys. 13. Spadek entropii przy przejściu fazowym w stan uporządkowania momentów magnetycznych jąder  $^3\text{He}$ . Wartości entropii w różnych temperaturach zostały wyliczone z pomiarów wartości iloczynu  $T(dP/dT)$  w funkcji ciśnienia.

cztery stałe punkty termometryczne: temperaturę odpowiadającą najniższemu równowagowemu ciśnieniu topnienia/zamarzania  $^3\text{He}$ ; temperaturę przejścia  $^3\text{He}$  w stan nadciekły A; temperaturę przejścia  $^3\text{He}$  w stan nadciekły B; temperaturę przejścia stałego  $^3\text{He}$  w stan uporządkowania jądrowych momentów magnetycznych. Termometry działające na opisaną powyżej zasadzie stały się standardowym wyposażeniem w technice najniższych temperatur [27]. W czasie, który upłynął od dokonania przez Halperina całkowania iloczynu  $T(dP/dT)$  wzdłuż krzywej topnienia, wykonano wiele niezależnych pomiarów położenia punktów charakterystycznych na tej krzywej [6,28]. Najnowsze wyniki są następujące [28]:  $T_{\min} = 0.31517$  K;  $T_A = 2.41$  mK;  $T_B = 1.87$  mK;  $T_s = 0.88$  mK. Ciśnienie w punktach termometrycznych zostało także zmierzone z dużą dokładnością, tak więc punkty te mogą być jednocześnie wykorzystane do cechowania czujników ciśnienia. Pewną ciekawostką jest fakt, że wielu współczesnych fizyków zajmujących się niskimi temperaturami, rutynowo odtwarza dane z rys. 9 w celu temperaturowego cechowania swoich układów doświadczalnych.

Tłumaczył Witold Plesiewicz

Instytut Fizyki PAN  
Warszawa

## Literatura

- [1] I. Pomeranczuk, *Zh. Eksp. Teor. Fiz.* **20**, 919 (1950).
- [2] Istnieje kilka bardzo eleganckich i szczegółowych omówień metody chłodzenia kompresyjnego. Szczególnie użyteczne rozważania dotyczące tej metody oraz innych metod stosowanych w technice niskich temperatur zawarte są w następujących podręcznikach: D.S. Betts, *Refrigeration and Thermometry Below 1 K* (Sussex University Press, London 1974) i O.V. Lounasmaa, *Experimental Principles and Methods Below 1 K* (Academic Press, NY 1974).
- [3] L.D. Landau, *Zh. Eksp. Teor. Fiz.* **30**, 1058 (1956).
- [4] Po raz pierwszy natknąłem się na omówienie krzywej topnienia  $^3\text{He}$  w ćwiczeniu 9 zamieszczonym w znakomitym podręczniku termodynamiki dla studentów: A.B. Pippard, *The Elements of Classical Thermodynamics* (Cambridge University Press, London 1957), s. 161. W całej książce jest zaledwie 14 zadań!
- [5] Dobrym źródłem danych, dotyczących właściwości  $^3\text{He}$ , jest w dalszym ciągu artykuł przeglądowy Wheatleya: C. Wheatley, „Experimental Properties of Superfluid  $^3\text{He}$ ”, *Rev. Mod. Phys.* **47**, 415 (1975).
- [6] D.S. Greywall, *Phys. Rev. B* **33**, 7520 (1986).
- [7] R.C. Richardson, E.R. Hunt, H. Meyer, *Phys. Rev.* **138**, A1326 (1965).
- [8] N. Kurti, *Cryogenics* **1**, 2 (1960).
- [9] Yu.D. Anufriev, *Sov. Phys. JETP Letters* **1**, 155 (1965).
- [10] R.T. Johnson, R. Rosenbaum, O.G. Symko, J.C. Wheatley, *Phys. Rev. Lett.* **22**, 449 (1969).
- [11] R.T. Johnson, O.V. Lounasmaa, R. Rosenbaum, O.G. Symko, J.C. Wheatley, *J. Low Temp. Phys.* **2**, 403 (1970).
- [12] James R. Sites, „Magnetic Susceptibility of Solid Helium Three Cooled by Adiabatic Compression”, nie opublikowana rozprawa doktorska, Cornell University (1969).
- [13] J.R. Sites, D.D. Osheroff, R.C. Richardson, D.M. Lee, *Phys. Rev. Lett.* **23**, 836 (1969).
- [14] A.J. Leggett, M.J. Rice, *Phys. Rev. Lett.* **20**, 586 i **21**, 506 (1968).
- [15] L.R. Corruccini, „Spin Wave Phenomena in Liquid  $^3\text{He}$  Systems”, nie opublikowana rozprawa doktorska, Cornell University (1972).
- [16] L.R. Corruccini, D.D. Osheroff, D.M. Lee, R.C. Richardson, *J. Low Temp. Phys.* **8**, 119 (1972).
- [17] D.D. Osheroff, „Compressional Cooling and Ultralow Temperature Properties of  $^3\text{He}$ ”, nie opublikowana rozprawa doktorska, Cornell University (1972).
- [18] G.C. Straty, E.D. Adams, *Rev. Sci. Instrum.* **40**, 1393 (1969).
- [19] R.A. Scribner, M. Panzik, E.D. Adams, *Phys. Rev. Lett.* **21**, 427 (1968).
- [20] D.D. Osheroff, R.C. Richardson, D.M. Lee, *Phys. Rev. Lett.* **14**, 885 (1972).
- [21] Yu.D. Anufriev, T.A. Alvesalo, H.K. Collan, N.T. Opheim, P. Wennerström, *Phys. Lett.* **43A**, 175 (1973); T.A. Alvesalo, Yu.D. Anufriev, H.K. Collan, O.V. Lounasmaa, P. Wennerström, *Phys. Rev. Lett.* **30**, 962 (1973).
- [22] D.D. Osheroff, W.J. Gully, R.C. Richardson, D.M. Lee, *Phys. Rev. Lett.* **14**, 920 (1972).
- [23] W.P. Halperin, „Melting Properties of  $^3\text{He}$ : Specific Heat, Entropy, Latent Heat and Temperature”, nie opublikowana rozprawa doktorska, Cornell University (1975).



- [24] W.P. Halperin, C.N. Archie, F.B. Rasmussen, R.A. Buhrman, R.C. Richardson, *Phys. Rev. Lett.* **32**, 927 (1974).
- [25] W.P. Halperin, C.N. Archie, F.B. Rasmussen, R.C. Richardson, *Phys. Rev. Lett.* **34**, 718 (1975).
- [26] Znakomity opis metody chłodzenia przez rozmagnesowanie jądrowe jest podany w książce: F. Pobell, *Matter and Methods at Low Temperatures* (Springer Verlag, New York 1992).
- [27] J.S. Souris, T.T. Tommila, w: *Experimental Techniques in Condensed Matter Physics at Low Temperatures*, red. R.C. Richardson, E.N. Smith (Addison-Wesley, New York 1988), s. 245.
- [28] G. Schuster, A. Hoffmann, D. Hechtfisher, *Czech. J. Phys.* **46-S1**, 481 (1996).

**Christopher Townsend, Wolfgang Ketterle**

*Department of Physics and Research Laboratory of Electronics  
Massachusetts Institute of Technology  
Cambridge, Massachusetts, USA*

**Sandro Stringari**

*Dipartimento di Fisica, Università di Trento  
i Istituto Nazionale di Fisica della Materia  
Povo, Włochy*

## Kondensacja Bosego-Einsteina\*

### Bose-Einstein condensation

*Abstract:* Bose-Einstein condensation is an exotic quantum phenomenon that was observed in dilute atomic gases for the first time in 1995, and is now the subject of intense theoretical and experimental study.

W roku 1924 indyjski fizyk Satyendra Nath Bose przesłał Einsteinowi artykuł, w którym wyprowadził prawo Plancka dla promieniowania ciała doskonale czarnego traktując układ fotonów jako gaz identycznych cząstek. Einstein uogólnił teorię Bosego na przypadek gazu doskonałego identycznych atomów lub cząsteczek, dla którego liczba cząstek jest zachowana, i w tym samym roku przewidział, że w wystarczająco niskich temperaturach wszystkie te cząstki obsadziłyby najniższy stan kwantowy układu. Wiemy dziś, że to zjawisko, zwane kondensacją Bosego-Einsteina (BEC), zachodzi tylko dla „bozonów” – cząstek o całkowitym spinie równym całkowitej wielokrotności  $\hbar$ , tj. stałej Plancka podzielonej przez  $2\pi$ .

---

\* Artykuł, opublikowany w *Physics World* 10, nr 3, 29 (1997), został przetłumaczony za zgodą Autorów i Wydawcy [Translated with permission. Copyright ©1997 by IOP Publishing Ltd.] (przyp. Red.).

Przewidziano teoretycznie, że kondensat Bosego, jak również sam proces jego powstawania, ma wiele niezwykłych własności i przez wiele lat fizycy doświadczalni próbowali uzyskać kondensację Bosego-Einsteina w laboratorium. W końcu w roku 1995 dwie grupy fizyków, z których jedna pracowała w JILA (laboratorium zarządzanym i wykorzystywanym wspólnie przez amerykański Narodowy Instytut Miar i Technologii (NIST) i Uniwersytet stanu Kolorado w Boulder), a druga w Massachusetts Institute of Technology (MIT), otrzymały jednoznaczne potwierdzenie doświadczalne kondensacji Bosego-Einsteina w rozrzedzonych gazach atomowych.

Od tego czasu obie te grupy, jak też grupa z Uniwersytetu Rice'a w Houston w Teksasie, udoskonaliły metody wytwarzania i obserwacji tego egzotycznego zjawiska kwantowego. Dokonano również szybkiego postępu w zrozumieniu jego własności dynamicznych i termodynamicznych. W MIT potwierdziliśmy ostatnio intrygującą „lasero-podobną” własność skondensowanych atomów: spójność fal materii związanych z atomami. W doświadczeniach tych udało nam się bezpośrednio zaobserwować spójność i zademonstrować elementarny „laser atomowy”, który wytwarza spójną wiązkę atomów, analogicznie do emisji spójnych fotonów przez laser optyczny. W tym samym czasie teoretycy wyjaśnili wiele kwestii podstawowych i rozwinęli efektywne metody symulacji układów rzeczywistych.

## 1. Dominacja porządku w stanie podstawowym

W temperaturze pokojowej fakt, że jeden atom jest nieodróżnialny od drugiego, nie ma wpływu na dynamiczne własności gazu. Zgodnie z zasadą nieoznaczoności Heisenberga, położenie atomu jest nieokreślone na odległościach porównywalnych z długością termicznej fali de Broglie'a,  $\lambda_{dB} = (2\pi\hbar^2/k_B mT)^{1/2}$ , gdzie  $k_B$  jest stałą Boltzmanna,  $m$  – masą atomu, zaś  $T$  oznacza temperaturę gazu. W temperaturze pokojowej typowa długość fali de Broglie'a jest około dziesięciu tysięcy razy mniejsza od średniej odległości między atomami. Oznacza to, że fale materii pojedynczych atomów są nieskorelowane („nieuporządkowane”) i gaz może być opisany za pomocą klasycznej statystyki Boltzmanna.

Jednak w miarę chłodzenia gazu, wspomniane rozmycie wzrasta, tak że w końcu w każdym sześciennym o boku  $\lambda_{dB}$  znajduje się więcej niż jeden atom. Funkcje falowe sąsiednich atomów zaczynają się więc nakrywać, co powoduje utratę tożsamości poszczególnych atomów; własności gazu są teraz określone przez statystykę kwantową.

Statystyka Bosego-Einsteina dramatycznie zwiększa szansę znalezienia więcej niż jednego atomu w tym samym stanie i możemy sobie wyobrażać fale materii w gazie Bosego jako fale o zgodnych drganiach. Wynikiem tej zgodności jest kon-

densacja Bosego-Einsteina, czyli makroskopowe obsadzenie stanu podstawowego gazu. (Przeciwnie, fermiony – cząstki o spinie całkowitym równym  $(n + 1/2)\hbar$ , gdzie  $n$  jest liczbą całkowitą – nie mogą przebywać w tym samym stanie kwantowym). Einstein opisał ten proces jako kondensację bez oddziaływania, czyniąc z tego ważny paradygmat kwantowej fizyki statystycznej.

Rozkład gęstości kondensatu jest dany przez pojedynczą, makroskopową funkcję falową o dobrze określonej amplitudzie i fazie, tak jak ma to miejsce w przypadku pola klasycznego. Istotnie, przejście od nieuporządkowanych do spójnych fal materii można porównać do zmiany światła niespójnego na światło laserowe.

## 2. Oziębianie atomów

Chociaż kondensacja Bosego-Einsteina uważana jest za ważne zjawisko w wielu działach fizyki, jedyne do niedawna przykłady kondensacji dostarczały badania nadciekłego helu i ekscytonów w półprzewodnikach. Jednak w przypadku ciekłego helu, silne oddziaływania istniejące w cieczy jakościowo zmieniają naturę przejścia. Z tego względu, ważnym celem fizyki atomowej było osiągnięcie kondensacji Bosego-Einsteina w rozrzedzonej gazie atomowym. Najtrudniejszym wyzwaniem było ochłodzenie gazów do temperatury bliskiej lub mniejszej od jednego mikrokelwina przy jednoczesnym niedopuszczeniu do przejścia atomów w stały lub ciekły stan skupienia.

Wysiłki mające doprowadzić do skondensowania atomów rozpoczęły się ponad piętnaście lat temu od prób z atomami wodoru. W doświadczeniach tych atomy wodoru były najpierw chłodzone w chłodziarce rozcieńczalnikowej, następnie pułpkiowane w polu magnetycznym i wreszcie chłodzone dalej przez parowanie (patrz niżej). Takie podejście niemal doprowadziło do zaobserwowania kondensacji. Jego skuteczność jest jednak ograniczona przez proces rekombinacji pojedynczych atomów, które mogą tworzyć cząsteczki, oraz przez czułość detekcji.

W latach osiemdziesiątych rozwinięto metody chłodzenia i pułpkiowania atomów oparte na technikach laserowych: chłodzenie dopplerowskie, chłodzenie przez wykorzystanie gradientu polaryzacji i pułpkiowanie magnetoptyczne. Metody te całkowicie zmieniły naturę fizyki atomowej i wytyczyły nowy szlak na drodze do ultraniskich temperatur, który nie wymaga stosowania metod kriogenicznych. Atomy o temperaturze poniżej mikrokelwina są obecnie rutynowo wytwarzane i używane w wielu doświadczeniach. Atomy metali alkalicznych są szczególnie predestynowane do chłodzenia metodami laserowymi, ponieważ ich przejścia optyczne mogą być łatwo wzbudzane za pomocą istniejących laserów;

także struktura ich elektronowych poziomów energetycznych jest korzystna, jeśli chodzi o chłodzenie do niskich temperatur.

Najniższa temperatura, jaką można osiągnąć za pomocą chłodzenia laserowego jest jednak ograniczona przez energię pojedynczego fotonu. W rezultacie „gęstość w przestrzeni fazowej” – czyli liczba atomów w objętości  $\lambda_{dB}^3$  – jest zwykle około miliona razy mniejsza niż potrzeba do uzyskania kondensacji Bosego-Einsteina.

Właściwą drogą, która doprowadziła do otrzymania kondensacji Bosego-Einsteina, okazało się połączenie technik chłodzenia rozwiniętych wcześniej dla wodoru z metodami stosowanymi w przypadku metali alkalicznych: chmura atomów alkalicznych jest najpierw poddana chłodzeniu laserowemu, a potem chłodzeniu przez parowanie. Podczas chłodzenia przez parowanie wysokoenergetyczne atomy mogą uciekać z próbki, tak że średnia energia pozostałych atomów zmniejsza się. Zderzenia sprężyste pomiędzy atomami prowadzą do redystrybucji energii w taki sposób, że rozkład prędkości znów przyjmuje postać rozkładu Maxwella-Boltzmann, lecz już dla niższej temperatury. Jest to taki sam proces parowania, który prowadzi do ostudzenia herbaty, z tym że w przypadku chłodzenia atomów możliwe jest dodatkowo stopniowe zmniejszanie energii progowej (tzn. energii, powyżej której atom opuszcza próbkę). Pozwala to na obniżenie temperatury próbki atomów o wiele rzędów wielkości, zaś jedyna niedogodność to zmniejszenie liczby atomów w pułapce (patrz *Physics World*, lipiec 1995, s. 21 i sierpień 1995, s. 21).

Problemem, który należało przezwyciężyć przy łącznym zastosowaniu powyższych metod chłodzenia do atomów alkalicznych, był problem gęstości atomów. Optyczne metody chłodzenia są najlepsze dla małych gęstości, kiedy światło lasera nie jest całkowicie pochłaniane przez próbkę atomów. Z drugiej strony, chłodzenie przez parowanie wymaga dużych gęstości atomów, aby zapewnić szybkie dochodzenie do stanu równowagi (retermalizację), a w konsekwencji chłodzenie. Spowodowało to inne rozłożenie akcentów, jeśli chodzi o metody optyczne: o ile poprzednio były one stosowane do wytworzenia jednocześnie niskich temperatur i dużych gęstości w przestrzeni fazowej, o tyle teraz potrzebne są do uzyskania dużej częstości zderzeń sprężystych. Ponadto musi to być osiągnięte w komorach próżniowych o bardzo wysokiej jakości, aby przedłużyć czas życia spułapkowanego gazu. Widać stąd, że aby osiągnąć kondensację Bosego-Einsteina nie były potrzebne żadne nowe pomysły: potrzebny był za to wysiłek prowadzący do ulepszenia i zoptymalizowania istniejących metod doświadczalnych. Wysiłki te zostały podjęte we wczesnych latach dziewięćdziesiątych, głównie w MIT i w Boulder.

także struktura ich elektronowych poziomów energetycznych jest korzystna, jeśli chodzi o chłodzenie do niskich temperatur.

Najniższa temperatura, jaką można osiągnąć za pomocą chłodzenia laserowego jest jednak ograniczona przez energię pojedynczego fotonu. W rezultacie „gęstość w przestrzeni fazowej” – czyli liczba atomów w objętości  $\lambda_{dB}^3$  – jest zwykle około miliona razy mniejsza niż potrzeba do uzyskania kondensacji Bosego-Einsteina.

Właściwą drogą, która doprowadziła do otrzymania kondensacji Bosego-Einsteina, okazało się połączenie technik chłodzenia rozwiniętych wcześniej dla wodoru z metodami stosowanymi w przypadku metali alkalicznych: chmura atomów alkalicznych jest najpierw poddana chłodzeniu laserowemu, a potem chłodzeniu przez parowanie. Podczas chłodzenia przez parowanie wysokoenergetyczne atomy mogą uciekać z próbki, tak że średnia energia pozostałych atomów zmniejsza się. Zderzenia sprężyste pomiędzy atomami prowadzą do redystrybucji energii w taki sposób, że rozkład prędkości znów przyjmuje postać rozkładu Maxwella-Boltzmann, lecz już dla niższej temperatury. Jest to taki sam proces parowania, który prowadzi do ostudzenia herbaty, z tym że w przypadku chłodzenia atomów możliwe jest dodatkowo stopniowe zmniejszanie energii progowej (tzn. energii, powyżej której atom opuszcza próbkę). Pozwala to na obniżenie temperatury próbki atomów o wiele rzędów wielkości, zaś jedyna niedogodność to zmniejszenie liczby atomów w pułapce (patrz *Physics World*, lipiec 1995, s. 21 i sierpień 1995, s. 21).

Problemem, który należało przewyciężyć przy łącznym zastosowaniu powyższych metod chłodzenia do atomów alkalicznych, był problem gęstości atomów. Optyczne metody chłodzenia są najlepsze dla małych gęstości, kiedy światło lasera nie jest całkowicie pochłaniane przez próbkę atomów. Z drugiej strony, chłodzenie przez parowanie wymaga dużych gęstości atomów, aby zapewnić szybkie dochodzenie do stanu równowagi (retermalizację), a w konsekwencji chłodzenie. Spowodowało to inne rozłożenie akcentów, jeśli chodzi o metody optyczne: o ile poprzednio były one stosowane do wytworzenia jednocześnie niskich temperatur i dużych gęstości w przestrzeni fazowej, o tyle teraz potrzebne są do uzyskania dużej częstości zderzeń sprężystych. Ponadto musi to być osiągnięte w komorach próżniowych o bardzo wysokiej jakości, aby przedłużyć czas życia spułapowanego gazu. Widać stąd, że aby osiągnąć kondensację Bosego-Einsteina nie były potrzebne żadne nowe pomysły: potrzebny był za to wysiłek prowadzący do ulepszenia i zoptymalizowania istniejących metod doświadczalnych. Wysiłki te zostały podjęte we wczesnych latach dziewięćdziesiątych, głównie w MIT i w Boulder.

### 3. Ulepszone metody pułapkowania magnetycznego

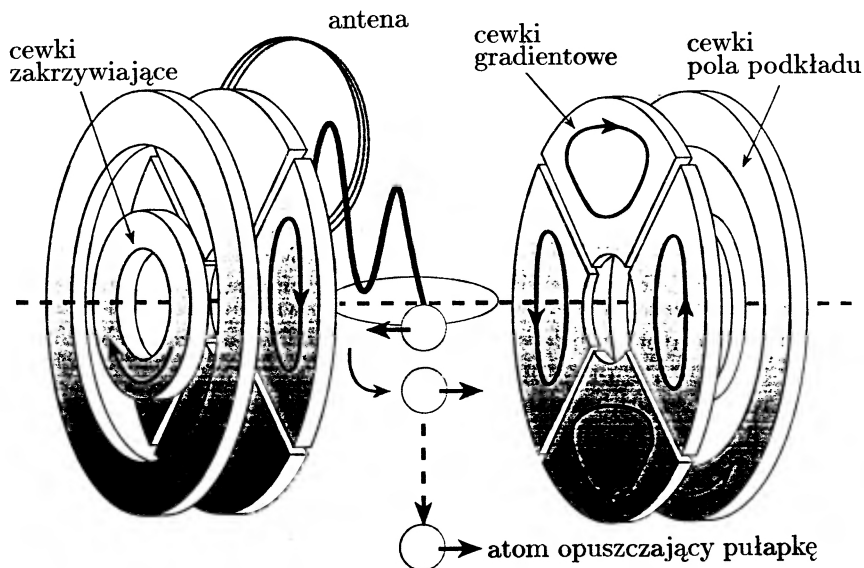
Aby chłodzenie przez parowanie mogło być wydajne, atomy muszą być odizolowane termicznie od otoczenia. Izolacja ta musi być zapewniona przez pole elektromagnetyczne, ponieważ w ultraniskich temperaturach atomy przyczepiają się do wszelkich powierzchni. W przypadku atomów metali alkalicznych najlepszą metodą jest uwięzienie ich w polu magnetycznym, co jest możliwe, gdyż atomy te mają moment magnetyczny. Po schwytaniu i schłodzeniu atomów za pomocą laserów, wyłącza się wszystkie źródła światła i włączając niejednorodne pole magnetyczne wytwarza się wiążący atomy potencjał. W ten sposób ogranicza się ruch atomów do małych obszarów przestrzennych.

Atomy mogą być oziębione za pomocą chłodzenia przez parowanie tylko wtedy, gdy czas potrzebny na dojście do stanu równowagi jest znacznie krótszy niż czas życia atomu w pułapce. Wymaga to stosowania pułapek o dużym stopniu związania, gdyż możliwe są wtedy duże gęstości atomów i, co za tym idzie, krótki czas dochodzenia do równowagi. Z tego właśnie względu pierwsze doświadczenia, w których zaobserwowano kondensację Bosego-Einsteina, korzystały z tak zwanych liniowych pułapek kwadrupolowych, w których pola magnetyczne mogą mieć największy możliwy gradient.

Powyższe metody rzeczywiście pozwalają na wytworzenie dużych gęstości i szybkie parowanie, jest jednak jeden poważny problem: wartość pola magnetycznego w centrum pułapki wynosi zero, co powoduje „dezorientację” atomu i utratę uporządkowania jego momentu magnetycznego. Ponieważ pole magnetyczne może uwięzić jedynie te atomy, których momenty magnetyczne są ustawione antyrównoległe do pola, wspomniane wyżej zmiany ustawienia momentu magnetycznego powodują zgubną w skutkach ucieczkę atomów z pułapki. Zarówno grupa z Boulder, jak i grupa pracująca w MIT znalazły sposoby obejścia tego problemu. Grupa z Boulder dodała obracające się pole magnetyczne, utrzymujące atomy z dala od „dziury” w pułapce, zaś my „zatkaliśmy” tę dziurę za pomocą siły odpychającej wytworzonej przez skupioną wiązkę laserową.

Obie metody okazały się skuteczne, lecz obie posiadały poważne ograniczenia. W marcu 1996 r. zaobserwowaliśmy kondensację Bosego-Einsteina w nowej pułapce magnetycznej o kształcie cewek przypominającym liść koniczyny (pułapka „koniczynkowa”), która pozwoliła ominąć te ograniczenia. Pułapka ta jest odmianą pułapki Ioffego-Pritcharda, zaprojektowanej po raz pierwszy w 1983 roku. Pole magnetyczne w jej środku jest różne od zera, co zapobiega utracie atomów. Uwięzienie jest ciasne w dwóch kierunkach i względnie słabe w trzecim, co prowadzi do powstania chmury atomów o kształcie przypominającym cygaro,

a nie chmury o symetrii kulistej. Nowatorstwo tej pułapki polega na „koniczynkowatym” wzorze nawinięcia cewek, dzięki któremu możliwy jest doskonały dostęp optyczny do próbki atomów w celu chłodzenia i pułapkowania laserowego, a także optyczna obserwacja kondensatu (patrz rys. 1). Schemat ten okazał się niezawodny i uniwersalny: większość przedstawionych w tym artykule wyników doświadczalnych otrzymano za pomocą tej pułapki. Biorąc pod uwagę wysiłek włożony w projektowanie pułapek w ostatnich latach, jest rzeczą dość nieoczekiwaną, że najwłaściwszą konfiguracją okazała się konstrukcja wymyślona ponad 13 lat temu.



Rys. 1. Schemat układu do chłodzenia przez parowanie, używanego w „koniczynkowej” pułapce magnetycznej w MIT. Cewki środkowe (zakrzywiające) zapewniają uwięzienie wzdłuż osi pułapki, a cewki zewnętrzne („koniczynki” lub cewki gradientowe) dają silne uwięzienie radialne. Otrzymany w ten sposób potencjał anizotropowy powoduje powstawanie chmur atomowych w kształcie cygara. Fale o częstotliwości radiowej, emitowane z anteny, selektywnie odwracają spiny atomów o największej energii, a pozostałe atomy dochodzą do stanu równowagi w niższej temperaturze. Chłodzenie jest wymuszone przez obniżanie częstotliwości radiowej.

Parowanie może być z łatwością osiągnięte w pułapkach magnetycznych za pomocą rezonansu magnetycznego. Momenty magnetyczne atomów w pułapce mogą zostać odwrócone przez zastosowanie pola o częstotliwości radiowej będącej w rezonansie z częstotliwością przejścia między stanami o spinie skierowanym w dół i w górę. Częstotliwość tego pola jest tak dobrana, aby mogło ono oddziaływać tylko z atomami znajdującymi się na brzegu chmury – w potencjale oscylatora harmo-



nicznego właśnie te atomy mają największą energię. Kiedy momenty magnetyczne tych atomów zostaną odwrócone, siły magnetyczne stają się antywiążące i atomy te zostają wypchnięte z pułapki. W miarę chłodzenia chmura kurczy się, a więc częstość fali radiowej musi być w sposób ciągły zmniejszana, aby kontynuować proces parowania atomów znajdujących się na brzegu chmury.

W naszych doświadczeniach źródłem atomów sodu jest piecyk o temperaturze 600 K, z którego wychodzi wiązka atomów o średniej prędkości 800 m/s i gęstości około  $10^{14}$  cm<sup>-3</sup>. Na odcinku o długości 0.5 m atomy są najpierw spowalniane wiązką laserową do prędkości około 30 m/s. Jest to prędkość wystarczająco mała, aby około  $10^{10}$  atomów mogło zostać schwytych w pułapce magnetoptycznej. Używając zręcznie chłodzenia i pułapkowania laserowego można obniżyć temperaturę gazu do około 100  $\mu$ K, co jest wystarczające, aby atomy mogły być schwytane w polu magnetycznym. Chłodzenie przez parowanie oziębia następnie gaz do temperatury ok. 2  $\mu$ K – a więc temperatury, w której następuje kondensacja – w ciągu z grubsza 20 s.

Tak się składa, że gęstość atomów w kondensacie wynosi około  $10^{14}$  cm<sup>-3</sup>, podobnie jak w wiązce atomów wychodzącej z piecyka będącego źródłem atomów. Tak więc cały proces chłodzenia zmniejsza temperaturę gazu o 8–9 rzędów wielkości. W czasie chłodzenia przez parowanie tracimy zwykle około 1000 atomów i otrzymujemy kondensat zawierający  $10^7$  atomów. W pułapce koniczynkowej kondensaty mogą osiągać długość do 0.3 mm. Kondensacja pozwala więc otrzymać makroskopowe obiekty kwantowe.

#### 4. Obserwowanie kondensacji

Kondensaty w pułapce są bardzo małe oraz grube optycznie, a więc trudno je obserwować w pułapce. Pierwsze obserwacje kondensacji Bosego-Einsteina zostały dokonane przez wyłączenie pułapki i pozwolenie na balistyczną ekspansję chmury atomów. Atomy były następnie oświetlane wiązką laserową będącą w rezonansie z jakimś przejściem atomowym, a absorpcja światła przez atomy prowadziła do powstania „cienia”, który był rejestrowany przez kamerę. Otrzymane w ten sposób zdjęcia migawkowe chwilowych położeń atomów pozwalały określić, jak bardzo atomy rozbiegły się od momentu uwolnienia z pułapki, a więc rejestrowały ich rozkład prędkości. Skondensowane atomy rozbiegają się w bardzo niewielkim stopniu, gdyż są w najniższym stanie energetycznym; wyraźnym świadectwem kondensacji Bosego było więc nagle pojawienie się ostrego maksimum liczby atomów, widocznego w środku obrazu. Obrazowanie absorpcyjne jest w nieunikniony sposób niszczące, ponieważ atomy są wcześniej uwalniane z pułapki. Ponadto absorpcja fotonów także „podgrzewa” atomy. Na początku

1996 roku zaobserwowaliśmy kondensat Bosego w sposób nieniszczący używając metody zwanej obrazowaniem na ciemnym tle (dark-ground imaging), wykorzystującej dyspersję, a nie absorpcję.

Wygodnie jest opisywać dyspersję i absorpcję łącznie za pomocą zespolonego współczynnika załamania. Część urojona współczynnika załamania opisuje pochłanianie fotonów, powodujące niesprężyste rozproszenie światła obserwowane dla dużych kątów. Część rzeczywista tego współczynnika odpowiada za spójne rozpraszanie sprężyste dla małych kątów. Takie rozpraszanie dyspersyjne zmienia fazę światła, a ponieważ wiązka jest jedynie lekko odchylona, metoda ta praktycznie nie zaburza próbki. Jeśli laser sondujący jest wystarczająco daleko odstrojony od jakiegokolwiek przejścia atomowego, to rozpraszanie dyspersyjne dominuje nad absorpcją i kondensat wygląda wtedy po prostu jak wymodelowany kawałek szkła, innymi słowy – jak soczewka.

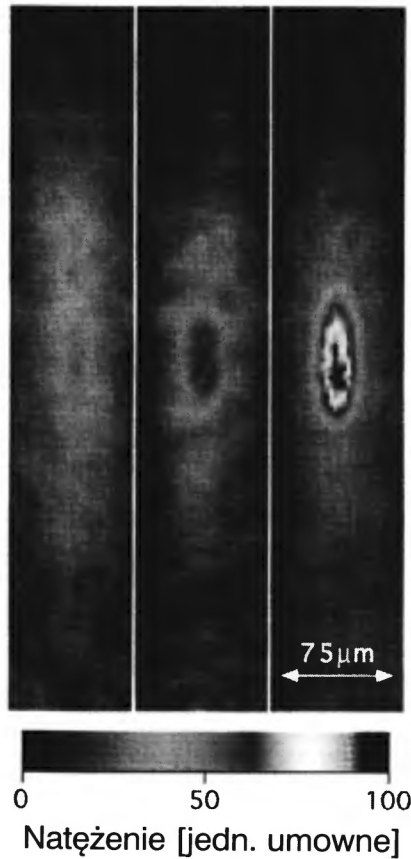
Aby można było „zobaczyć” kondensat za pomocą rozpraszania dyspersyjnego, przesunięcie fazowe wprowadzone przez atomy musi zostać przekształcone na zmianę natężenia. Jest to dobrze znany problem w optyce, który może być rozwiązany za pomocą filtracji przestrzennej. Sygnał w płaszczyźnie Fouriera jest modyfikowany bądź za pomocą obiektów nieprzezroczystych (obrazowanie na ciemnym tle), bądź za pomocą przesuwania fazy (obrazowanie metodą kontrastu fazowego).

Nieniszczący charakter obrazowania dyspersyjnego pozwala na otrzymanie wielu obrazów tego samego kondensatu. Rysunek 2 pokazuje tworzenie się kondensatu obserwowane metodą kontrastu fazowego. Tego typu „filmy”, kręcone w czasie rzeczywistym, są bezcenną pomocą w badaniu własności dynamicznych kondensatu.

## 5. Teoria i pierwsze doświadczenia

Teoretyczne badania słabo oddziałujących gazów Bosego w pułapkach mają długą historię, która zaczęła się w latach pięćdziesiątych od pionierskich prac Grossa i Pitajewskiego na temat makroskopowej funkcji falowej takich układów. W ostatnich latach nastąpił dramatyczny wzrost liczby prac poświęconych teorii gazów Bosego w pułapce, co świadczy o istnieniu wielu intrygujących pytań i nie rozwiązanych problemów, przyciągających uwagę społeczności naukowej.

Z grubsza biorąc, możemy wyróżnić dwa aspekty badań teoretycznych. Z jednej strony, chodzi o rozwiązanie problemu wielu ciał w przypadku znacznej liczby atomów w stanie podstawowym. Zadaniem jest zrozumienie, jak siły międzyatomowe modyfikują takie strukturalne własności kondensatów, jak konfiguracja stanu podstawowego, własności dynamiczne i termodynamiczne. Drugim proble-



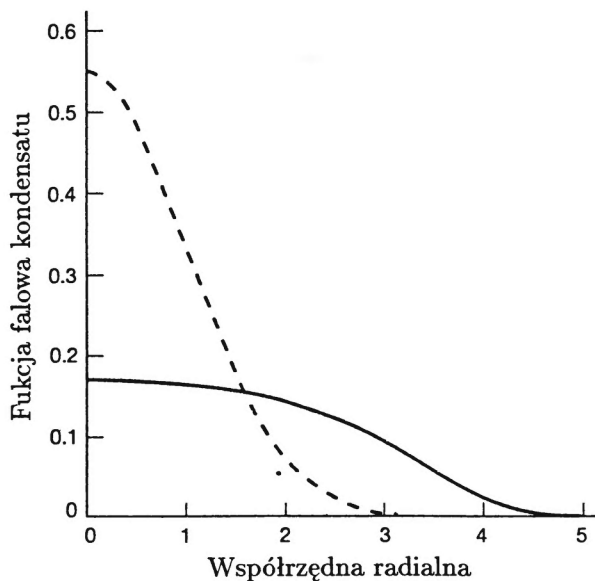
Rys. 2. Bezpośrednia, nieniszcząca obserwacja powstawania kondensatu Bosego uzyskana w MIT za pomocą dyspersyjnego rozpraszania światła (obrazowanie metodą kontrastu fazowego). Pokazano natężenie światła rozproszonego, proporcjonalne do kolumnowej gęstości atomów wzdłuż kierunku obserwacji, w funkcji położenia w pułapce. Obraz po lewej stronie przedstawia chmurę schłodzoną do temperatury nieco przewyższającą temperaturę przejścia dla kondensacji Bosego-Einsteina: obserwowany rozkład atomów jest prawie klasyczny. W miarę jak temperatura jest obniżana poniżej temperatury przejścia fazowego, w centrum pułapki zaczyna się pojawiać wyraźne skupienie atomów (fotografia środkowa), zaś w wyniku dalszego chłodzenia procent skondensowanych atomów wzrasta do prawie 100% (fotografia z prawej).

mem, cieszącym się wielkim zainteresowaniem, jest badanie spójności i efektów nadciekłości w tych osobliwych układach.

Badania teoretyczne własności strukturalnych są stymulowane przez dostępność nowych danych doświadczalnych. W rozrzedzonej gazie Bosego efekty oddziaływania upraszczają się, ponieważ zachodzą tylko zderzenia między pa-

rami atomów, a te można opisać za pomocą pojedynczego parametru – długości rozpraszania dla fali cząstkowej  $s$  (w większości przypadków jest to odległość porównywalna z zasięgiem oddziaływania). Sytuacja ta jest bardzo odmienna od przypadku ciekłego helu, gdzie istnieją złożone oddziaływania międzyatomowe.

Ważną informacją, wynikającą z ostatnich prac teoretycznych jest fakt, że dwuciałowe oddziaływania międzyatomowe w kondensacie odgrywają bardzo istotną rolę, nawet jeśli gaz jest rozrzedzony. W równaniu Schrödingera na funkcję falową kondensatu, wkład pochodzący od oddziaływań zależy od wielkości energii oddziaływania przypadającej na jeden atom w porównaniu do energii stanu podstawowego pułapki harmoniczej. Stosunek ten jest funkcją  $Na/a_{HO}$ , gdzie  $a$  jest długością rozpraszania fali cząstkowej  $s$ ,  $a_{HO}$  – amplitudą drgań cząstki w stanie podstawowym, a  $N$  – liczbą atomów. Aczkolwiek  $a/a_{HO}$  jest zwykle około  $10^{-3}$ , to  $N$  może być rzędu  $10^7$  i oddziaływania mogą silnie modyfikować funkcję falową i energię stanu podstawowego (patrz rys. 3). Ta przewidziana teoretycznie zależność energii od liczby atomów została potwierdzona doświadczalnie zarówno w Boulder, jak i w MIT.



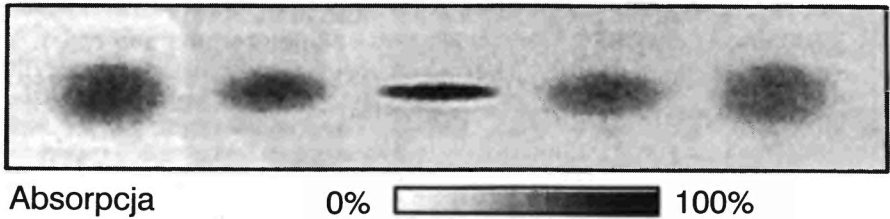
Rys. 3. Wynik obliczeń teoretycznych funkcji falowej kondensatu jako funkcji współrzędnej radialnej dla chmury 5000 atomów rubidu. Linia ciągła odpowiada rozwiązaniu równania Grossa-Pitajewskiego, będącego równaniem Schrödingera z uwzględnieniem zderzeń dwuciałowych, zaś linia przerywana odpowiada chmurze nieoddziałującej.

Posługując się zależnym od czasu równaniem Schrödingera, można badać drgania normalne kondensatu Bosego. Są one analogiczne do wzbudzeń fononowych i rotonowych, które były intensywnie badane w kontekście nadciekłości. Z perspektywy historycznej, zrozumienie kolektywnych wzbudzeń kwantowych odegrało kluczową rolę w wyjaśnieniu własności nadciekłego helu i było przedmiotem pionierskich prac Lwa Landaua, Nikołaja Bogoliubowa i Richarda Feynmana (patrz artykuł Donnelly'ego w spisie lektur dodatkowych).

Dla gazu Bosego w pułapce, równania ruchu mają postać otrzymaną przez Bogoliubowa w 1947 roku i były ostatnio intensywnie badane. Jeśli parametr  $Na/a_{\text{HO}}$  jest bardzo duży, równania te przyjmują prostą postać równań hydrodynamiki dla cieczy nadciekłych. W przypadku izotropowego potencjału harmonicznego pułapki stwierdzono, że częstość wzbudzeń kwantowych  $\omega$  powinna spełniać związek dyspersyjny  $\omega = \omega_0(2n^2 + 2nl + 3n + l)^{1/2}$ , gdzie  $\omega_0$  jest częstością pułapki,  $n$  – liczbą węzłów funkcji falowej wzdłuż promienia pułapki, a  $l$  – momentem pędu niesionym przez wzbudzenie. Zależność tę należy porównać ze związkiem dyspersyjnym dla cząstek nieoddziałujących:  $\omega = \omega_0(2n + l)$ . Rola oddziaływań międzyatomowych jest szczególnie istotna dla modów „powierzchniowych” ( $n = 0$ ), dla których oddziaływania redukują energię wzbudzeń z  $\omega = \omega_0 l$  do  $\omega = \omega_0 l^{1/2}$ .

Równania hydrodynamiczne można również rozwiązać analitycznie dla pułapek anizotropowych, co dostarczyło użytecznych przewidywań dla eksperymentów w Boulder i MIT. W doświadczeniach tych kondensaty były delikatnie „wstrząsane” przez modulowanie pułapkujących pól magnetycznych, co powodowało oscylacje kształtu kondensatu (rys. 4). Mod pokazany na rys. 4 jest odpowiednikiem kwadrupolowego drgania chmury o kształcie cygara: skróceniu wzdłuż dłuższej osi towarzyszy wydłużenie wzdłuż osi krótszej i odwrotnie. Doświadczenia w MIT potwierdziły przewidywania teoretyczne dla częstości tego modu z dokładnością do 1%. To właśnie pomiary energii wewnętrznej i częstości wzbudzeń kolektywnych, przeprowadzone zarówno w Boulder, jak i w MIT, dostarczyły najbardziej spektakularnego i przekonującego dowodu znaczenia oddziaływań międzyatomowych w kondensatach.

Efekty oddziaływań dwuciałowych stają się mniej istotne w miarę zwiększania temperatury i jej zbliżania do temperatury przejścia dla kondensacji Bosego-Einsteina. Dzieje się tak dlatego, że atomy stają się wzbudzone termicznie i zajmując większą objętość tworzą gaz znacznie bardziej rozrzedzony niż kondensat. Wczesne pomiary przeprowadzone w MIT potwierdziły, że wartości temperatury przejścia:  $k_{\text{B}}T_0 = 0.94 \hbar\omega_0 N^{1/3}$  i stopnia kondensacji (ułamek skondensowanych atomów):  $N_0/N = 1 - (T/T_0)^3$ , przewidywane dla gazu nieoddziałującego, nie są silnie zmienione przez oddziaływania.

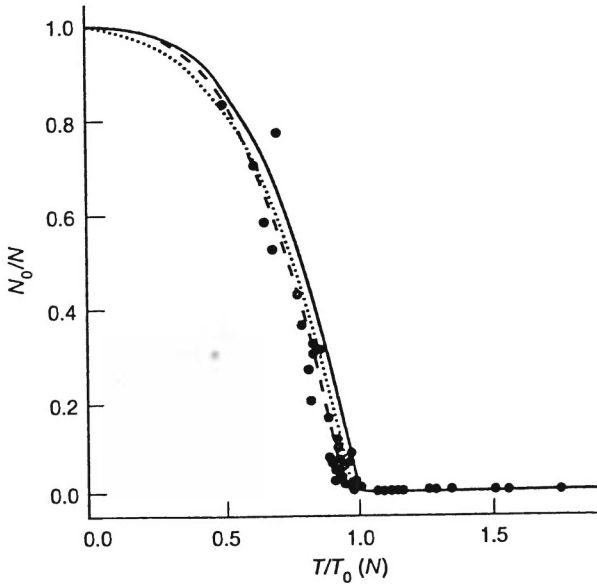


Rys. 4. Oscylacje kształtu kondensatu Bosego obserwowane w MIT. Potencjał pułapki był zaburzany przez pole zależne od czasu, po czym chmura atomów mogła swobodnie drgać przez określony czas, który zmieniał się od 16 ms (pierwszy obraz z lewej strony) do 48 ms (ostatni obraz z prawej strony). Chmury obserwowano przez wyłączenie pułapki i pozwolenie na balistyczną ekspansję atomów w czasie 40 ms.

Teoria przewiduje jednak, że oddziaływania powinny wpływać zarówno na  $T_0$ , jak i na  $N_0/N$ , i obserwacja tego wpływu powinna być możliwa, jeśli udało się zmierzyć obie wielkości z dużą dokładnością. W Boulder zaobserwowano przesunięcie  $T_0$  zgodne z oczekiwaniami teoretycznymi, ale wielkość tego przesunięcia jest porównywalna z dokładnością pomiaru (rys. 5). W ogólności, własności termodynamiczne gazów Bosego w pułapkach wykazują interesujące różnice w porównaniu do przypadku jednorodnego przestrzennie (o stałej gęstości przestrzennej). W szczególności, w gazie jednorodnym oddziaływania prowadzą do zwiększenia  $T_0$ , a dla gazu w pułapce – do zmniejszenia  $T_0$ .

Wiele problemów teoretycznych, dotyczących gazów Bosego w pułapkach, wciąż oczekuje na zbadanie i zrozumienie. Dwie podstawowe kwestie, związane ze wzbudzeniami kolektywnymi, to właściwy opis drgań w pobliżu  $T_0$  i mechanizm tłumienia drgań, zwłaszcza dla niskich temperatur. Pokrewne pytania dotyczą efektów nieliniowych we wzbudzeniach, pojawiania się zjawisk chaotycznych i zmiany częstości wzbudzeń w funkcji temperatury.

Ważnym problemem są także własności spułapkowanych gazów, dla których długość rozpraszania fali cząstkowej  $s$  jest ujemna. W doświadczeniach przeprowadzonych w MIT i w Boulder długości rozpraszania są dodatnie. Oznacza to, że efektem zderzeń dwuciałowych jest odpychanie między atomami (zderzenia typu zderzeń sztywnych kul) i w takim przypadku dobrze wiadomo z teorii, że kondensat Bosego jest stabilny. Jednak dla ujemnych długości rozpraszania, siły pomiędzy atomami są przyciągające i powodują zapaść kondensatu. Sądzi się powszechnie, że uniemożliwia to kondensację w układach jednorodnych przestrzennie i nakłada ograniczenie na liczbę atomów, które mogą skondensować w układach niejednorodnych, takich jak pułapka. Badania kon-



Rys. 5. Stopień kondensacji  $N_0/N$  jako funkcja temperatury względnej  $T/T_0$  zmierzona w Boulder.  $T_0$  jest przewidywaną teoretycznie temperaturą krytyczną dla gazu doskonałego w pułapce harmoniczej w granicy termodynamicznej (tzn. dla dużej liczby atomów). Linia ciągła przedstawia zależność przewidywaną w granicy termodynamicznej, a linia kropkowa zawiera poprawkę uwzględniającą skończoną liczbę atomów w kondensacie (4000). Z dokładnością do błędów pomiarowych, pomiar jest w zgodzie z przewidywaniami teoretycznymi dla nieoddziałujących bozonów. Linia przerywana przedstawia najlepsze dopasowanie do danych doświadczalnych.

densacji Bosego-Einsteina w licie zostały przeprowadzone na Uniwersytecie Rice'a; otrzymana liczba atomów w kondensacie jest zgodna z tymi przewidywaniami.

Jak wspomniano wyżej, własność nadciekłości (tzn. stały przepływ bez tłumienia powodowanego lepkością) jest ściśle związana z istnieniem długozasięgowego uporządkowania (spójności) w stanie podstawowym. Rzeczywiście, prędkość nadciekła jest proporcjonalna do gradientu fazy funkcji falowej stanu podstawowego. Wynika stąd m.in., że moment bezwładności gazu Bosego poniżej  $T_0$  jest istotnie różny od tego, którego oczekujemy dla ciała sztywnego. Zjawiska nadciekłości i spójności staną się obszarami wyzwania dla przyszłych badań w tej dziedzinie. Fizycy teoretyczni już dokonali ilościowych przewidywań dotyczących efektów analogicznych do efektu Josephsona i zjawisk interferencyjnych związanych z fazą funkcji falowej kondensatu. Rola wirów w dynamice układu, możliwość wystąpienia „drugiego dźwięku” oraz wzajemne związki między wzbudzeniami

kolektywnymi, własnościami układu przy obrotach i nadciekłością, są kolejnymi problemami o podstawowym znaczeniu.

## 6. Realizacja lasera atomowego

Możliwość wytworzenia spójnej wiązki atomów, którą można by skolimować i przesyłać na duże odległości, lub też skupiać na niewielkim obszarze, jak wiązkę lasera optycznego, rozpała wyobraźnię fizyków atomowych. Taki „laser atomowy” mógłby mieć wielki wpływ na takie dziedziny, jak optyka atomowa, litografia atomowa i precyzyjne pomiary.

Kondensat Bosego-Einsteina, będąc próbką spójnej materii atomowej, jest dobrym punktem startowym dla konstrukcji lasera atomowego. Proces kondensowania atomów do stanu podstawowego pułapki magnetycznej jest analogiczny do procesu emisji wymuszonej do pojedynczego modu w laserze optycznym, a pułapkę można uważać za rezonator ze „zwierciadłami magnetycznymi”. Ważną cechą lasera jest sprzężenie z otoczeniem, umożliwiające wydobycie części spójnego pola w kontrolowany sposób. Ostatnio udało nam się w MIT dokonać tego dla gazu Bosego w pułapce.

Ponieważ pułapka magnetyczna może więzić jedynie atomy o momentach magnetycznych antyrównoległych do pola magnetycznego, zmieniliśmy „przepuszczalność” zwierciadeł magnetycznych za pomocą krótkiego impulsu pola o częstotliwości radiowej, który obracał momenty magnetyczne atomów. Uwolnione w ten sposób atomy są przyspieszane w ziemskim polu grawitacyjnym i obserwowane metodą obrazowania absorpcyjnego. Przez zmianę amplitudy pola o częstotliwości radiowej ułamek uwolnionych atomów może być zmieniany od 0 do 100% (patrz *Physics World*, październik 1996, s. 18).

Bardzo ważną cechą lasera jest spójność wysyłanego promieniowania – innymi słowy obecność fali makroskopowej. W opisie teoretycznym spójność jest używana jako własność definiująca kondensację Bosego-Einsteina. Jednak żaden z opisanych dotąd pomiarów nie dostarczył dowodu na istnienie uporządkowania długozasięgowego. Na przykład, choć wyniki pomiarów częstotliwości wzbudzeń kolektywnych są zgodne z rozwiązaniami równania Schrödingera w temperaturze zerowej, to podobne ich wartości zostały przewidziane dla gazu klasycznego w obszarze hydrodynamicznym.

Jedną z metod badania spójności jest poszukiwanie efektów, w których przejawiałyby się faza funkcji falowej kondensatu. W nadprzewodnikach obserwowano tę fazę w zjawisku Josephsona, a dla ciekłego helu jej istnienie zostało wywnioskowane z ruchu skwantowanych wirów. Faza jest obiektem zespolonym, co oznacza, że może zostać wykryta jedynie jako efekt interferencji dwóch różnych funkcji



falowych, analogicznie do interferencji dwóch niezależnych wiązek laserowych. Spójność i własności interferencyjne gazów Bosego w pułapkach skupiały ostatnio duże zainteresowanie teoretyczne. Leżące u podstaw tych efektów problemy teoretyczne są przedmiotem znacznego zainteresowania. Chodzi na przykład o to, czy pojęcie spontanicznego naruszenia symetrii (ważne pojęcie w wielu działach fizyki) stosuje się do układów o małej liczbie atomów, i jaki jest wpływ oddziaływań między cząstkami na fazę kondensatu (problem „dyfuzji fazy”).

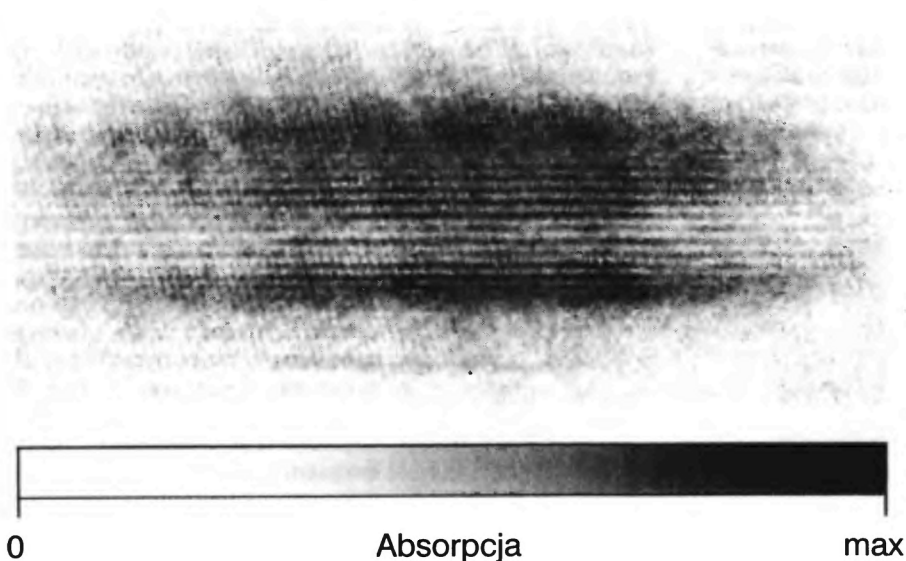
W MIT zaobserwowaliśmy ostatnio wyraźną interferencję dwóch niezależnych kondensatów Bosego, pokazując tym samym, że kondensat rzeczywiście ma dobrze określoną fazę. Skupiając wiązkę światła w pułapce koniczynkowej, co powoduje odpychanie atomów od centrum pułapki, wytworzyliśmy potencjał pułapkujący o dwóch minimach. Chłodzenie przez parowanie doprowadziło w tych warunkach do wytworzenia dwóch oddzielnych kondensatów. Umożliwiono im następnie spadek swobodny w polu grawitacyjnym i ekspansję balistyczną.

Po przebyciu (w pionie) odległości 1 cm, chmury zetknęły się w poziomie i zaobserwowano obraz interferencyjny metodą absorpcji (rys. 6). Okres prążków wynosi  $15\ \mu\text{m}$ , co zgadza się z oszacowaną teoretycznie względną długością fali de Broglie'a nakrywających się chmur. Jeśli wziąć pod uwagę rozdzielczość układu obrazującego, z różnicy natężenia pomiędzy jasnymi i ciemnymi prążkami wynika, że stopień interferencji atomowej wynosił od 50 do 100%. Ekscytującą cechą rysunku 6 jest fakt, że jest to fotografia interferencji wykonana w czasie rzeczywistym. W tradycyjnych doświadczeniach ukazujących falową naturę materii, front falowy pojedynczej cząstki dzieli się, a następnie łączy; aby otrzymać obraz interferencyjny, eksperyment powtarza się wielokrotnie.

Interferencja o dużym kontraście między dwoma impulsami atomów uwolnionych z podwójnego kondensatu za pomocą impulsów pola o częstotliwości radiowej także została zaobserwowana doświadczalnie. Świadczy to o możliwości uzyskania spójnej wiązki atomów z kondensatu Bosego, co jest wstępną, elementarną realizacją lasera atomowego.

## 7. Co dalej?

Kondensacja Bosego-Einsteina nie tylko dostarczyła nam nowej postaci materii kwantowej, ale stanowi także wyjątkowe źródło ultrazimnych atomów. Chłodzenie przez parowanie umożliwia fizykom doświadczalnym uzyskiwanie temperatur rzędu nanokelwinów i przy dalszej optymalizacji powinno być możliwe wytworzenie kondensatów liczących  $10^8$  atomów w ciągu 5–10 sekund. Podobne parametry uzyskuje się w typowej pułapce optycznej, co wskazuje, że kondensacja Bosego może zastąpić pułapkę magnetoptyczną jako standardowe, wydajne źródło



Rys. 6. Obraz interferencyjny dla dwóch nakładających się kondensatów. Zdjęcie zostało wykonane metodą absorpcji i przedstawia surowe dane doświadczalne. Wąskie, proste prążki są to prążki spowodowane interferencją fal materii; mają one okres  $15 \mu\text{m}$ . Znacznie większe modulacje w strukturze chmury są spowodowane ekspansją balistyczną z anharmonicznej podwójnej jamy potencjału.

dło ultrazimnych atomów dla potrzeb precyzyjnych doświadczeń i interferometrii fal atomowych.

W dotychczas przeprowadzonych doświadczeniach badano niektóre z podstawowych własności kondensacji i stwierdzono dobrą zgodność wyników doświadczalnych z przewidywaniami teorii. Obserwacja spójności fazy w kondensacji Bosego-Einsteina jest ważnym krokiem w kierunku fizyki spójnych wiązek atomowych. Wciąż jednak pozostaje wiele podstawowych pytań, na które odpowiedź mogą przynieść dalsze doświadczenia; dotyczy to zwłaszcza dynamiki gazów Bosego, m.in. tworzenia się wirów i nadciekłości.

Kolejnym ważnym kierunkiem jest zbadanie innych układów atomowych. Praca z atomami litu wykonana na Uniwersytecie Rice'a stanowiła pierwszy krok w kierunku zrozumienia własności gazów Bosego o ujemnej długości rozpraszania. Ostatnio w Boulder wytworzono w tej samej pułapce dwa różne typy kondensatu za pomocą „chłodzenia powiązanego” (sympathetic cooling). W tym układzie chmura atomów rubidu w pewnym stanie energetycznym została oziębiona metodą chłodzenia przez parowanie, podczas gdy druga chmura atomów, w innym stanie energetycznym, była jednocześnie chłodzona przez sam kontakt termiczny z pierwszą. Takie chłodzenie jednego rodzaju atomów przez inny po-

zwoli na osiągnięcie ultraniskich temperatur dla atomów, które nie dają się łatwo chłodzić przez parowanie, jak np. atomy fermionowe, dla których przekrój czynny na rozpraszanie sprężyste znika dla niskich temperatur, lub też atomy rzadkich izotopów, które mogą być schwytane w pułapkę tylko w małych ilościach. Fermiony nie kondensują, ale oziębienie ich do temperatur, w których stosują się już statystyki kwantowe, mogłoby dostarczyć wartościowego wglądu w mechanizm powstawania par Coopera i nadprzewodnictwa.

Obszar na styku różnych działów fizyki jest zawsze fascynujący. Tradycyjnie domeną fizyki atomowej były pojedyncze atomy lub oddziaływania pomiędzy niewielką ich liczbą. Wytworzenie kondensacji Bosego-Einsteina w rozrzedzonych gazach atomowych pozwala na badanie fizyki wielu ciał i przejawów statystyki kwantowej z dokładnością możliwą dotąd jedynie w doświadczeniach fizyki atomowej. Wspaniale jest obserwowanie szybkiego postępu poczynionego w badaniach tych nowych gazów kwantowych.

Tłumaczył *Arkadiusz Orłowski*

Instytut Fizyki PAN  
i Szkoła Nauk Ścisłych  
Warszawa

### Lektura dodatkowa

#### *Obserwacje kondensacji Bosego-Einsteina*

M.H. Anderson i in., „Observation of Bose-Einstein condensation in a dilute atomic vapor”, *Science* **269**, 198 (1995).

M.R. Andrews i in., „Observation of interference between two Bose condensates”, *Science* **275**, 637 (1997).

C.C. Bradley i in., „Evidence for Bose-Einstein condensation in an atomic gas with attractive interactions”, *Phys. Rev. Lett.* **75**, 1687 (1995).

K.B. Davis i in., „Bose-Einstein condensation in a gas of sodium atoms”, *Phys. Rev. Lett.* **75**, 3969 (1995).

J.R. Ensher i in., „Bose-Einstein condensation in a dilute gas: measurement of energy and ground-state occupation”, *Phys. Rev. Lett.* **77**, 4984 (1996).

W. Ketterle i in., „Bose-Einstein condensation of ultracold atomic gases”, *Physica Scripta* **T66**, 31-37 (1996).

#### *Teoria*

F. Dalfovo, S. Stringari, „Bosons in anisotropic traps: ground state and vortices”, *Phys. Rev. A* **53**, 2477 (1996).

S. Giorini, L. Pitaevskii, S. Stringari, „Condensate fraction and critical temperature of a trapped interacting Bose gas”, *Phys. Rev. A* **54**, R4633 (1996).

S. Stringari, „Collective excitations of a trapped Bose-condensed gas”, *Phys. Rev. Lett.* **77**, 2350 (1996).

*Nadciężkość*

R. Donnelly, „Rotons: a low-temperature puzzle”, *Physics World*, luty 1997, s. 25.

## RÓŻNE

**Maciej W. Grabski**

*Fundacja na Rzecz Nauki Polskiej*  
*Warszawa*

### Stypendia FNP '97\*

#### Grants for young scientists

Już po raz piąty spotykamy się w Sali Wielkiej Zamku Królewskiego na uroczystości wręczenia krajowych stypendiów Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej. Piąty raz, a to oznacza, że liczba stypendystów Fundacji, łącznie z dzisiejszymi laureatami, przekroczyła już pół tysiąca. Jest to nasz powód do dumy, ale nie jesteśmy jednak bezinteresowni. W przebiegłej chytrości skłaniającej nas do przyznawania stypendiów liczymy bowiem na to, iż ten elitarny batalion naszych stypendystów, poświęcając swe życie pracy badawczej, zechce wziąć również udział w potyczkach rozstrzygających o miejscu i przyszłości nauki w Polsce. A siła to niebagatelna: gdy pierwsi stypendyści Fundacji jako zasłużeni profesorowie będą przechodzili na emeryturę, osiągnie ona już wielkość brygady (o ile Fundacja do tego czasu przetrwa).

Użyłem militarnego odniesienia nie całkiem przypadkowo, gdyż wbrew powszechnemu w naszym środowisku mniemaniu pozycja nauki we współczesnym społeczeństwie i państwie nie jest wcale oczywista, nie pochodzi z nadania czy zapisu w aktach ustawodawczych, ale zostaje w trudzie wywalczona przez samą społeczność naukową na drodze ciągłego przekonywania zarówno podatników jak i zależnych od nich polityków o potrzebie swojego istnienia.

---

\*Przemówienie wygłoszone dnia 23 marca 1997 r. podczas uroczystości wręczenia stypendiów FNP młodym naukowcom (przyp. Red.).

A tu dzieje się źle, gdyż niewiele w tym względzie robimy; wciąż jeszcze więcej słyhać w naszym środowisku lamentu niż widać skutecznego tworzenia faktów.

Używany przez nas samych wyświechtany argument, że nauka jest dźwignią postępu jest, jak wiemy, nie całkiem prawdziwy. Obrócił się on zresztą niespodziewanie przeciw nam wskutek lęku zwykłego człowieka przed rzeczywistymi i wymagowanymi skutkami rozwoju nauki i techniki, mimo że człowiek ten przywykł z nich na co dzień korzystać. Strach rośnie i jest zamieniany na pieniądze; pooglądajmy sobie telewizję, jeżeli potrafimy się na to zdobyć: naukowiec w filmie to na pewno maniakałny szaleniec lub najemnik usiłujący doprowadzić świat do zguby, a w najlepszym wypadku niezaradny i nieco śmieszny niedorajda. Patrząc na tę salę tego dostrzec nie można, a przecież to jest codzienny standard pozostawiający ślady w świadomości, chociaż chętnie mydlimy sobie oczy używaną z badania opinii publicznej informacją o wysokim społecznym uznaniu dla pozycji profesora. To jednak nie my mamy taką wysoką pozycję, to inni mają jeszcze niższą!

Musimy to widzieć i zdawać sobie sprawę, że nasza naukowa domena, wbrew naiwnym nadziejom naszych pradziadków, wcale się nie poszerza. Dziewiętnastowieczna epoka bałwochwalczego niemal kultu nauki minęła bezpowrotnie, rozpuściła się w oparach różnorodnych masowych subkultur. Powiedzmy wprost: tkwimy dzisiaj w sytuacji rosnącego analfabetyzmu strukturalnego oraz obejmującego wszystkie grupy społeczne procesu, który można nazwać ucieczką od rozumu, a który wiąże się z potężniejącym wpływem paranauk i różnych wiedz tajemnych oraz kultem prostactwa, z którego uczyniono filozofię i styl bycia. Na pseudonauce zarabia się znacznie więcej niż na nauce, a na prostactwie znacznie więcej niż na kulturze. Wystarczy popatrzeć na ekran telewizora. A w tle odnotujemy przerażającą bezbronność rozumu wobec baseballowej pałki.

Z intelektualną troską analizujemy ten problem w uczonych rozprawach, a niektórzy w przypiływie bezradnej rozpaczycy wołają nawet o wprowadzenie cenzury zakazującej publikowania paranaukowych czasopism, które ktoś kiedyś nazwał pornografią naukową.

Nie potrafimy jednak dostrzec, że nasza wina jest ogromna, gdyż niewiele uczyniliśmy w sytuacji gdy nauka, dzięki swym wielkim osiągnięciom, stawała się stopniowo coraz mniej zrozumiała dla zwykłego człowieka. To właśnie my pozostawiliśmy tego człowieka samemu sobie, uciekając od edukacji, zamykając się w naszych hermetycznych rozważaniach. Dzięki temu zaczął on szukać azylu w prostych do zrozumienia, bajkowych światach. To nasza wina, że nie potrafimy zaoferować lepszego towaru w sytuacji gdy rynek został zalany towarem podłej jakości. Już Kopernik wiedział, że jeżeli jest się beczynnym, to zawsze zła moneta wyprze monetę dobrą.

Wydawało się nam, że ponieważ z naszych badań wynika, iż mamy rację, to wszyscy muszą tę rację akceptować, dziwimy się więc, że obszar wpływu nauki wcale nie rośnie. Wydawało się nam, że ponieważ jesteśmy mądrzy, że jesteśmy wybrańcami bogów, to należy się nam uwielbienie świata i pieniądze. Przyzwyczailiśmy się bowiem w ciągu wielu lat do życia z łaski pańskiej, za zasługi. Tak było na dworach monarszych, a również i w systemach scentralizowanej władzy. I dlatego trudno przychodzi nam zaakceptować sytuację, że w społeczeństwach demokratycznych jest jednak inaczej, że zasługi mało ważą, a pozycję zdobywa się jedynie poprzez dowodne i nieustanne przekonywanie innych o swojej wartości, o swojej racji. W takim właśnie procesie udowadniania skłoniliście Fundację do przyznania wam stypendiów, tak też będziecie starali się o granty czy kontrakty na badania.

Prawda nauki polega na tym, że nie może ona istnieć w umyśle jednego człowieka, gdyż nabywa wartości dopiero wtedy, gdy dzielimy się nią z innymi, a wartość najprawdziwszą i najszlachetniejszą uzyskuje, gdy staje się częścią powszechnej świadomości. Dlatego nie wolno nam, dla najważniejszego dobra nauki, zamykać się wyłącznie w naszych małych, specjalistycznych światach, musimy bowiem we własnym interesie i wbrew utartym zwyczajom poświęcić część naszych talentów pracy na rzecz czynienia nauki społecznie zrozumiałą; całej nauki, a nie tylko naszego własnego poletka, bo za całą naukę jesteśmy odpowiedzialni. I powinno to zostać zapisane jako równocenny z badaniami i nauczaniem obszar naszej zawodowej powinności.

Na tej sali nie musimy się przekonywać o cywilizacyjnej i edukacyjnej roli nauki, ale pamiętajmy, że nasze przekonanie nie wystarcza dla zapewnienia nauce przyszłości. Do tego niezbędne jest, byśmy sami potrafili skutecznie przekonywać społeczeństwo, a więc wyborcę i podatnika o potrzebie uprawiania nauki. Nikt tego za nas nie zrobi i nikt nie zrobi tego lepiej od nas samych.

I niech to będzie naszym apelem do mądrości dzisiejszych laureatów, którym serdecznie gratuluję sukcesu.

**N. David Mermin**

*Cornell University  
Ithaca, N.Y., USA*

## Dziennik noblowskiego gościa\*

### Diary of a Nobel guest

**Piątek, 6 grudnia.** Przylatujemy do Sztokholmu o 8-ej rano. Wymieniam furę dolarów na korony. Mży deszcz. Zapowiadana limuzyna nie zjawia się. Nasz bagaż wyładowany frakami, ciemnymi garniturami, sukniami wieczorowymi, świeżo kupionymi białymi krawatami, koszulami frakowymi, no i ubraniem na wszelkie rodzaje zimowej pogody. Mikrobus zabiera sześcioro z nas i górę bagażu do Grand Hotelu. Wręczamy kierowcy stertę koron. Nasz pokój jeszcze nie gotowy. Idę do toalety. Na poziomie oczu rozwieszona jest dzisiejsza *Herald Tribune*. Madeleine Albright jest nowym sekretarzem stanu. Pokój już wolny. Ocalając ostatnie korony dają boyowi banknot 5-dolarowy.

Grand Hotel jest „grand” tylko pod niektórymi względami. Łazienka jest wspaniała, ale jest za mało szaf dla dwóch gości noblowskich, żadnej komody, a szuflady biurka są wypchane książkami telefonicznymi. Zakładamy obóz na tydzień wykorzystując przemyślnie całą możliwą przestrzeń. Idziemy na spacer. Zapomnieliśmy przywieźć parasola. Nie szkodzi, Grand Hotel daje nam parasol. Przechodzimy przez most na Gamla Stan – stare miasto. Lśnią kocie łby. W bladym świetle domy są śliczne. Wracamy do Grandu na krótką drzemkę. Okazuje się, że zapomniałem zabrać z domu ważnych tabletek. Grand staje na wysokości zadania. Natychmiast łączy mnie z lekarzem, który mnie uspokaja, stawia właściwe pytania, zagląda do odpowiednich książek i posyła mnie do pobliskiej apteki. Tabletki sprzedają w opakowaniach po sto. Muszę kupić pięć razy tyle, ile mi potrzeba. Do tego dochodzi olbrzymie honorarium lekarza. Płacę kartą Visa.

---

\*Tekst, który ukazał się w Internecie: <http://www.lassp.cornell.edu/Nobel/MerminDiary.htm>, oraz – w skróconej wersji – w *Physics Today*, March 1997, s. 11, został przetłumaczony za zgodą Autora [Translated with permission. Copyright ©1997 by N. David Mermin] (przyp. Red.).



Noc zapada o trzeciej po południu. Obiad jemy w bezpretensjonalnej, małej restauracyjce, gdzie zostawiam resztę swoich koron. Po obiedzie na spacer do bankomatu po następną porcję koron. Z powrotem do Grandu, gdzie spotykam Dave'a Lee i Boba Richardsona, którzy właśnie przyjechali z Göteborga. Przez cały tydzień noszą w klapie cienkie złote szpilki, by reporterzy i łowcy autografów mogli ich odróżnić od gości. Świątowali już przez kilka dni w Göteborgu. Bob ma okropny katar. Obaj są bardzo szczęśliwi i podnieceni. Śpię całe 8 godzin, ale pierwsza noc jest zawsze łatwa.

**Sobota, 7 grudnia.** Bufet śniadaniowy w Grandzie jest fenomenalny. Spotykam wielu starych przyjaciół ze wspaniałych czasów nadciekłego helu 3. Świeci słońce! Wielkie, czarne limuzyny – po jednej dla każdego laureata – zabierają fizyków i chemików na ich wykłady. Goście jadą za nimi w autokarach. Aula jest zadziwiająco mała. Pierwsze rzędy zarezerwowane dla gości noblowskich. Pierwszeństwo ma fizyka (rano) przed chemią (po południu), najpierw mówi najstarszy (Lee), na końcu najmłodszy (Doug Osheroff, wówczas doktorant, dziś 51-letni). Atmosfera (i sala) zaskakująco przypomina konferencje Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego, z tym tylko, że większość uczestników jest tu w garniturach („strój nieformalny”), i że zarówno rzutnik pisma, jak i rzutnik do przezroczy są dziwnie krnąbrne. Wykłady fizyczne wywołują młodzieńcze wspomnienia z wczesnych lat siedemdziesiątych. „Błogością było obudzić się owego ranka”<sup>1</sup>. Lunch jest dobry i obfity. Przed wyjazdem z domu postanowiłem nie martwić się tuszą, choć Święto Dziękczynienia już mi swoje przyłożyło. Wykłady chemiczne są też przyjemne, bo fullereny to właściwie fizyka. A może nadciekły hel to właściwie chemia? Obie tegoroczne nagrody są za coś, co odkryto przypadkowo, poszukując czegoś innego. A to daje okazję do ciekawego wykładu.

Z powrotem do Grandu, już po ciemku. O wykładzie Wisławy Szymborskiej, laureatki z literatury, opowiadają mi ci, którzy nie poszli na chemię. Kto by się spodziewał równoległych sesji? Obiad jemy w małym, skromnym lokalu, uczęszczanym przez miejscowych. Wydają większość odnowionego wczoraj zapasu koron. Nie śpię pół nocy.

**Niedziela, 8 grudnia.** Laureaci zajęci są przez cały dzień przygotowaniem do noblowskiego programu telewizyjnego w CNN i konferencji prasowej. Ich goście mają wolne, nie pada, miasto jest piękne. Muzeum Sztuki zabawne i ma trzy wspaniałe Rembrandty. Padam o drugiej, budzę się z drzemki po ciemku o trzeciej. Autokar zabiera nas na przyjęcie. Wkładam granatowe ubranie, które kupiłem

---

<sup>1</sup> Cytat z poematu Wordswortha *Preludium* (ks. XI, w. 108), który w całości brzmi: „Błogością było obudzić się owego ranka, aliści cieszyć się młodością było rajem!” (przyp. i tłum. Red.).

sobie w zeszłym roku na ślub syna. Jest niebywały łośoś wędzony i inne, nierozpoznawalne, pyszne rzeczy z ryb. Pochłaniam te delicje w niewłaściwej sali, ale spostrzegam swój błąd w porę, by jeszcze złapać powrotny autokar do Grandu. Tam przy obiedzie jest wielkie spotkanie starej paczki od helu 3. Laureaci nie mogą na nim być, bo mają obowiązkowy „nieformalny” obiad (ciemne ubrania) w Szwedzkiej Królewskiej Akademii Nauk. Idziemy do bufetu. Najpierw zimna ryba, potem zimne mięso, potem ryba na gorąco, potem mięso na gorąco. Ryba na zimno jest tak dobra, że wyłamuję się z ustalonego porządku: najpierw ryba na zimno, potem jeszcze ryba na zimno, potem faszerowana. Rachunek jest olbrzymi. Składamy wszystkie nasze korony i ledwo zostaje nam na wykupienie od uśmiechniętego szatniarza naszych płaszczy (po 10 koron od osoby). Napełniam znów portfel w najbliższym bankomacie i do łóżka. Prawie całą noc nie śpię.

**Poniedziałek, 9 grudnia.** Rezygnujemy z wycieczki autokarami po Sztokholmie, by pójść na wykład z ekonomii. Nasz status gości znów zapewnia nam miejsca w pierwszym rzędzie. Słuchamy o teorii licytacji. Są całki i pochodne, zupełnie jak fizyka, tyle tylko, że z fizyki coś wynika. Amerykańscy laureaci mają lunch u ambasadora. Biedacy! Goście już się nauczyli nie jadać lunchu między bufetowym śniadaniem a późnopołudniowym przyjęciem. Dzisiejsze zaćmiewa wczorajsze: apoteoza „nieformalnego” stroju. Na szczęście jestem teraz w czarnym garniturze, który dobrze pasuje do tła. Dwa olbrzymie pokoje po bokach środkowego, gigantycznego. Nie można się oprzeć ani potrawom, ani trunkom. Ulegam ziemskim pokusom, aż nadchodzi pora wyruszyć na obiad we wspaniałej barokowej sali Klubu Szwedzkich Absolwentów Uniwersytetu Cornella. Laureatom też pozwolono przyjść. Pojemność ich żołądków jest jeszcze bardziej fantastyczna niż naszych, ale oni przecież pracują ciężiej. Śpię całą noc.

**Wtorek, 10 grudnia.** Wielki dzień. Panie były rano u fryzjera i teraz już nie wychodzą z pokoi. Laureaci jadą na obowiązkową próbę (stroje dowolne). Idę na rekonesans do Ratusza – długi spacer wzdłuż nadbrzeża. Pełno furgonetek i tajemniczych stosów drewna. Dziwne, poskręcane rzeźby nad wodą. Z powrotem do Grandu, wstępując po drodze do Café Access, którą odkryłem przed wyjazdem z Ithaki, podróżując za pomocą Internetu po Sztokholmie. To jedyne tanie miejsce w Szwecji: 20 koron za pół godziny Internetu (smażona kiełbaska u ulicznego sprzedawcy kosztuje 25 koron). Operator jest równocześnie kelnerem. Z początku traktuje mnie szorstko, ale staje się serdeczny, gdy dowiaduje się, że łączy noblowskiego gościa. Posyłam e-mailem pozdrowienia dzieciom i opis dotychczasowych wydarzeń do kolegów z Wydziału Fizyki.

Znowu w Grandzie. Ubieram się w obowiązkowy frak. Cała delegacja Cornella – nawet laureaci, którzy mają nieoczekiwaną, nie objętą programem, wolną chwilę – spotyka się z fotografami w wielkim hallu na I piętrze przy windach.

Błyskają flesze. Potem wyruszamy do Filharmonii, laureaci w swoich limuzynach, goście w „nobelbusach” (stare autobusy z nowymi napisami). Policja powstrzymuje tłumy, my wchodzimy po majestatycznych schodach. Tłumy czekają na swoją Królową i nie są nami zainteresowane. W środku wspinamy się po następnych schodach i oddajemy płaszcze w gigantycznej szatni. Upřednie ostrzeżenia na temat urządzeń sanitarnych okazały się łgarstwem. Jako goście najstarszego laureata w najważniejszej dziedzinie dostajemy miejsca w pierwszym rzędzie środkowego balkonu. Widok jest wspaniały. Nie wiedziałem dotychczas, co to jest błysk brylantów. Najbogatsze przedstawienie *Zemsty nietoperza* blednie przy tym widoku. Sala koncertowa skrzy się. W pierwszym rzędzie parteru dostrzegamy rodziny laureatów. Członków Akademii Szwedzkiej posadzono na scenie. Wielka orkiestra i śpiewacy są już gotowi. Przód sceny z lewej: dziewięć pustych jasnoczerwonych foteli; przód sceny z prawej: trzy puste ciemne fotele. Podziwiam audytorium. Wszędzie klejnoty i ordery. Sprawdzam kwiaty bogato zdobiące brzeg balkonu. Oczywiście prawdziwe. Czy to sen?

Punkt o czwartej odzywają się fanfary i przy dźwiękach nieznanego marsza Mozarta wchodzi laureaci. Są ustawieni według dziedzin, a w obrębie dziedziny według wieku, więc na czele delegacja Cornella. Nieoczekiwanie płaczą z radości. To zupełnie jak ślub. Laureaci zajmują miejsca. Odzywa się królewska fanfara. Wszyscy wstają. Wchodzi Król, Królowa i Królewska Ciotka. Król siada naprzeciwko laureatów, o ułamek sekundy wcześniej niż Królowa. Po nich Królewska Ciotka i wszyscy inni. Setna rocznica śmierci Nobla jest okazją do długiego odczytu biograficznego. Po raz pierwszy w czasie tych uroczystości słyhać szwedzki, dostaliśmy jednak broszurki z tekstem angielskim. Dowiaduję się, że Nobel wymyślił słowo „dynamit”, a nie tylko sam materiał. „Dynamit” doskonale opisuje obecną scenę.

Orkiestra gra uwerturę z jakiejś szwedzkiej opery, fińska sopranistka śpiewa arię i recytatyw z *Idomeneo*, orkiestra kończy krótkim utworem Mendelssohna. Zaczyna się rozdawanie nagród, pierwsza oczywiście fizyka. W dalszym ciągu po szwedzku, ale dostaliśmy angielskie tłumaczenia libretta. Z dumą rozpoznaję zdanie z mego własnego, dawnego listu nominacyjnego. Tekst libretta ma puste miejsca tam, gdzie powinna być litera „v” (kursywą): w fizyce i chemii mamy więc „*disco eries*”, a poemat Szymborskiej zatytułowany jest „*Disco ery*”. To jedyna dostrzegalna niedoskonałość całego przedstawienia, chyba naumyślnie wprowadzona, żeby bogowie nie byli zazdrośni.

Laureaci są pojedynczo wywoływani do wykonania z Królem skomplikowanych manewrów rękami. Adiutant podaje Królowi wielki dyplom, na którym spoczywa pudełko z medalem. Król lewą ręką podaje to laureatowi, a ten chwytając również lewą ręką drugi koniec dyplomu. Choć już połączeni w ten pośredni spo-



„Siedmiu wspaniałych” z Cornella, czyli (od lewej) profesorowie: Bob Richardson, Jeevak Parpia, Dave Lee, John Reppy, David Mermin, Neil Ashcroft i Vinay Ambegaokar podczas uroczystości noblowskich, grudzień 1996 r.

sób, wymieniają uścisk prawych rąk. Król puszcza dyplom i laureat trzyma go odtąd sam. Medal, chociaż najwyraźniej nie przymocowany, nie spada. Znowu fanfary, laureat kłania się Królowi, członkom Akademii i publiczności. Wszyscy klaszczą, podczas gdy laureat w normalny sposób (nie musi iść tyłem) wraca na swój czerwony fotel.

Po fizyce i chemii jest Sibelius, potem medycyna, Grieg, następnie literatura. Szyborska kłania się w złą stronę i zyskuje długą owację. Potem z góry balkonu uwodzicielski śpiew Don Giovanniego, któremu towarzyszy Leporello na prawdziwej mandolinie. Po wyjątkowo ognistym „dopóki starczy wina”, Don Giovanni nie roztrzaskuje kielicha na siedzących niżej dostojnikach i rozdawanie dyplomów kończy ekonomia. Williama Vickreya, który zmarł w kilka dni po ogłoszeniu Nagrody, reprezentuje jego stary przyjaciel. Hymn narodowy, wszyscy wstają, Król, Królowa i Królewska Ciotka opuszczają scenę. Publiczność niechętnie zdąża do szatni. Na scenę wpadają fotografowie, wszyscy chcą Szyborskiej. Rodziny laureatów też wchodzi na scenę. Wszyscy ściskają wszystkim ręce. Przypomina to rytuał kończący debaty przed ostatnimi amerykańskimi wyborami prezydenckimi.

Odbieramy płaszcze i schodzimy ogromnymi schodami na ulicę, obok podziwiającego nas tłumy mieszkańców Sztokholmu, do długiego szeregu czerwonych miejskich autobusów, które na tę okazję stały się nobelbusami. Każdy nobelbus zapełnia się do granic wytrzymałości. Studenci grzecznie ustępują miejsc paniom. Patrząc wokoło na trzymających się uchwytów, wyfraczonych współtowarzyszy. Czy kiedykolwiek był dziwniejszy widok wśród arktycznej nocy? Jedziemy do Ratusza, który od rana zamienił się w zaczarowany pałac. Stosy kłód, które widziałem rano, to teraz wielkie ogniska, dziwnie poskręcane rzeźby nad wodą też teraz płoną. Przechodzimy przez podwórzec do wielkich schodów w przeciwnym rogu pomiędzy szpalerem harcerzy trzymających palące się świece. Uśmiecham się do harcerzy, krzywię się do nich, pozdrawiam – nawet na mnie nie spojrzą. Tu nie ma żartów. Korytarz ognia kończy się, wchodzimy do olbrzymiego hallu – największej ze wszystkich szatni. Oddajemy płaszcze i jak motyle z poczwarek wyłaniamy się w pełnej gali.

Jak posadzić do obiadu 1300 gości? Zupełnie proste. Dajesz każdemu z nich 71-stronicową książeczkę, w której jest wymienione oznaczenie stołu (A – stół główny na 88 osób i stoły od numeru 1 do 65 na 10, 20 lub 30 osób) i numer miejsca, które gość ma zająć. Lista gości jest alfabetyczna, z wyjątkiem Króla, Królowej i Królewskiej Ciotki (w tym porządku), umieszczonych na pierwszej stronie. Do książki dołączasz wielki, składany plan sali bankietowej, z wyrysowanym każdym stołem i każdym miejscem przy nim. Dodajesz do tego jeszcze powiększony plan każdego stołu oddzielnie, z zaznaczonymi nazwiskami i miejscami. Każdy może więc sprawdzić dane zamieszczone w spisie alfabetycznym, a także poznać nazwiska sąsiadów.

Wszyscy z zadziwiającą łatwością docierają na swoje miejsca. Orkiestra zaczyna marsz triumfalny, goście wstają i gdzieś w odległym kącie pojawiają się na balkonie najbardziej dostojni goście, powoli przechodzą wzdłuż bocznej ściany i schodzą monumentalnymi schodami, by zająć miejsca przy głównym stole (A), który rozciąga się na całą prawie długość sali. Muzyka się kończy, Król siada, my także. Pani z mojej lewej strony pyta: „Nie będzie Panu przeszkadzało, że zapalę?”. Zdaję sobie natychmiast sprawę, że będzie mnie bolało gardło, ale uśmiecham się szarmancko i mówię: „Nie, oczywiście nie”. I przez resztę wieczoru dama pali papierosa za papierosem.

Przewodniczący Rady Fundacji Nobla wznosi toast za Króla. Jeśli dobrze rozumiem po szwedzku, to pełny tekst brzmi: „Za Króla!” Jego Królewska Mość odpowiada toastem: „Alfred Nobel!” Na ten sygnał zaczyna się dziki zgiełk. Pomimo imponującego szeregu szkieł i sztuców przy każdym nakryciu, obiad składa się tylko z trzech nadzwyczajnych dań. Każde poprzedza pochód (rodem z musicalu) 150 kelnerów kroczących tą samą wyniosłą trasą, co przedtem goście stołu A

i rozchodzących się po całej sali. Manewr wykonywany jest z wojskową precyzją i dowodzony przez głównego kelnera, który stoi u szczytu schodów. Efekt jest niesamowity. W całej olbrzymiej sali stuk łyżek o półmiski przy nakładaniu potraw wybuchu równocześnie i równie nagle się kończy. Szokujący efekt przy nakładaniu pierwszego dania bierze się z widoku tak wielu półmisek balansujących tak wysoko podczas spływania z tak wielkich schodów spod odległego sklepienia. Dramaturgia drugiego dania jest jeszcze większa dzięki fanfaram z flagami i jeszcze bardziej musicalowej scenografii.

Ceremonia podawania deseru (*glace Nobel*) jest szczególnie oszałamiająca. Nie wiadomo skąd spływają dwa wielkie baldachy, tworząc nowy sufit pod sklepieniem sali. Schody znikają w sięgającej pasa białej chmurze, spływającej z góry. Pojawiają się dwaj panowie w tureckich strojach, prowadzący wielkie i dumne psy, za nimi śpiewacy, śpiewają po kolei cudowne solo, potem przyprowadzają o ciarki duet, a potem oszałamiający kwartet. Słysząc Saint-Saënsa, Bizeta, Gounoda i Offenbacha, gdy zaś oczy i uszy już prawie nie mogą znieść całego tego piękna, a soprany podjechały już na ławie do połowy wysokości między podłogą i sklepieniem, odważnie śpiewając ze swej niebezpiecznej grzędę, u góry schodów pojawiają się – słonie, powiecie? (rzeczywiście, jeśli ceremonia w Filharmonii przywodziła na myśl *Zemstę nietoperza*, to bankiet jest raczej *Aidą*). Nie, to 150 kelnerów schodzi po dymiących nadal schodach niosąc biesiadnikom płonące tace lodów. Kelnerzy schodzą, śpiewacy wchodzą, łyżki dźwięczą, talerze stukają, a do ucha szepcze mi kobiecy głos: „Czy chciałby Pan dostać wszystko, co zostało na mojej tacy?” „Tak”, dyszę z wdzięcznością i koję bolące gardło potrójną porcją *panaché de sorbet aux mûres sauvages des champs et de parfait à la vanille*, a moja sąsiadka zapala następnego papierosa.

Krótkie, poobiednie, „dwuminutowe” przemówienia najstarszych w każdej dziedzinie laureatów stanowią nieunikniony kontrast z poprzednim nastrojem. Tylko Szymborska mieści się w wyznaczonym czasie. Rozmyślałam o wąskiej granicy dzielącej wspaniałość od złego gustu. To, co działo się przed chwilą, było naprawdę wspaniałe i wątpliwe, czy gdziekolwiek poza monarchią mogłoby się udać.

Król wstaje, my wszyscy też, i razem ze swoim otoczeniem wstępuje na schody i wychodzi. Potem wszyscy idziemy na tańce w wielkiej sali na piętrze, wyłożonej złotą mozaiką. Jest tam też bar (płatny!). Laureaci nadal ciężko pracują – na zapleczu udzielają wywiadów telewizji. Kłębimy się w tłumie. Ogarnia mnie zmęczenie i o 11-ej wracam autobusem do Grandu, opierając się pokusie uczestniczenia w studenckim przyjęciu „Noblowska szklaneczka do poduszki”. Zrzucam uroczysty strój, staję się znów Kopciuszkim i przez całą noc nie mogę zasnąć wśród wspomnień wspaniałości i paskudnego kaszlu.

**Środa, 11 grudnia.** Staczam się na śniadanie i w moje biedne gardło wlewam miseczki gorących płatków owsianych i miodu. Laureaci są z nami, weseli i gadatliwi. Wszyscy byli na przyjęciu studenckim, jakżeż by, biedacy, mogli tam nie pójść. Mniej wytrzymali wrócili o 3-ej, najdzielniejsi zostali do 5-ej. Pomyśleliśmy, że gdyby biedny profesor Vickrey nie umarł kilka dni po ogłoszeniu nagród, to ceremonia ich rozdania z pewnością by go wykończyła. Co ma być, to będzie. Przywrócony do życia owsianką nie mogę oprzeć się, by do herbaty nie zjeść trochę pasztetu, sera, śledzi i rogalika.

Kończę śniadanie w porę, by złapać autokar na telewizyjną konferencję noblowską do budynku Starego Parlamentu. Sprawdziłem przedtem na planie, że mamy do przebycia mniej niż 300 metrów, ale nie wiadomo, którymi drzwiami mamy wejść, więc decyduję się na jazdę autokarem, podobnie jak inni goście. Okazuje się, że kierowca też nie wie, które drzwi są właściwe, ale jakoś w końcu dostajemy się do środka. Tam znowu ogromny bufetowy lunch. Przysłowie mówi „odżywiaj przeziębienie, ale głódź gorączkę”, więc bardzo ostrożnie nakładam sobie na talerz – kawałek tego, trochę owego. Tego i owego jest w tylu odmianach, że zapełniają mi talerz. Śledź jest miękki jak masło. Odrzucam propozycje kelnera roznoszącego wino i piję tylko wodę mineralną. „Stacja końcowa: niestrawność”, szepcze mój sąsiad.

Cała konferencja telewizyjna CNN jest pokazem bałaganu. Maniakalnie uśmiechnięty dziennikarz, który nie potrafi zatrzymać się przy jednym temacie dłużej niż przez dwa zdania, i sześciu pełnych animuszu laureatów, w telewizyjnej charakteryzacji, starających się mówić rozsądnie. Bóg jeden wie, jak mimo całego niespójnego układu i wariackiej oprawy przedstawienia (wielkie umysły XX wieku zwracają się do wielkich umysłów XXI wieku) potrafią to robić. Gdy to się kończy, uciekam do Café Access i wysyłam e-mailem krótkie sprawozdanie z ostatnich 24 godzin. Zapożyczając styl od reporterów CNN kończę: „Z Café Access w Sztokholmie (pauza) David Mermin”. Zaczynam mieć omamy. Z powrotem do Grandu. Spotykam laureatów we frakach, niezniszczalnych, uśmiechniętych i w świetnej formie. Wybierają się właśnie do pałacu na prywatny obiad u Króla. My toczyliśmy się na nasz własny obiad, a potem w swoim pokoju oglądam konferencję noblowską w telewizji. Na ekranie wygląda całkiem gładko i dowcipnie. Zadziwiająca. Już nas przyzwyczajono przyjmować śmiecie pokazywane w pudełku jako coś głębokiego. Kaszlę i kicham, nie śpię całą noc. Złapałem prawdziwe noblowskie przeziębienie.

**Czwartek, 12 grudnia.** Po śniadaniu przynoszą do Grandu fotografie z bankietu – 25 ponumerowanych albumów. Przy wybranych zdjęciach wpisuje się swoje nazwisko, a Fundacja Nobla przyśle odbitki i rachunek. Uświadamiam sobie, że już nigdzie dziś nie pójde. Z powrotem do łóżka. Śpię (tak, śpię!) od

południa do drugiej. Budzę się odświeżony. Długi spacer, muzeum, długi spacer z powrotem, obiad i do łóżka. Oczywiście cała noc bezsenna. Nie powinienem był robić drzemki w dzień.

**Piątek, 13 grudnia.** Dzień świętej Łucji. Schodząc na śniadanie mijamy wchodzącą po schodach procesję ubranych na biało dziewczy, niosących świece. Idąca na czele ma koronę z pięcioma świecami (kwadrat ze świecami na rogach i jedną w środku). Towarzyszący im przedstawiciel Fundacji Nobla wyjaśnia, że złożą wizyty wszystkim laureatom, którzy dostali wolne w czwartek wieczorem, zapewne po to, by mogli odpocząć przed piątkiem, natomiast inni goście, gdyby mieli ochotę na taką wizytę, powinni byli poprzedniego dnia to zgłosić (w recepcji? pokojówce? administracji?). Nikt nas o tym nie uprzedzał, ale trudno. Procesja ma za 15 minut zjawić się przy naszym śniadaniu. Szybko napełniam przy bufecie talerz, pędzę do pokoju po aparat fotograficzny, zbiegam do jadalni i właśnie gdy siadam za stołem, przedstawienie się zaczyna. Światła przyciemniają się. Odległe głosy intonują znaną pieśń neapolitańską, ale w zwolnionym tempie. Wchodzi pięćświecowa dziewczoja i wiedzie swój orszak prosto do naszego stołu. Zaczyna się przy blasku świec 5-minutowa serenada *a cappella* pieśni renesansowych i kołęd. Potem reprzyza „Santa Lucii”, w trakcie której pięćświecowa dziewczoja odwraca się powoli i wyprowadza swoją ekipę. Gdy cichnie ostatnia „Santa Lucia” (wymawiana „Lusija”), zapalają się znów światła. Pożeram owsiankę z miodem (na bolące gardło), potem śledzia (bo jest), *prosciutto* (jak wyżej), owoce, ciastka. Kończę w porę, żeby złapać autobus do Uppsali.

Temperatura dobrze poniżej zera. Zaczyna padać śnieg. Po drodze widzimy samochody w rowie, w tym dwie taksówki; pewnie wiozły pasażerów na lotnisko. Jutro przyjdzie na nas kolej zrobić taką próbę. Odmawiam udziału w wycieczce po Uppsali na korzyść ciepłego audytorium, w którym laureaci przedstawią skrócone wersje wykładów noblowskich. Na przyjęciu po wykładach, znowu we wspianiałej sali, Richardson namawia mnie, by leczyć zapalenie gardła mocnym trunkiem. Jemu pomogło. Na wystawnym lunchu w wielkiej sali pałacu królewskiego płynie morze piwa i wina, ale widocznie niedostatecznie mocnych, bo mój ból gardła coraz gorszy. Drzemię w drodze powrotnej do Sztokholmu. Coraz zimniej i zimniej.

W Grandzie niewielka już grupa pozostałych gości, niecała jedna trzecia autokaru, w uroczystych strojach wieczorowych wybiera się na „obiad św. Łucji”, wydawany przez Związek Studentów Uniwersytetu Sztokholmskiego. Mogę tylko skrzeczeć, co nawet okazuje się właściwe, bo głównym punktem programu jest nadawanie Orderu Zawsze Uśmiechniętej i Skaczącej Zielonej Żabki. Na bankiecie zamieszanie i ekstrawagancja wtorkowa w zmniejszonej skali, lecz ciągle jeszcze dostatecznie duża, by wymagała map i przewodników, których jakoś nikt nie dostarczył gościom. Wreszcie ktoś przynosi listę i znajdujemy swoje krzesła.



Posiłek jest przerywany nie kończącą się serią toastów, po każdym pieśń wykonywana przez mistrza ceremonii, gospodarzy i tych z biesiadników, którzy mogą podążyć za szwedzkim librettem. Gardło boli, więc pamiętając o radzie Richardsona piję podwójnego sznapsa przy pierwszych trzech toastach. Błogosławiony efekt jeśli chodzi o gardło, ale wzrasta chęć przyłączenia się do śpiewów, którym teraz towarzyszy łączenie się ramion i rytmiczne kołysanie. Wino i piwo znów łagodzą ból. W wybuchach iskier pojawiają się lody, światło gaśnie i z wysokości schodów spływają odległe, łagodne i powolne dźwięki „Santa Lucii”, a z nimi pięćoświecowa dziewoja (teraz inna niż rano) i jej na biało ubrane towarzyszki. Znana już litania słodkich i nieco smutnych pieśni zmienia się nagle w strzelanie palcami, biało ubrane biodra kręcą się w gorącej cza-czy, która równie nagle przechodzi w ostatnie tony „Santa Lucii”, gdy orszak powoli wznosi się po schodach.

Dalej znowu toasty. Fale kołysania są już nie tylko podłużne, ale i poprzeczne. Jeśli wtorkowe przyjęcie kojarzyło się z *Aidą*, to dzisiejsze kojarzy się z *Faustem*. Mistrz ceremonii anonsuje, że nasz autokar przyjedzie nie o północy, jak było ustalone, ale dopiero o 1-szej. Ważna zmiana, bo między północą a pierwszą następuje kulminacyjny punkt wieczoru: nadawanie laureatom Orderu Zawsze Uśmiechniętej i Skaczącej Zielonej Żabki. Szaleństwa tej sceny nie da się opisać, szczegóły giną we mgle. W każdym razie sześciu laureatów z fizyki i chemii ustawiono w szereg i zmuszono do podsłakiwania w przysiadzie i wydawania przy tym odpowiednich okrzyków. Właściwe zakończenie tego nieprześcigłego tygodnia.

**Sobota, 14 grudnia.** W trzaskający mróz wychodzimy o 1-szej z budynku. Nie ma autokaru. Mistrz ceremonii nas oszukał. Nie ma taksówek. Próbujemy zabrać się do sześciu czarnych limuzyn, które przyjechały po laureatów, ale wszystkie są pełne. Wypatrujemy, ale nic nie jedzie. Pojawia się przedstawicielka Fundacji Nobla, wyciąga z kieszeni magiczny telefon komórkowy i po chwili podjeżdża pozarozkładowy autobus miejski i zabiera nas do Grandu, bezpłatnie. Idę do łóżka o 3-iej. Śpię jak kłoda! Śni mi się, że jestem Królem. Wstaję o 7-iej, ból gardła ustąpił! Jedziemy mikrobusem na lotnisko. Chrypię do urzędniczki SAS-u, że nie chcę siedzieć dwa rzędy od przedziału dla palących. „Przykro mi”, mówi, „samolot jest pełny, ale proszę chwilę poczekać”. Pakują nas do klasy business. Lot do domu wśród salw otwieranych butelek szampana, łososi, śledzi. W domu ważę się. Trzy funty mniej niż przed wyjazdem! Jeszcze jeden cud noblowski.

Tłumaczyła Barbara Wojtowicz

**Józef Werle**

*Institut Fizyki Teoretycznej  
Uniwersytet Warszawski  
Warszawa*

## **Zgromadzenie Ogólne IUPAP 1996**

### **IUPAP 22nd General Assembly**

W dniach od 18 do 21 września 1996 r. odbyło się w Uppsali Zgromadzenie Ogólne (ZO) IUPAP-u, czyli Międzynarodowej Unii Fizyki Czystej i Stosowanej. Poprzedzone ono było posiedzeniami Rady Wykonawczej (RW) IUPAP-u. Dwa popołudnia w czasie trwania ZO były przeznaczone na Sesje Akademickie. Z Polski uczestniczyły w tych pracach dwie osoby: prof. R. Sosnowski jako przewodniczący Polskiego Komitetu Narodowego ds. IUPAP-u, oraz niżej podpisany jako kończący już drugą kadencję wiceprezes IUPAP-u i tym samym członek RW.

Poprzedzające właściwe ZO posiedzenia RW (16 i 17 września) poświęcone były przygotowaniom jego obrad, a więc przygotowaniom różnych wniosków, sprawozdań, budżetu itp. W szczególności RW przygotowała: listy zgłoszonych i popieranych przez RW kandydatów do władz Unii oraz do Międzynarodowych Komisji Naukowych; wnioski o skreślenie członków zalegających długo z płaceniem swych udziałów i o przyjęcie nowych członków; wnioski o utworzenie nowych Komisji Naukowych; aprobaty sprawozdań powołanych na poprzednim ZO komisji roboczych; przyjęcia zasad typowania sponsorowanych przez IUPAP międzynarodowych konferencji, itp. Dużo uwagi poświęcono trudnym problemom reorganizacji władz Unii w celu zwiększenia współdziałania z Komisjami Naukowymi, które dotychczas było niezadowalające.

Zgromadzenie Ogólne dokonało wyboru nowych władz Unii. Nowym prezesem na kadencję 1996–99 został wybrany dotychczasowy prezes desygnowany, prof. Jan Nilsson ze Szwecji. Prezesem desygnowanym na następną kadencję 1999–2002 został B. Richter z USA. Poprzedni prezes, prof. Y. Yamaguchi wszedł automatycznie do zarządu. Dzięki temu władze Unii zachować mają ciągłość doświadczenia i znajomości problemów. Sekretarzem generalnym został wybrany

prof. R. Turlay z Francji, a drugim sekretarzem ponownie R.C. Barber z Kanady. W celu zacieśnienia współpracy RW z Komisjami Naukowymi, ZO postanowiło dokonać powołania pełnego składu RW dopiero wiosną 1997 r. na specjalnym spotkaniu nowych przewodniczących Komisji z wybraną już na ZO częścią RW.

Jeśli chodzi o wkład Polaków, to muszę z przykrością stwierdzić, że nie ma żadnego Polaka w nowo wybranej RW ani we władzach Komisji. Pięć osób z Polski zostało wybranych na zwykłych członków Komisji Naukowych (M. Giller, A.S. Śliwiński, J. Blinowski, K. Parliński, M. Bubak). Niestety, Polska nie zgłosiła tym razem żadnej propozycji organizacji międzynarodowej konferencji, podczas gdy małe kraje sąsiednie (Czechy, Węgry) zgłosiły po kilka. Zgromadzenie Ogólne zaaprobowало utworzenie nowej (20-tej) Komisji Fizyki Komputerowej, odrzuciło wnioski utworzenia Komisji Fizyki Mineralów, oraz przedłużyło mandat grupy roboczej mającej zbadać celowość utworzenia komisji, która zajęłaby się problemem dostosowania społeczności fizyków do zmian zachodzących w systemie komunikowania się między naukowcami, związanych z komputeryzacją oraz powstaniem i rozrostem różnych „sieci”, tudzież komunikacji i publikacji elektronicznych itp.

Zgromadzenie Ogólne zaaprobowало wnioski RW dotyczące skreśleń i przyjęcia nowych członków oraz zmiany wysokości udziałów członkowskich. Postanowiono utrzymać przez następne trzy lata wysokość jednostki udziału w IUPAP-ie. Niestety, podjęte w przeszłości próby zwiększenia budżetu Unii nie przyniosły rezultatów. Ubolewano również nad małą znajomością prac Unii przez „szeregowych” fizyków, nie tylko nauczycieli, lecz także naukowców. Stwierdzono, że dużo lepsza sytuacja panuje w regionalnych towarzystwach fizycznych (np. w EPS, APS itp.), do których należą nie tylko krajowe towarzystwa fizyczne, lecz także liczni, płacący składki członkowie indywidualni. Natomiast do IUPAP-u należą tylko kraje reprezentowane z upoważnienia odnośnych rządów przez Akademie Nauk bądź inne krajowe stowarzyszenia naukowe. Rządy nie mają często zrozumienia dla działalności międzynarodowych organizacji naukowych i niechętnie dają na to pieniądze. Unia nie ma członków indywidualnych i z braku pieniędzy nie prowadzi też trafiającej do szerokiego ogółu fizyków działalności publikacyjnej. Jedyną szerszą formą działalności jest sponsorowanie kilkudziesięciu międzynarodowych konferencji naukowych rocznie. Przyznawane przez Unię organizatorom konferencji pieniądze są jednak raczej skromne (maksymalnie 20 tys. franków szwajc. na największe konferencje; na mniejsze dużo mniej lub w ogóle nic). Często ważniejszą rolę gra uznanie przez Unię naukowego poziomu konferencji, co nieraz ułatwia starania organizatorów o inne źródła pieniędzy oraz o ułatwienia organizacyjne, wizowe itp. Ciągle jednak nie rozumiem, dlaczego nasza Unia nie wprowadziła, wzorem niektórych innych Unii, instytucji członków indywidualnych.

prof. R. Turlay z Francji, a drugim sekretarzem ponownie R.C. Barber z Kanady. W celu zacieśnienia współpracy RW z Komisjami Naukowymi, ZO postanowiło dokonać powołania pełnego składu RW dopiero wiosną 1997 r. na specjalnym spotkaniu nowych przewodniczących Komisji z wybraną już na ZO częścią RW.

Jeśli chodzi o wkład Polaków, to muszę z przykrością stwierdzić, że nie ma żadnego Polaka w nowo wybranej RW ani we władzach Komisji. Pięć osób z Polski zostało wybranych na zwykłych członków Komisji Naukowych (M. Giller, A.S. Śliwiński, J. Blinowski, K. Parliński, M. Bubak). Niestety, Polska nie zgłosiła tym razem żadnej propozycji organizacji międzynarodowej konferencji, podczas gdy małe kraje sąsiednie (Czechy, Węgry) zgłosiły po kilka. Zgromadzenie Ogólne zaaprobowало utworzenie nowej (20-tej) Komisji Fizyki Komputerowej, odrzuciło wnioski utworzenia Komisji Fizyki Mineralów, oraz przedłużyło mandat grupy roboczej mającej zbadać celowość utworzenia komisji, która zajęłaby się problemem dostosowania społeczności fizyków do zmian zachodzących w systemie komunikowania się między naukowcami, związanych z komputeryzacją oraz powstaniem i rozrostem różnych „sieci”, tudzież komunikacji i publikacji elektronicznych itp.

Zgromadzenie Ogólne zaaprobowало wnioski RW dotyczące skreśleń i przyjęcia nowych członków oraz zmiany wysokości udziałów członkowskich. Postanowiono utrzymać przez następne trzy lata wysokość jednostki udziału w IUPAP-ie. Niestety, podjęte w przeszłości próby zwiększenia budżetu Unii nie przyniosły rezultatów. Ubolewano również nad małą znajomością prac Unii przez „szeregowych” fizyków, nie tylko nauczycieli, lecz także naukowców. Stwierdzono, że dużo lepsza sytuacja panuje w regionalnych towarzystwach fizycznych (np. w EPS, APS itp.), do których należą nie tylko krajowe towarzystwa fizyczne, lecz także liczni, płacący składki członkowie indywidualni. Natomiast do IUPAP-u należą tylko kraje reprezentowane z upoważnienia odnośnych rządów przez Akademie Nauk bądź inne krajowe stowarzyszenia naukowe. Rządy nie mają często zrozumienia dla działalności międzynarodowych organizacji naukowych i niechętnie dają na to pieniądze. Unia nie ma członków indywidualnych i z braku pieniędzy nie prowadzi też trafiającej do szerokiego ogółu fizyków działalności publikacyjnej. Jedyną szerszą formą działalności jest sponsorowanie kilkudziesięciu międzynarodowych konferencji naukowych rocznie. Przyznawane przez Unię organizatorom konferencji pieniądze są jednak raczej skromne (maksymalnie 20 tys. franków szwajc. na największe konferencje; na mniejsze dużo mniej lub w ogóle nic). Często ważniejszą rolę gra uznanie przez Unię naukowego poziomu konferencji, co nieraz ułatwia starania organizatorów o inne źródła pieniędzy oraz o ułatwienia organizacyjne, wizowe itp. Ciągle jednak nie rozumiem, dlaczego nasza Unia nie wprowadziła, wzorem niektórych innych Unii, instytucji członków indywidualnych.

Z drugiej strony usiłowania IUPAP-u, by stać się efektywną, nadrzędną organizacją, wiążącą w skali globalnej wszystkie regionalne towarzystwa fizyczne w jedną całość, nie przyniosły na razie wyników. Początkowa aprobata towarzystw regionalnych przeszła w brak zainteresowania, co w Uppsali wyraziło się w szczątkowej obecności zaproszonych na ZO przedstawicieli regionalnych towarzystw fizyki. Wobec zakończenia „zimnej wojny” i innych źródeł dyskryminacji pewnych krajów, praktycznie zanikło ważne dawniej zadanie Unii, polegające na zapewnieniu swobody naukowych podróży fizyków. Powstaje więc problem wyznaczenia nowej roli Unii we współczesnym świecie. Jedną z takich ważnych ról staje się od szeregu lat pomoc dla fizyków z biednych krajów. Niestety – wobec małego budżetu Unii – pomoc ta jest ciągle kroplą w morzu potrzeb. Niemniej jednak na większe, sponsorowane przez Unię konferencje może zwykle przyjechać po paru fizyków z Trzeciego Świata dzięki przyznanym na ten cel wyodrębnionym funduszom. Część konferencji odbywa się w tych krajach.

Innym wyłaniającym się bardzo ważnym zagadnieniem, wymagającym daleko idącej międzynarodowej koordynacji, są wielkie urzędnia badawcze, których budowa i pełne wykorzystanie przekraczają nieraz możliwości finansowe i kadrowe pojedynczych, nawet bogatych krajów. Zbadanie możliwości, celowości i sposobu realizacji tak wielkich przedsięwzięć wymaga współpracy globalnej. IUPAP jest jedyną międzynarodową organizacją fizyków o globalnej skali, która stosunkowo łatwo mogłaby powoływać kompetentne zespoły, reprezentujące interesy oraz możliwości naukowe i techniczne wszystkich krajów, w których uprawiana jest poważna fizyka w rozważanym zakresie. W związku z tym zagadnieniem ZO przyjęło rekomendację, by dostęp do wielkich urzędzeń był uzależniony w coraz większej mierze głównie od przedstawienia możliwości realizacji naukowo ciekawego zagadnienia, a nie tylko od finansowego wkładu kraju pochodzenia wnioskodawcy. Postulat bardziej swobodnego dostępu do urzędzeń badawczych jest w jakimś sensie nową wersją dawniejszej walki o swobodę poruszania się uczonych.

Zgodnie ze zwyczajem dwa pełne popołudnia 18 i 19 września były przeznaczone na otwarte sesje akademickie, na których wygłoszono 8 referatów przeglądowych, dotyczących raczej zastosowań fizyki. A oto ich tematy: „Odkrycie promieniotwórczości i późniejsze niespodzianki”, „Fizyka wiązek promieniotwórczych”, „Obrazy mózgu”, „Rozwój klinicznej terapii promieniotwórczej”, „Datowanie za pomocą promieniotwórczości i spektrometrii masowej”, „Napędzana akceleratorem produkcja energii jądrowej”, „Symulacja komputerowa w fizyce”, „Dlaczego fizyka komputerowa?”. Osobiście najbardziej zainteresował mnie piąty referat wygłoszony przez osiadłego niedawno w Szwecji Polaka Wacława Gudowskiego. Nie o wykładowcę mi jednak chodzi, lecz o ciekawe i wnikliwe przedstawienie frapującego kierunku badań naukowych, technicznych i ekonomicznych, rokujących roz-

wiązanie problemu bezpiecznej (praktycznie bez odpadów promieniotwórczych) produkcji energii jądrowej, opartej na wymuszonych rozpadach toru i pochodnych. Intensywne prace nad tym zagadnieniem prowadzone są nie tylko w krajach bogatych (USA, Japonia, Francja, Niemcy, Włochy, Wielka Brytania), lecz także w krajach stosunkowo biednych. Profesor Gudowski koordynuje prace wykonywane w ramach tego problemu w 11 krajach, wśród których znajdują się także kraje niebogie, jak Grecja, Czechy, Hiszpania. Na przykład Czechy wyłożyły już na wstępie 200 tys. dolarów na ten cel. Niestety Polski w podanym przez niego zestawieniu nie było. Po powrocie do kraju dowiedziałem się, że Polacy nie planują na razie żadnego pociągającego poważniejsze wydatki udziału w tych pracach, ale ... chcą wykonywać jakieś prace zlecane.

Po południu 20 września miałem okazję zwiedzić jedną z głównych elektrowni jądrowych Szwecji, gdzie podziwiałem różne rodzaje zabezpieczeń i kontroli pracy reaktorów. Połowę zapotrzebowania Szwecji na energię elektryczną pokrywają właśnie elektrownie jądrowe, prawie tyle samo elektrownie wodne i tylko parę procent też stosunkowo czyste elektrownie spalające gaz lub inne paliwa płynne. Zaimponowała mi też przeprowadzona w Szwecji eliminacja ogrzewania mieszkań i budynków użytkowych za pomocą spalania węgla oraz powszechne wprowadzenie czystego ogrzewania elektrycznego nawet w rozproszonych, odległych od miast budynkach. Eliminuje to budowę i utrzymywanie bardzo drogiej i wiecznie psujących się wodnych linii przesyłowych oraz instalacji wewnętrznych opartych na ogrzewaniu wodnym. A my ciągle zamierzamy „stać na węglu”, który brudzi i zatrzuwa.

Po południu 21 września odbyło się ostatnie posiedzenie RW w starym składzie, powiększonym tylko o prof. B. Richtera i prof. R. Turlaya. Dokonaliśmy wtedy ostatecznego rozdziału funduszy przeznaczonych na sponsorowane przez IUPAP konferencje naukowe oraz podjęliśmy decyzję, dotyczącą miejsca następnego Zgromadzenia Ogólnego IUPAP-u. Odbędzie się ono w USA i będzie połączone z obchodami stulecia założenia Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego (APS).

**Jerzy Gronkowski**

*Institut Fizyki Doświadczalnej  
Uniwersytet Warszawski  
Warszawa*

## **Charpak i Garwin o energii jądrowej i rozbrojeniu**

**Charpak and Garwin on nuclear energy and disarmament**

W styczniu 1997 r. ukazała się w Paryżu książka Georges Charpaka i Richarda Garwina *Feux follets et champignons nucléaires*, czyli „Błędne ogniki i grzyby atomowe” (Editions Odile Jacob, 272 s., 155 FFR). Wydarzenie to wzbudziło spore zainteresowanie mediów francuskich, tym bardziej, że zbiegło się w czasie z kontrowersją wywołaną opublikowaniem w *British Medical Journal* studium dwojga lekarzy francuskich z wydziału medycyny Uniwersytetu w Besançon, Jean-François Viela i Dominique Pobel. Epidemiolodzy ci przeanalizowali 27 przypadków zachorowań na białaczkę w latach 1978–93 wśród młodzieży zamieszkującej tereny przylądka la Hague nad kanałem La Manche (w Normandii, okolice Cherbourg). Na terenach tych znajduje się duży zakład wzbogacania odpadów promieniotwórczych z elektrowni jądrowych. Na podstawie analizy badanej próby oraz próby kontrolnej (stosowanej w metodach statystycznych) 192 młodych ludzi, autorzy studium doszli do wniosku, że istnieje korelacja między prawdopodobieństwem zachorowania a częstością korzystania z plaż położonych w pobliżu zakładu jądrowego. Uczęszczanie na plaże co najmniej raz w miesiącu miało zwiększać ryzyko zapadnięcia na białaczkę trzykrotnie w stosunku do francuskiej średniej krajowej. Wniosek ten spowodował oczywiście we Francji spore poruszenie i wznowienie debaty nad energetyką jądrową. Warto przypomnieć, że zasadnicze dyskusje na ten temat przetoczyły się w owym kraju w latach 60-tych, że ruch antynuklearny nie jest tam (i nigdy nie był) tak silny, jak w sąsiedniej RFN, oraz że aktualnie energia jądrowa pokrywa aż 73% całego zużycia energii we Francji. Obecna fala kontrowersji opadła, gdy znana specjalistka w dziedzinie epidemiologii białaczki, dr Jacqueline Clavel z INSERM (Narodowego Instytutu Zdrowia i Nauk Medycznych) poddała krytyce metodykę prze-

prowadzonych badań (m.in. porównywalność próby badanej i próby kontrolnej) i zakwestionowała wyciągnięte wnioski jako zbyt pochopne. Sam Charpak w jednym z wywiadów sformułował to dosadniej: „Gdybym jako fizyk stosował takie kryteria statystyczne, jak ci epidemiolodzy, mógłbym ogłaszać co tydzień nowe wielkie odkrycie” (*Le Point* z 18 stycznia 1997 r.).

Georges Charpak, fizyk francuski urodzony w 1924 r. w Polsce, laureat Nagrody Nobla w 1992 r. za prace nad detektorami cząstek elementarnych, pracujący od wielu lat w CERN-ie, jest we Francji postacią popularną i cenioną. Richard Garwin, przyjaciel Charpaka jeszcze z czasów wspólnej pracy w CERN-ie w latach 60-tych, którego namówił on teraz na napisanie wspólnej książki, jest fizykiem amerykańskim, jednym z najbardziej znanych ekspertów w dziedzinie broni jądrowej, doradcą kilku prezydentów USA, laureatem wielu nagród (m.in. nagrody Szilarda w 1976 r.). Książka powstała w sposób godny epoki Internetu – dzięki nieustannej korespondencji elektronicznej, czasem tylko wspomaganą rozmowami telefonicznymi.

Tematem tego dość obszernego, ciekawego i z wielką swadą napisanego studium popularnonaukowego są perspektywy energetyki jądrowej oraz – w naturalny sposób z nią połączone – sprawy broni jądrowej i propozycji rozbrojenowych. Główną tezę Autorów można ująć w jednym zdaniu tak: „ludzkość nie będzie mogła obejść się bez energii jądrowej”. Wszystkie inne źródła energii, nad których rozwojem pracuje się obecnie (energia słoneczna, energia wód, energia wiatrów, przyływów morskich itp.) nie rokują na razie większych nadziei na to, że będą mogły wystarczyć w ciągu najbliższych kilkudziesięciu lat. Zapasy tradycyjnych źródeł kopalnych (węgla i ropy naftowej), wykorzystywanych obecnie, wyczerpią się już w XXI w., jeśli będą eksploatowane w tak rozrzućny sposób, jak dotychczas.

Fakt, że jesteśmy skazani na energię jądrową, nie powinien być przyjmowany jako przykra konieczność. Mniej więcej połowa książki jest poświęcona przekonywaniu czytelników, że zalety energetyki jądrowej w znacznym stopniu przeważają nad jej wadami. Jakie są najważniejsze argumenty Autorów, uzasadniające taki pogląd?

1. Już w chwili obecnej reaktory energetyczne nowych generacji są znacznie bezpieczniejsze niż reaktory budowane w latach 60-tych i 70-tych, w których doszło do poważnych awarii, zakończonych skażeniem promieniotwórczym (Three Mile Island) czy też skażeniem i ofiarami (Czarnobyl). Podobnie groźne awarie są dziś niezwykle mało prawdopodobne z uwagi na postęp techniczny zarówno w konstrukcji reaktorów, jak i w zabezpieczeniach. Rozumiejąc doskonale, że dla rozwoju energetyki jądrowej negatywne skutki psychologiczno-społeczne awarii w Czarnobylu są ogromne, Autorzy starają się jednakże uświadomić czytelnikom



rzeczywiste proporcje zagrożeń. Otóż wskutek awarii w Czarnobylu zmarło lub umrze w następnych 50 latach szacunkowo 30–50 tysięcy osób, wskutek chorób wywołanych paleniem papierosów umiera zaś 3 miliony ludzi rocznie.

2. Trzeba ponadto uwzględnić zasadniczy przełom w technice wytwarzania energii jądrowej, jaki może nastąpić już wkrótce. Przynieść go może nowy typ reaktora wg projektu prof. Carla Rubbii, byłego dyrektora CERN-u, laureata Nagrody Nobla z 1987 r. w dziedzinie fizyki za odkrycia bozonów W i Z. Ów „wzmacniacz energii”, jak nazwał go sam Rubbia, jest połączeniem akceleratora protonowego i reaktora podkrytycznego, w którym neutrony wytwarzane byłyby nie w zwykłej reakcji łańcuchowej, lecz dzięki reakcji kruszenia (spalacji, fragmentacji), czyli „odzieraniu” jąder atomowych (w tym wypadku ołowiu) z neutronów przez bombardowanie ich wysokoenergetycznymi protonami. Rdzeń reaktora chłodzony byłby zatem płynnym ołowiem (o temperaturze 560°C), który jednocześnie dostarczałby neutronów, potrzebnych do podtrzymania reakcji łańcuchowej. Neutrony wytwarzane w reakcji kruszenia są wysokoenergetyczne, mogłyby więc zostać wykorzystane do przetwarzania (transmutacji) uranu nierozszczepialnego na paliwo jądrowe. Tak więc oprócz stuprocentowego bezpieczeństwa reaktor Rubbii miałby jeszcze i tę zaletę, że mógłby wykorzystywać jako składniki paliwa odpady promieniotwórcze z obecnie działających reaktorów oraz pozostałości po demontowanych głowicach nuklearnych. Mówiąc obrazowo, byłaby to zarazem „spalarnia” odpadów promieniotwórczych, nie wytwarzająca przy tym żadnych nowych odpadów szkodliwych dla zdrowia. Zdezaktualizowałyby się zatem inny najpoważniejszy argument ruchów zwalczających energetykę jądrową, że mianowicie powoduje ona zanieczyszczenie środowiska. Mimo ogromu problemów technicznych, które należy pokonać (np. wprowadzenie wiązki protonów do środka zbiornika z gorącym ołowiem rurką, w której musi być wysoka próżnia) przewiduje się, że prototyp takiego „wzmacniacza energii” o mocy 100 MW może działać już w 2003 r.

3. Podobnie jak rzeczywistą skalę zagrożenia wielką awarią (na przykładzie liczby ofiar Czarnobyla w porównaniu z innymi czynnikami ryzyka), również argumenty o zanieczyszczeniu środowiska przez energetykę jądrową należy widzieć we właściwych proporcjach w porównaniu ze skutkami wykorzystywania innych źródeł energii. Zatrucie środowiska wskutek spalania węgla i produktów ropy naftowej prowadzi do poważnych skutków ekologicznych („efektu cieplarnianego”, związanego ze zmniejszeniem grubości warstwy ozonowej w atmosferze Ziemi). Perspektywy są jeszcze gorsze; oparta na węglu gospodarka Chin, jeśli nie przestawi się na energię jądrową, będzie wypuszczała do atmosfery w latach 2025–50 ośmiokrotnie więcej dwutlenku węgla niż cały obecny przemysł światowy.

Druga połowa książki poświęcona jest zagrożeniom, jakie są związane z nagromadzonym arsenałem broni jądrowej. Zdaniem Autorów, nawet zredukowanie go do 2003 r. (zgodnie z traktatem rozbrojeniowym, podpisanym przez Rosję i Stany Zjednoczone) do 20 tysięcy głowic, ciągle pozostawia jeszcze ogromne zagrożenie; należy dążyć do zmniejszenia tej liczby do 1000. Ponadto należy wprowadzić zakaz rozprzestrzeniania broni jądrowej do krajów, które jej obecnie nie posiadają (nawet siłą, stosując represje ekonomiczne i wręcz bombardowanie instalacji wojskowych). Analizując szczegółowo genezę i losy wielkich programów zbrojeniowych (np. słynnych reaganowskich „wojen gwiazdnych” z lat 80-tych), Autorzy ukazują ich jałowość, cytując przy tym *in extenso* fragmenty szczegółowych dokumentów na ich temat. Jeden artykuł (Hansa Bethego) jest nawet przytoczony w całości.

Niewątpliwie główną zaletą książki jest obiektywność spojrzenia na trudne i skomplikowane problemy przyszłości energetyki jądrowej. Autorzy, choć zdecydowanie przekonani o zaletach energii jądrowej, bynajmniej nie pisali swej książki w „końskich okularach”. Po decyzji o zaprzestaniu budowy elektrowni w Żarnowcu, dyskusje o przyszłości polskiej energetyki jądrowej oraz aktywność krajowego ruchu antyatomowego wyraźnie przygasły. Gdyby jednak w przyszłości miało dojść do wznowienia i u nas debaty społecznej na ten temat, książkę Charpaka i Garwina, której polski przekład zapewne niedługo się ukaże, można polecić jako rzetelne i obiektywne przedstawienie punktu widzenia zwolenników energii jądrowej.

## WSPOMNIENIA – ROCZNICE

**Maria Giller**

*Katedra Fizyki Doświadczalnej  
Uniwersytet Łódzki  
Łódź*

### **Jerzy Wdowczyk (1935 – 1996)**

Jerzy Wdowczyk, profesor fizyki Uniwersytetu Łódzkiego, znany na świecie specjalista w dziedzinie promieni kosmicznych, zmarł 6 września 1996 r.

Urodził się 28 lipca 1935 r. w rodzinie leśniczego, we wsi Sośnica w Wielkopolsce. Po skończeniu Liceum Pedagogicznego w Krotoszynie został skierowany jako nauczyciel do szkoły podstawowej, gdzie uczył różnych przedmiotów. Była to pierwsza połowa lat pięćdziesiątych, a więc okres stalinizmu w Polsce, kiedy niełatwo było być nauczycielem. Jego zainteresowania historią, tą nieskażoną przez ówczesną ideologię, zaczęły się rozwijać właśnie wtedy. Inna z jego pasji, szachy, też datuje się z tego okresu (Jurek zdobywa mistrzostwo powiatu). Potem jedzie do Łodzi, aby studiować fizykę. Tytuł magistra uzyskuje na Uniwersytecie Łódzkim w 1960 r. W Łodzi pozostaje przez resztę życia, przechodząc przez wszystkie szczeble kariery akademickiej i naukowej. Włącza się w badania w nowej w Łodzi dziedzinie – fizyce promieni kosmicznych – kierowane przez Aleksandra Zawadzkiego. Kilka lat później (1964) broni pracy doktorskiej na temat zawartości mionów w pękach zapoczątkowanych przez kwanty gamma o wysokich energiach. Problem ten powstał wówczas, ponieważ łódzka aparatura zarejestrowała przypadki pęków o bardzo małej liczbie mionów, które mogłyby być wytworzone przez pierwotne fotony. Temat ten stał się znów bardzo aktualny w latach osiemdziesiątych, gdy rozpoczęło się poszukiwanie punktowych źródeł promieniowania kosmicznego.

W 1965 r. Wdowczyk jedzie na rok do Durham w Anglii i tak zaczyna się jego ponadtrzydziestoletnia współpraca i przyjaźń z Arnoldem Wolfendalem z tamtejszego uniwersytetu, współpraca, która rozszerzyła się na oba ośrodki. Zainteresowania Wdowczyka koncentrowały się wówczas na rozwoju wielkich pęków w atmosferze. Opracował on wiele metod na pół analitycznych, a na pół numerycznych, które znacznie skracały czas komputerowej symulacji pęków. Były one później stosowane również przez wielu jego współpracowników i doktorantów. On sam zastosował je do obliczeń fluktuacji gęstości mionów i elektronów w pęku w funkcji masy cząstki pierwotnej. Praca ta oparta była m.in. na wynikach pomiarów dokonanych za pomocą aparatury łódzkiej, francuskiej (w Verrière le Buisson pod Paryżem) i moskiewskiej, z którymi to ośrodkami łódzka grupa kosmiczna ściśle współpracowała. Był to temat jego rozprawy habilitacyjnej, którą obronił w 1972 r.

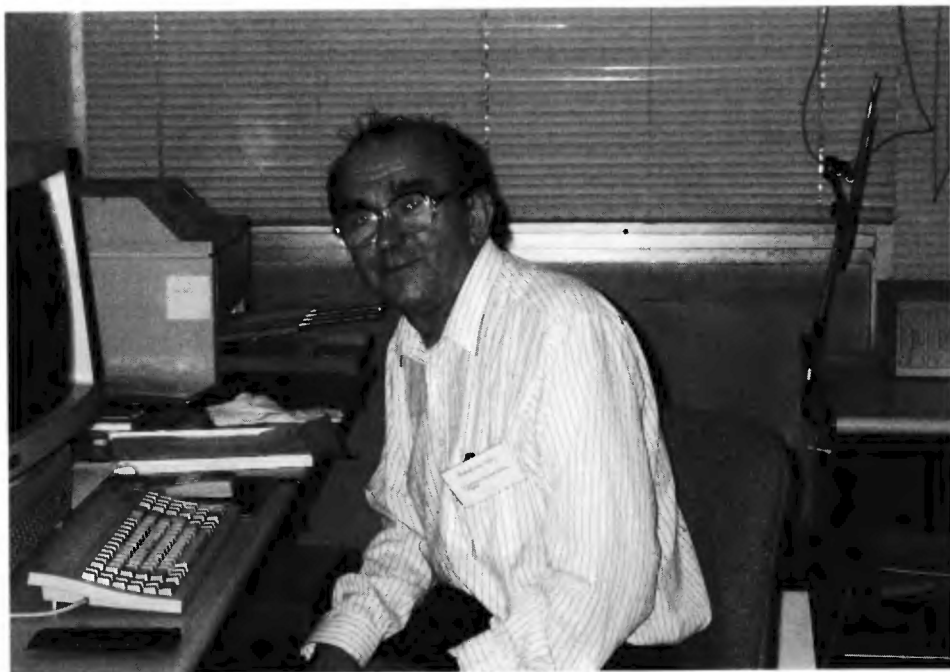
Antysemickie czystki dokonywane w 1968 r. przez ówczesne kierownictwo PZPR zmusiły prof. Aleksandra Zawadzkiego do pozostania za granicą i od tego czasu Jerzy Wdowczyk staje się liderem grupy promieni kosmicznych w Łodzi. W latach 70. i 80. był zatrudniony głównie w łódzkim oddziale (stworzonym przez prof. Zawadzkiego) Instytutu Badań Jądrowych (obecnie Instytutu Problemów Jądrowych im. A. Sołtana) z siedzibą w Świerku pod Warszawą, mając przez pewien czas również pół etatu na Uniwersytecie. Jednak współpraca obu ośrodków była bardzo ścisła, tak że w praktyce stanowiliśmy jedną grupę.

Gdy Richard Feynman wysunął swą słynną hipotezę skalowania rozkładów zmiennej  $x$  cząstek produkowanych w zderzeniach przy wysokich energiach, Wdowczyk był jednym z pierwszych, który zabrał się do jej sprawdzenia w oddziaływaniach promieni kosmicznych. Okazało się dość szybko, że wielkie pęki rozwijają się w atmosferze ziemskiej wyżej, niżby to wynikało z hipotezy skalowania. Wdowczyk i Wolfendale zaproponowali modyfikację skalowania Feynmana, opartą na ówczesnych wynikach akceleratorowych, zwaną często modelem W-W (od pierwszych liter nazwisk autorów). Według tego modelu liczba produkowanych cząstek, zabierających dużą część energii zderzenia (w tzw. obszarze fragmentacji), zmniejsza się powoli wraz ze wzrostem tej energii (wg Feynmana powinna być stała), co wyjaśnia szybszą dysypację energii pierwotnej w trakcie rozwoju wielkiego pęku. W miarę napływu danych akceleratorowych dla coraz wyższych energii, model ten musiał ulec pewnym zmianom, lecz przez lata używany był przez wielu „pękowców” w ich symulacjach komputerowych. Na Międzynarodowej Konferencji Promieni Kosmicznych w Monachium w 1975 r. Wdowczyk był sprawozdawcą tematyki wielkich pęków. W latach 1976 i 1979 otrzymał nagrody za swą pracę naukową: pierwszą – od Państwowej Rady ds. Energii Atomowej, drugą – prestiżową nagrodę PAN im. Marii Skłodowskiej-Curie.



Jerzy Wdowczyk (z lewej) z prof Arnoldem Wolfendalem na dziedzińcu Uniwersytetu w Durham w lipcu 1985 r., w dniu nadania mu doktoratu honorowego tego Uniwersytetu.

Współpraca z Uniwersytetem w Durham rozszerzyła jego zainteresowania na obszar astrofizyki wysokich energii. Razem z Wolfendalem opublikowali wiele prac, dążąc do rzucenia światła na problem pochodzenia promieni kosmicznych. W uznaniu wyników tej współpracy w 1985 r. Uniwersytet w Durham przyznaje Wdowczykowi doktorat honorowy. Jurek był orędownikiem tzw. trójskładnikowego widma energii promieni kosmicznych, w którym każda z trzech składowych dominuje w innym obszarze energii i ma inne pochodzenie i skład masowy. Z jego analiz fluktuacji w wielkich pękach oraz anizotropii kierunków ich przychodzenia wynikało bowiem, że powyżej energii  $10^{15}$  eV strumień cząstek pierwotnych powinien być zdominowany przez jądra lżejsze (protony?) niż przy niższych energiach. (Trzecia składowa to promienie o energii powyżej  $10^{19}$  eV, które są prawdopodobnie pochodzenia pozagalaktycznego). Hipoteza o drugiej składowej wymaga jednak silniejszej weryfikacji, z czego Jurek zdawał sobie dobrze sprawę. Stąd jego zaangażowanie we współpracę z grupą fizyków w Karlsruhe, którzy budując złożoną aparaturę wielopękową zamierzają wyznaczyć skład masowy cząstek pierwotnych.



Jerzy Wdowczyk w Tokio, we wrześniu 1993 r.

Wdowczyk pracował również nad wyjaśnieniem pochodzenia cząstek kosmicznych o niskich energiach, w szczególności nad ich propagacją w Galaktyce, nad produkcją pozytonów, antyprotonów i promieniowania gamma w ich oddziaływaniach z materią międzygwiazdową. Rozważał też konsekwencje produkcji pozagalaktycznych promieni kosmicznych o skrajnie wysokich energiach, powyżej  $10^{20}$  eV. Oddziałując z wszechobecnym tłem mikrofalowym cząstki te produkowałyby mierzalne strumienie fotonów o energiach ok.  $10^{14}$  eV. Można by dzięki temu wykluczyć modele powstawania cząstek o tak wielkich energiach w topologicznych defektach Wszechświata.

Jurek był dobrym organizatorem i chyba lubił działalność organizacyjną. Spędził dwanaście lat w Komisji Promieni Kosmicznych IUPAP-u (Międzynarodowej Unii Fizyki Czystej i Stosowanej). Poczynając od 1981 r. przez sześć lat był jej członkiem, przez trzy lata sekretarzem i ostatecznie jej przewodniczącym w latach 1990–93. Uczestniczył też w działalności Polskiego Towarzystwa Fizycznego – w latach 1985–87 był skarbnikiem Zarządu Głównego PTF.

W 1992 r. przeniósł się znowu na pełny etat uniwersytecki obejmując Katedrę Fizyki Doświadczalnej. Dużo energii poświęca wówczas dydaktyce, mimo



Na konferencji promieni kosmicznych na wyspie Vulcano (na Morzu Śródziemnym) w maju 1996 r. Od lewej: Szczepan Karakuła (zmarł nagle w lipcu 1996 r.), Maria Giller i Jerzy Wdowczyk.

pogarszającego się zdrowia. Niemal do ostatnich dni nie chciał poddać się chorobie. W lipcu 1996 r. organizuje w Łodzi międzynarodową konferencję na temat składu promieni kosmicznych oraz spotkanie tzw. współpracy pamirskiej, której szefował ze strony polskiej przez ostatnich parę lat.

Jurek był pasjonatem. Cokolwiek robił, robił to z pełnym zaangażowaniem. Jego główną pasją był jednak zawsze rozwój ośrodka fizyki promieni kosmicznych w Łodzi. Sądzę, że mu się to w dużym stopniu udało. Wielu z nas, z łódzkiej grupy kosmicznej, dużo mu zawdzięcza. Ja należę do tych, którzy zawdzięczają mu najwięcej.

Pozostawił żonę Helenę (też fizyka), dwie córki i syna.

Jacobus de Nobel

*Kamerlingh Onnes Laboratorium  
Rijksuniversiteit Leiden  
Leiden, Holandia*

## Odkrycie nadprzewodnictwa\*

### The discovery of superconductivity

*Abstract:* Though Kamerlingh Onnes always stressed the importance of precise measurement in his work, it was an accident that led to the first detection of superconductivity.

Jean Matricon i Georges Waysand w swojej książce *La guerre du froid* [1] opisują pierwsze skroplenie helu w 1908 r. Jest tam też przedstawiony moment rozpoznania przejścia do stanu ciekłego, gdy ktoś z przyglądających się doświadczeniu zasugerował, aby oświetlić kriostat od spodu. Autorzy mówią dalej, że nie istnieją podobne wspomnienia bezpośrednich świadków, dotyczące odkrycia nadprzewodnictwa, dokonanego w trzy lata później również w laboratorium Kamerlingha Onnesa na Uniwersytecie w Lejdzie. Piszą: „Chociaż mamy żywe, oddające nastrój chwili wspomnienie skroplenia helu, narodziny nadprzewodnictwa znamy tylko z chłodnego, naukowego sprawozdania z pomiarów”.

Byłem tym zaskoczony. Przed kilku laty mój przyjaciel i kolega Jacobus „Co” de Nobel opowiadał mi o swoich rozmowach z mistrzem Gerritem Janem Flimem, technikiem, który odegrał decydującą rolę w przeprowadzeniu obu tych doświadczeń. Stało się dla mnie jasne, że Co jest zapewne ostatnim ogniwnem łączącym nas z tą historyczną chwilą. Napisałem więc do niego, nakłaniając do spisania swoich wspomnień. Rezultatem jest poniższe opowiadanie, przywołujące nie tylko samo odkrycie, lecz także tło społeczne i naukowe tamtych czasów.

Zasługi Kamerlingha Onnesa, jak podkreślają Matricon i Waysand, obejmują znacznie więcej niż te dwa epokowe odkrycia. Był on inicjatorem nowego stylu prowadzenia prac badawczych, był pierwszym, który zdał sobie sprawę, jak ważne

---

\*Nieczo rozszerzona przez Autora wersja artykułu opublikowanego w *Physics Today* 49, nr 9, 40 (1996), przetłumaczona za zgodą Autorów i Wydawcy [Translated with permission. Copyright ©1996 by American Institute of Physics] (przyp. Red.).



jest oparcie się w wielkim stopniu na zapleczu technicznym, a jego laboratorium i pracownicy byli zwiastunami przedsięwzięć „wielkiej nauki” naszych czasów. Sukcesy jego laboratorium wynikały z dwóch czynników. Pierwszym z nich była waga, jaką przywiązywał do infrastruktury. Drugim był rygorystyczny program naukowy, mocno oparty na wnikliwej znajomości teorii. Wszystko to wykraczało poza jego motto: „door meten tot weten” („przez pomiary do wiedzy”).

Istotnym składnikiem wielkiego zamierzenia Kamerlingha Onnesa była założona przez niego Leidse Instrumentmakersschool (Lejdejska Szkoła Konstruktorów Przyrządów). Szkoła istnieje do dziś, a jej absolwentów można znaleźć w laboratoriach całego świata. Co de Nobel był przez wiele lat jej najważniejszym protektorem. Nie tylko zrobił poważny zapis na jej rzecz, lecz po ojcowsku interesował się wieloma uczniami i absolwentami. Teraz, gdy ma ponad osiemdziesiąt lat, de Nobel nadal mieszka w Lejdzie, blisko Szkoły, która tak długo była dla niego rodziną.

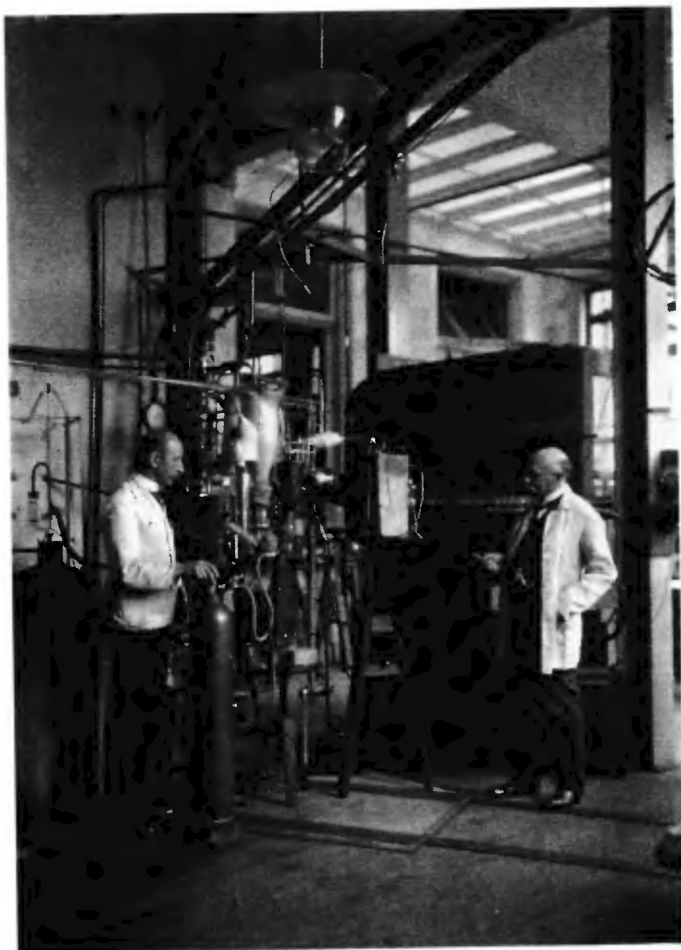
*Peter Lindenfeld*

Rutgers University  
New Brunswick, New Jersey, USA

### **Wspomnienia Mistrza Flima z czasów pracy u profesora Kamerlingha Onnesa, opowiedziane przez Jacobusa de Nobela**

Wkrótce po tym, jak w 1931 r. zacząłem pracować w Laboratorium Kriogenicznym Uniwersytetu w Lejdzie, poznałem starszego technika tego Laboratorium, którym był Meester Gerrit Jan Flim („meester” znaczy po holendersku „mistrz”, tytuł sięgający czasów średniowiecznych cechów). Jako student fizyki pomagałem panu H. Bremmerowi przy pomiarach przewodnictwa cieplnego i elektrycznego nadprzewodzących stopów i monokryształu wolframu. W tamtych czasach, aby prowadzić pomiary w temperaturach helowych, trzeba było przynieść całą aparaturę, wraz z manometrem McLeoda i termometrem gazowym, do skraplarki helowej w pokoju E', gdzie rządy sprawował Meester Flim. Był on przez wiele lat prawą ręką Heikego Kamerlingha Onnesa i właśnie dzięki jego pomocy technicznej Kamerlingh Onnes dokonał wielu ważnych odkryć – trzeba tu przede wszystkim wymienić pierwsze skroplenie helu w 1908 r. Flim dostarczał też ciekłego helu do badań przewodnictwa elektrycznego czystych metali, co doprowadziło w 1911 r. do odkrycia nadprzewodnictwa rtęci.

Wkrótce po tym, jak poznałem mistrza Flima, zaczęliśmy prowadzić długie rozmowy. Miałem zaszczyt znać go aż do ostatnich jego dni; zmarł mając 95 lat, we wrześniu 1970 r. Pozostawał w dobrym zdrowiu prawie do końca, a listy jakie otrzymywałem od niego pisane były pewną ręką. Razem z technikiem z naszego Laboratorium L. Neuteboomem odwiedzałem go wiele razy w jego mieszkaniu



Heike Kamerlingh Onnes (po prawej) w swoim Laboratorium Kriogenicznym na Uniwersytecie w Lejdzie. Widzimy go tu wraz z jego wiernym współpracownikiem Gerritem Janem Flimem, mniej więcej w czasach odkrycia nadprzewodnictwa (dzięki uprzejmości Laboratorium Huygensa w Lejdzie).

w Scheveningen, gdzie już jako wdowiec spędzał swoje ostatnie lata. Częstował nas zawsze kieliszkiem „jeneveru” (holenderskiej jałowcówki) i chociaż próbowałem się wymawiać, bo przyjeżdżałem tam samochodem, nie przyjmował mojej odmowy mówiąc, że jenever dobrze robi na krążenie krwi i jego i naszej.

Przez owe lata naszej znajomości Meester Flim opowiadał mi wiele historyjek z czasów pracy z Kamerlinghiem Onnesem. Oba j mieszkali wówczas nad Starym Renem, lecz na przeciwległych brzegach rzeki. Często zdarzało się, że gdy Kamerlingh Onnes wpadł na jakiś nowy pomysł, bił w mosiężny dzwon okrętowy,



Rysunek zrobiony w 1921 r. przez bratanka Kamerlingha Onnesa, przedstawiający Flima pracującego przy kriostacie (dzięki uprzejmości Laboratorium Kamerlingha Onnesa w Lejdzie).

który wisi obok jego domu, a Flim wtedy szybko wsiadał do łódki i wiosłował na drugi brzeg, żeby przedyskutować nowy projekt.

Kamerlingh Onnes zwykł odwiedzać w niedzielne popołudnia swoich techników, co było dość typowe dla epoki początków XX w. Przyjeżdżał wtedy swoją bryczką, powożąc w cylindrze na głowie. Kiedy w czasie jednej z takich wizyt Meester Louis Ouwerkerk, który miał pod swą pieczę skraplanie wodoru, poprosił go o podwyżkę pensji, Kamerlingh Onnes odmówił i uśmiechając się dodał: „Czyż nie kupisz sobie właśnie dwóch pięknych rowerów?” Natomiast Flimowi doradzał kiedyś, aby posłał swoich trzech synów do technikum, na co Meester Flim, który planował dla swoich dzieci wyższe wykształcenie, odpowiedział: „Ależ to są moi synowie!” Wszyscy trzej chłopcy ukończyli później uniwersytet; dwóch z nich zostało lekarzami, a trzeci inżynierem elektrykiem.



Jacobus de Nobel, gdy miał 25 lat, w początkowym okresie swojej pracy w Lejdzie (lata trzydzieste).

W pokoju E' naszego Laboratorium Meester Flim wyjaśnił mi konstrukcje pierwszych skraplarek i układu chłodzenia kaskadowego. Urządzenia te stały w sąsiednim pokoju E, choć nie były już używane. Opowiadał mi też o trudnościach, jakie musieli pokonać, żeby uzyskać potrzebną ilość gazowego helu. Na początku próbowali gromadzić go krusząc kawałki skał przywiezione z Islandii, ale nie dało to dobrych wyników. Dopiero gdy dostali cały ładunek okrętowy piasku monacytowego z Północnej Karoliny, udało się im zebrać 360 litrów gazowego helu pod ciśnieniem atmosferycznym i w temperaturze pokojowej. Ilość ciekłego helu potrzebna do przeprowadzenia jednego doświadczenia wynosiła ok. ćwierci litra, tzn. ok. połowy całej uzyskanej ilości.

Flim opowiadał mi także o badaniach przewodnictwa elektrycznego czystych metali w niskich temperaturach. Po wykonaniu pomiarów przewodnictwa platyny i złota jako następny obiekt badań wybrano rtęć, ponieważ przez kolejne destylacje można ją było otrzymać w bardzo czystym stanie. Użyto kapilarnej rurki w kształcie litery U z drutami platynowymi na obu końcach, wypełnionej w temperaturze pokojowej oczyszczoną rtęcią. Wyniki pomiarów w coraz niższych temperaturach – ciekłego tlenu, ciekłego azotu i ciekłego wodoru – wykazały dobrze znany jednostajny spadek oporu elektrycznego. Jednak w temperaturze ciekłego helu Gilles Holst, który akurat wykonywał te pomiary, stwierdził, że opór spadł do zera. Przypisał to jakiemuś zwarceniu w kriostacie. Pomiary powtarzano wiele razy, co zabrało dużo czasu, bo nie każdego tygodnia był do dyspozycji ciekły hel. Za każdym razem wynik był ten sam, co nadal przypisywano zwarceniu.



Gilles Holst, który dokonał pierwszego pomiaru nadprzewodnictwa, a później był pierwszym dyrektorem Laboratoriów Badawczych Philipsa w Eindhoven.

Postanowiono wtedy zastąpić rurkę U-kształtną rurką w kształcie litery W z drutami platynowymi na obu końcach i na trzech zgięciach. Dzięki temu można było mierzyć opór czterech oddzielnych segmentów. Eksperymentatorów spotkał jednak zawód. We wszystkich czterech segmentach opór był zerowy, co dalej brano za zwarcie. I dopiero przez przypadek poznano prawdziwą przyczynę takich wyników – przejście do stanu nadprzewodnictwa. Meester Flim, naoczny świadek tych wydarzeń, zdał mi o nich następującą relację.

Aby zabezpieczyć cenny hel przed ucieczką z kriostatu przez zawsze możliwe nieszczelności, ciśnienie pary helu było utrzymywane nieco poniżej ciśnienia atmosferycznego, jakie panowało danego dnia. Powietrze, które przedostałoby się do środka, zamarzloby, zatykając przy tym wszelkie nieszczelności. Kontrola ciśnienia pary odbywała się za pomocą różnicowego manometru olejowego i czułego zaworu w układzie pompy, zaopatrzonego w ramię długości 40 cm, co ułatwiało dokładne sterowanie. Raczej nudne zadanie utrzymywania przez wiele godzin oleju w manometrze na stałym poziomie powierzano uczniom Szkoły Konstruktorów Przystrojów. Szkołę tę, mieszczącą się w tym samym budynku co Laboratorium, założył w 1901 r. Kamerlingh Onnes, zdający sobie doskonale sprawę jak bardzo



Warsztaty Szkoły Konstruktorów Przyrządów.

w laboratorium potrzebni są dobrze wyszkoleni technicy. Uczniów nazywaliśmy „błękitnymi chłopcami” (blauwe jongen) od ich błękitnych kombinezonów. Nie raz trudno było im zachować czujność przy tego rodzaju zadaniu i nie zdrzemnąć się.

To właśnie musiało się stać pewnego dnia, gdy Holst mierzył opór drutu rtęciowego o kształcie litery W. Chłopiec się zdrzemnął, ciśnienie w kriostacie zaczęło rosnąć i temperatura zaczęła się podnosić od kilku dziesiątych kelwina poniżej punktu wrzenia helu do prawie 4.2 K, przekraczając w ten sposób temperaturę przejścia dla rtęci (4.14 K). Holst siedział wtedy w centralnej ciemni, w której znajdowały się galwanometry całego laboratorium. Zobaczył raptem, iż wiązka światła jego galwanometru odchyła się, co oznaczało, że opór rtęci znowu się pojawił. Nadprzewodnictwo zostało więc odkryte dzięki chwili nieuwagi „błękitnego chłopca”.

Kamerlingh Onnes, który był bardzo precyzyjny w sprawach terminologii, nazwał nowe zjawisko „supraconduction” a nie „superconductivity”, gdyż termin „conductivity” oznacza przewodność właściwą materiału, mierzoną w simensach na metr (czyli odwrotność oporu właściwego, mierzonego w ometrach). Punkt

przemiany nazwał „sprongpunt” ze względu na nagły skok („sprong” po holendersku) wskazania galwanometru zaobserwowany przez Holsta. Mimo że to Holst wykonał ten decydujący pomiar, nie był on współautorem żadnej wczesnej publikacji wynikającej ze współpracy z Kamerlinghem Onnesem. Wydaje się jednak, że nie uważał takiego postępowania Kamerlingha Onnesa ani za dziwne, ani za niesprawiedliwe. Holst był później pierwszym dyrektorem Laboratoriów Badawczych Philipsa w Eindhoven, a za moich czasów został profesorem nadzwyczajnym fizyki na Uniwersytecie w Lejdzie.

Heike Kamerlingh Onnes otrzymał w 1913 r. Nagrodę Nobla z fizyki. Został też uhonorowany pośmiertnie, gdy Laboratorium Kriogenicznemu w Lejdzie nadano nazwę Laboratorium Kamerlingha Onnesa. Stało się to w 1933 r., gdy w Laboratorium uruchomiono silny elektromagnes wytwarzający pole o indukcji 4 T.

I jeszcze uwaga o „błękitnych chłopcach”: praktyka używania ich do pomocy przy prowadzeniu pomiarów przetrwała do lat sześćdziesiątych. Ja sam często korzystałem z ich pomocy i aby nieco rozproszyć ich nudę starałem się zainteresować ich celem pomiaru, a potem mówiłem im o wynikach uzyskanych w danym dniu. Lejdejska Szkoła Konstruktorów Przyrządów prosperuje nadal przy Uniwersytecie w Lejdzie i obecnie ponad 150 uczniów specjalizuje się w konstruowaniu przyrządów, dmuchaniu szkła, polerowaniu szkła i w technikach laserowych.

Pragnę podziękować Huugowi van Beelenowi za przeczytanie i przeredagowanie manuskryptu, a także za poprawienie mojej angielszczyzny.

Tłumaczyła *Barbara Wojtowicz*

### Literatura

- [1] J. Matricon, G. Waysand, *La guerre du froid* (Editions du Seuil, Paris 1994).

## ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

**Modelowanie i dynamika cząsteczek biologicznych  
zawierających jony metali**

Z racji szczególnej złożoności, problem poznania budowy materii żywej stanowi wciąż jeszcze wyzwanie dla specjalistów z różnych dziedzin nauki. Interdyscyplinarne podejście do problemu struktury i dynamiki białek było podstawowym założeniem bardzo interesującego spotkania naukowego nt. modelowania i dynamiki cząsteczek biologicznych zawierających jony metali. Zostało ono zorganizowane przez prof. L. Banci (Uniwersytet we Florencji) w ramach cyklu warsztatów naukowych wspieranych finansowo przez NATO. Konferencja odbyła się w dniach 15–21 marca 1997 r. w San Miniato (Piza, Włochy). Zgromadziła ona chemików, fizyków, biofizyków i biologów badających szczególne własności biocząsteczek zawierających kationy metali. Obecność takich jonów w strukturze np. białka zwykle radykalnie zmienia jego właściwości i jest podstawą działania całej klasy katalitycznych procesów enzymatycznych. Elementarne reakcje chemiczne mogą być przyspieszane o wiele rzędów wielkości w obecności prostych jonów ulokowanych w „strategicznych” miejscach białek. Badania takich układów są więc bardzo ważne dla biotechnologii.

Ogółem wygłoszono kilkadziesiąt referatów, można zatem wymienić tu tylko niektóre. Mocnym akcentem rozpoczynającym konferencję był wykład I. Bertiniego (Florencja) przedstawiający nową metodę wyznaczania struktury białek w roztworze, która łączy tradycyjny jądrowy rezonans magnetyczny (NMR) z oddziaływaniem momentu magnetycznego protonu z niesparowanym elektronem jonu metalu. Ta nowoczesna metoda pozwala w niektórych przypadkach wyznaczyć bardzo szczegółowo nie tylko konformację centrum aktywnego, ale i rozmieszczenie oraz labilność cząsteczek wody. Niestety, uzyskanie tak dokładnych wyników wymaga użycia spektrometru NMR o częstotliwości 800 MHz, a w Europie jest obecnie tylko kilka takich urządzeń. L. Banci przedstawiła wyniki teoretycznego modelowania wielu białek z centrum paramagnetycznym. E.W. Knapp (Berlin) pokazał jak można zinterpretować wyniki rozpraszania kwantów gamma na jonie  $Fe^{+2}$  w mioglobinie za pomocą analizy oscylacyjnej uzyskując informacje o względnym ruchu jonu w grupie hemowej. Grupa hemowa, stanowiąca płaski pierścień porfirynowy (protoporfiryna IX – układ odpowiednio połączonych czterech pierścieni pirolowych wraz z podstawnikami) obejmujący jon żelaza, dzieli przestrzeń zawartą w wielu białkach globularnych na dwie części – tzw. dystalną i proksymalną. Od strony wnęki dystalnej tlen wiąże się z żelazem grupy hemowej, zaś strona proksymalna zawiera zwykle histydynę, aminokwas łączy kowalencyjnie grupę hemową z łańcuchem polipeptydowym. Aktywność biologiczna białek hemowych jest regulowana m.in. architekturą obu wnęk. Dynamikę białek hemowych w obszarze wnęki proksymalnej obserwowaną w symulacjach komputerowych omówił niżej podpisany.



Próbie wytłumaczenia od dawna dyskutowanej asymetrii w przeniesieniu ładunku w fotosyntezie (w bakteryjnych centrach reakcji) w oparciu o efekty elektrostatyczne przedstawiła M.R. Gunner (Nowy Jork). Problem właściwego opisu oddziaływań elektrostatycznych w biocząsteczkach, także budzący emocje w literaturze, był również żywo dyskutowany. Jak zwykle krytyczny A. Warshel (Los Angeles) podkreślał konieczność odejścia od wszelkich modeli dielektryka ciągłego w odniesieniu do białek. Jego zdaniem jedynie podejście mikroskopowe ma szanse na poprawne wytłumaczenie przebiegu reakcji enzymatycznych.

Szczególnie ważne jest poprawne uwzględnienie długozasięgowych oddziaływań elektrostatycznych w modelowaniu kwasów nukleinowych. P.A. Kollman (San Francisco) pokazał jak znaczną poprawę w stabilności modelu uzyskuje się dzięki włączeniu tych oddziaływań poprzez sumowanie Ewalda. Uzyskano dzięki temu bardzo długie (2 ns) trajektorie oligomerów DNA i obserwowano po raz pierwszy na modelach komputerowych zmianę formy DNA z A do B i odwrotnie.

Spore nadzieje wiąże się z opisem kwantowym biocząsteczek opartym na dobrze sprawdzonych metodach chemii kwantowej. Z jednej strony P. Siegbahn (Sztokholm) wykazał jak wyniki starannie zaplanowanych i krytycznie przeprowadzonych obliczeń kwantowych pomagają wyjaśnić strukturę niezwyklej kompleksów Mo-Mo (przez efekt Jahna-Tellera), z drugiej strony P. Carloni (Zurych, Florencja) ostudził zapał do modelowania *ab initio* dynamiki białek, gdyż pierwsze próby przeprowadzane metodą Cara-Parrinella są ogromnie czasochłonne. Pewną nadzieję budzą odpowiednio sparametryzowane metody półempiryczne typu ZDO (Zero Differential Overlap – zerowe przekrywanie różniczkowe), jednak jak pokazał T. Clark (Erlangen), wyniki dla cyklu katalitycznego enzymu P450 są odległe od zadowalających. Istnieją jednak już programy, oparte na schemacie „divide-and-conquer”, które skalują się liniowo ze wzrostem wielkości układu i pozwalają stosować metody funkcjonałów gęstości do obliczeń struktury białek, o czym mówił K. Merz (Uniwersytet stanu Pensylwania).

Warto zauważyć, że spotkanie było finansowane głównie przez NATO, w ramach projektu „High Tech”. Polska, jako jeden z krajów stowarzyszonych, może uczestniczyć w takich spotkaniach i od niedawna niektóre z nich są nawet organizowane na terenie naszego kraju. Wydaje się, że istnieje obecnie bardzo dobry klimat do wspierania współpracy naukowej właśnie w taki sposób, warto zatem zaglądać od czasu do czasu pod adres: <http://www.nato.int/science>, gdzie znajdują się ogłoszenia o kolejnych konferencjach z tej serii, a może nawet spróbować zorganizować własną.

Wiesław Nowak

Instytut Fizyki UMK  
Toruń

## RECENZJE

Michel Cyrot, Davor Pavuna: **Wstęp do nadprzewodnictwa.**

**Nadprzewodniki wysokotemperaturowe**

z jęz. angielskiego tłumaczyli Tadeusz Skośkiewicz, Andrzej Wiśniewski

Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1996, s. 228

Książkę napisali w 1992 r. dwaj znani naukowcy w dziedzinie fizyki ciała stałego, pracujący w bardzo dobrych ośrodkach naukowych we Francji (Uniwersytet Fouriera w Grenoble) oraz w Szwajcarii (CERN w Genewie i Politechnika w Lozannie). Jak piszą we wstępie, jest to: „podręcznik adresowany do studentów i pracowników naukowych wszystkich kierunków nauk ścisłych i technicznych, odpowiadający wstępnemu wykładowi z nadprzewodnictwa”. Podręcznik zaopatrzonej jest w przedmowę laureata Nagrody Nobla z fizyki z 1991 r. i autora bardzo dobrej monografii dotyczącej nadprzewodnictwa metali z 1966 r., Pierre’a Gillesa de Gennesa. Pisze on o trudnościach opracowania takiego podręcznika, związanych z faktem, iż zjawisko nadprzewodnictwa jest jednym z najpiękniejszych, ale i najtrudniejszych zagadnień w fizyce ciała stałego. Stwierdza przy tym: „ogromnej wartości nabiera tekst, który dobrze wprowadza w istotę zagadnienia, prezentując jednolity, wyważony punkt widzenia. To właśnie udało się osiągnąć Cyrotowi i Pavunie. Ich książka wymaga dużego wysiłku ze strony osoby zupełnie nie znającej zagadnienia, może być jednak studiowana krok po kroku. Autorom udało się osiągnąć kompromis pomiędzy przeciwstawnymi niebezpieczeństwami: dogmatyzmem z jednej strony, zbyt dużymi uproszczeniami z drugiej”. Należy zgodzić się z tymi opiniami, które stanowią prawdziwie wyśmienitą rekomendację tej książki dla każdego pracownika naukowego lub wykładowcy w dziedzinie nadprzewodnictwa. Może ona być także bardzo pożyteczna dla bardziej ambitnych studentów. Gdyby nie ten podręcznik, dalej nie mielibyśmy w tej dziedzinie dobrej książki na przystępnym poziomie w języku polskim.

Podręcznik składa się z 8 rozdziałów zawierających przegląd wszystkich najistotniejszych zagadnień dotyczących nadprzewodnictwa i materiałów nadprzewodzących, tak klasycznych, niskotemperaturowych, jak i odkrytych 10 lat temu wysokotemperaturowych nadprzewodników (skrót WTN).

Rozdział 1 poświęcono wstępnym, ogólnym informacjom o zjawisku nadprzewodnictwa, krótkiemu rysowi historycznemu (1911–91) oraz przeglądowi najważniejszych materiałów i zastosowań. Rozdział 2 zawiera opis podstawowych własności stanu normalnego i nadprzewodzącego nadprzewodników I i II rodzaju, prądów krytycznych, własności cieplnych, mikroskopowych parametrów charakteryzujących nadprzewodniki (głębokość wnikania i zasięg koherencji), a także omawia skrótowo kwantyzację strumienia magnetycznego w nadprzewodniku oraz zjawisko Josephsona. Rozdział 3 omawia teorie fenomenologiczne, łącznie z bardzo dobrym przedstawieniem teorii Ginzburga-Landaua-Abrikosova-Gorkova (GLAG), i jeszcze raz opisuje jak z niej wynikają własności opisane

w poprzednim rozdziale. (Omawiana teoria jest nazywana skrótowo i niesłusznie teorią Ginzburga-Landaua). W rozdziale 4 omówiono bardziej szczegółowo stan mieszany, prądy krytyczne, dynamikę wirów, zjawiska histerezy i pułapowanie strumienia magnetycznego oraz zjawisko zaczepiania (piningu) wirów, a na końcu specyfikę stanu mieszanego WTN. Rozdział 5 dotyczy teorii mikroskopowej Bardeena-Coopera-Schrieffera (BCS), która zwykle jest traktowana bardzo skrótowo i dogmatycznie, gdyż jest to jedna z najtrudniejszych teorii w fizyce ciała stałego. Autorzy, bardzo słusznie i sprytnie, zajmują się właściwie wnioskami z teorii mikroskopowej, kończąc ten rozdział wzajemnymi związkami między teorią BCS a teorią GLAG. Rozdział 6 poświęcono w całości zjawisku Josephsona, słabym złączom oraz nadprzewodnikowemu interferometrowi kwantowemu, tzw. SQUID-owi, i jego zastosowaniom. Jest on chyba najłabszy, bo napisany mało zrozumiale. Rozdział 7 prezentuje najistotniejsze własności chemiczne i strukturalne związane z otrzymywaniem wysokotemperaturowych nadprzewodników, a także (w sposób wyważony i bardzo jasny) stan wiedzy na temat stanu mieszanego, sieci wirów, prądów krytycznych i poglądów teoretycznych związanych z ich specyficzną dwuwymiarową elektronową strukturą pasmową. Świetne i trafne są uwagi na temat możliwych mikroskopowych mechanizmów powstawania par Coopera, odpowiedzialnych za wysokotemperaturowe nadprzewodnictwo, i przyczyny nietypowego zachowania się WTN w stanie normalnym i w stanie nadprzewodzącym. Rozważone są także możliwości wystąpienia wysokiej temperatury krytycznej na gruncie teorii BCS. Rozdział 8 zawiera przegląd specyficznych technologii nadprzewodników związanych z ich obecnymi i potencjalnymi zastosowaniami, oraz skrótową, lecz niemal kompletną prezentację tych zastosowań, tak silnoprządowych w formie drutów, jak i słaboprządowych w formie struktur cienkowarstwowych.

Po każdym rozdziale zamieszczono bardzo racjonalne, bo krótkie ale precyzyjnie opracowane podsumowanie i spis bardzo trafnie dobranej i rzeczywiście najistotniejszej literatury uzupełniającej. Ponadto, na końcu zamieszczono dwa istotne dodatki, dotyczące równań Maxwella i podstawowych stałych fizycznych (tabela), a także skorowidz tematyczny. Jednakże, co najistotniejsze, dołączono 46 bardzo pouczających pytań i ćwiczeń, które *de facto* są zadaniami do samodzielnego rozwiązania, stanowiącymi bardzo ważne uzupełnienie podręcznika. Podręcznik usiany jest konkretnymi przykładami nadprzewodników, bardzo dobrze opracowanych tabel i rysunków oraz krótkich rachunków i oszacowań, ilustrujących zjawiska i wielkości charakteryzujące nadprzewodniki od strony nie tylko jakościowej, ale i ilościowej. Na początku książki zamieszczono „Wskazówki dla początkujących”, co świadczy o dbałości Autorów o walory dydaktyczne. W moim przekonaniu dopiero wszystko to razem czyni z tego opracowania podręcznik akademicki na bardzo dobrym poziomie. Jeśli dodać bardzo dobre, jasne i precyzyjne tłumaczenie, za co chwala Tłumaczom, to podręcznik ten urasta do najlepszego w swojej dziedzinie, jaki kiedykolwiek ukazał się w języku polskim.

Zasada metodyczna zastosowana w podręczniku: „od ogółu do szczegółów”, może nie odpowiadać wszystkim czytelnikom. I tak, początkowe rozdziały to ogólny wstęp, często encyklopedyczne przedstawienie podstawowych definicji oraz własności i istoty zjawiska nadprzewodnictwa. W następnych rozdziałach pojęcia te są rozwijane i precyzowane przy okazji omawiania teorii i wniosków z nich płynących, czy pożądaney konieczności dokładniejszego przedstawienia danej własności. Recenzent wolałby ciągły i konsekwentny ciąg

wykładu, poczynawszy od podstawowych definicji i własności, aż do przedstawienia nawet najbardziej skomplikowanych przejawów zjawiska. Ale jest to w dużej mierze rzecz gustu, nie związana z meritum treści. A te są przedstawione w sposób bardzo jasny i konsekwentny niemal we wszystkich rozdziałach. Kilka nieco słabszych fragmentów zawierają rozdziały: 5, dotyczący teorii mikroskopowej BCS, przedstawionej w zbyt skrótowej formie, również 6, dotyczący zjawisk Josephsona, operujący nie zdefiniowanymi i dlatego niezrozumiałymi pojęciami, a także 7, prezentujący wysokotemperaturowe nadprzewodniki, nie zawsze przedstawiający aktualny stan wiedzy w tym zakresie; trudno o to winić Autorów, zważywszy na fakt napisania tej książki 4 lata temu. Mimo to, książka napisana jest na ogół przystępnie i jasno, a walorem podnoszącym jej jakość jest bardzo dobre tłumaczenie oraz wiele przypisów od Tłumaczy, wyjaśniających czy precyzujących omawiane wielkości i zjawiska.

W książce nie ma wielu błędów merytorycznych i redakcyjnych. Tłumaczom udało się utrzymać poprawną terminologię możliwą do przyjęcia w języku polskim. A oto zauważone błędy czy niedociągnięcia:

- s. 36 i 37: konsekwentnie wielkość  $\rho$  należałoby wszędzie nazywać oporem właściwym, a  $\rho_i$  oporem właściwym resztkowym, a nie pozostałościowym; wzór (2.6) przedstawia przybliżone wyrażenie na opór właściwy, a nie na opór resztkowy (pozostałościowy);
- s. 45: w opisie wzoru (2.15) brakuje wyjaśnienia, co oznacza symbol  $\Phi$ ; generalnie, wzory są często pozbawione opisu symboli wielkości w nich występujących i tylko dobrze wykształcony czytelnik może się domyślić ich prawidłowego znaczenia; proponuję pod tym kątem przejrzeć i uzupełnić większość występujących w książce wzorów oraz ewentualnie przy następnym wydaniu przygotować spis występujących w książce oznaczeń;
- s. 61: wzór (3.11) powinien być  $h = H_0 \exp(-x/\lambda)$ ;
- s. 88, wzór (4.19): pierwsze wyrażenie powinno być z kwadratem pod logarytmem;
- s. 95<sup>17</sup>: powinno być „wartość”;
- s. 109: we wzorze (5.8) nie opisany symbol  $zt$ ;
- s. 122: wzór (5.66), i jemu podobne z czynnikiem liczbowym, są tylko wtedy słuszne, gdy podaje się jednostki wielkości występujących we wzorze;
- s. 130<sup>10</sup>: żargonowe wyrażenie „wykres pasmowy” powinno brzmieć „schemat pasm elektronowych” lub „schematyczne przedstawienie elektronowej struktury pasmowej”;
- s. 140<sup>6</sup>: zupełnie niezrozumiałe, jeśli dodatkowo nie objaśnić, wyrażenie „niezmiennik cechowania” można by chyba opuścić;
- s. 168, rys. 7.4b: brak oznaczenia jednej ze środkowych płaszczyzn CuO;
- s. 172<sub>2</sub>: zdanie zaczynające się od „Anizotropia czterech WTN ...” jest obecnie niesłuszne;
- s. 173: rys. 7.7 podaje anizotropię oporu właściwego, a nie oporu;
- s. 186: na rys. 7.13 występuje nieopisany symbol ZJ oznaczający „Złącze Josephsona”;
- s. 190<sup>12</sup>: niepotrzebne powtórzenie: „z z”;
- s. 196: na rys. 8.2 powinno być Cu – 13% Sn.

Strona graficzna i czytelność tekstu książki nie budzi żadnych zastrzeżeń i jest na dobrym poziomie.

Podsumowując, należałoby polecić tę książkę jako bardzo cenny podręcznik w nauczaniu i studiowaniu. To, czym jest omawiana książka dobrze wyrażają słowa zamieszczone w stopce od Wydawnictwa: „Przez ponad dwadzieścia lat nie wydano w Polsce

podręcznika na poziomie akademickim o nadprzewodnictwie. Potrzeba ukazania się takiej książki była szczególnie widoczna wobec powszechnego zainteresowania, jakie wzbudziło odkrycie nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego”, oraz słowa samych Autorów dotyczące wysokotemperaturowego nadprzewodnictwa: „Nie ma zatem jednoznacznych przewidywań i stwierdzeń, poza jednym, że nadprzewodnictwo stało się najbardziej fascynującym zagadnieniem współczesnej fizyki”.

*Andrzej Kołodziejczyk*

Wydział Fizyki i Techniki Jądrowej AGH  
Kraków

H.-O. Peitgen, H. Jürgens, D. Saupe: **Granice chaosu. Fraktale, t. 2**  
z jęz. angielskiego tłumaczyły K. Pietruska-Pałuba, K. Winkowska-Nowak  
Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1996, s. 553

W rok po wydaniu pierwszego tomu pojawiła się druga część książki *Granice Chaosu. Fraktale*. Oczekiwali na nią z niecierpliwością wszyscy miłośnicy fraktali. Według moich obserwacji, z księgarń wrocławskich zdążyła już zniknąć pierwsza część. Nie grozi więc tej książce los niektórych innych pozycji wydanych przez Wydawnictwo Naukowe PWN, które po organizowanych co jakiś czas przecenach można kupić za symboliczną złotówkę (ostatnio spotkało to m.in. *Wstęp do fizyki laserów* K. Shimody czy tomy *Fizyki teoretycznej* L.D. Landaua i E.M. Lifszycy). Można stąd wnioskować, że nowe tendencje w fizyce cieszą się większą popularnością niż działy klasyczne.

Drugi tom jest bezpośrednią kontynuacją pierwszego, co daje się zauważyć w ciągłej numeracji rozdziałów i takim samym układzie graficznym książki. Dlatego szereg ogólnych uwag z mojej recenzji pierwszej części (*Postępy Fizyki* 47, zesz. 3, s. 297) jest w dalszym ciągu aktualnych.

Recenzowana książka zaczyna się od rozdziału ósmego poświęconego głównie L-systemom – sposobowi generowania fraktali przypominających rośliny. Metoda ta zapoczątkowana została przez zmarłego w 1989 r. biologa A. Lindenmayera. Do jej rozwoju przyczynił się w znacznym stopniu polski fizyk pracujący w Kanadzie, P. Prusinkiewicz. Współpracował on z Lindenmayerem, czego owocem była wspólna książka *The Algorithmic Beauty of Plants*. W czerwcu 1996 r. Prusinkiewicz przyjechał do Polski i ci, którzy byli na jego wykładach, mogli się przekonać, jak bardzo podobne do zdjęć naturalnych roślin są obrazy na ekranie komputera uzyskane za pomocą L-systemów. Niektóre z prezentowanych przez niego przezroczki były tak doskonałej jakości, że trudno było uwierzyć iż przedstawiały fotografie monitora komputera, a nie zostały wykonane w naturalnym parku.

Rozdział 9 poświęcono trójkątom Pascala i jego związkom z automatami komórkowymi. Zostały one spopularyzowane w szerokich kręgach pod koniec lat siedemdziesiątych jako tzw. gra w życie, a szczytowy okres zainteresowania automatami przypadł na połowę lat osiemdziesiątych, kiedy to zajmował się nimi S. Wolfram. Obecnie moda na te automaty praktycznie przeminęła, a sam Wolfram założył firmę produkującą i sprzedającą popularny program „Mathematica” do obliczeń symbolicznych.

Kolejne trzy rozdziały dotyczą chaosu. W pierwszej kolejności w rozdz. 10 omawiane są cechy zachowania chaotycznego: wrażliwość na warunki początkowe, własność mieszania oraz ergodyczność. Przy omawianiu na s. 215 zasad działania kalkulatora kieszonkowego Autorzy nie poinformowali, że omawiają coś, co nazywane jest arytmetyką BCD, od „binary coded decimals”.

Rozdział 11 zawiera analizę odkrytej przez M. Feigenbauma uniwersalności przejścia do stanu chaosu na drodze podwajania okresów. To właśnie drzewo bifurkacji Feigenbauma jest jednym z symboli teorii chaosu. Autorzy nie omawiają równania funkcjonalnego punktu stałego dla operatora podwajania, nazywanego czasem równaniem Cvitanovica-Feigenbauma, lecz w przypisie na s. 275 podają literaturę dotyczącą tych zagadnień. Świadczy to o tym, że *Granice Chaosu. Fraktale* są jednak książką adresowaną do ucznia szkoły średniej lub studenta (jak zresztą sugeruje to angielski tytuł *Fractals for the classroom*), a nie dla pracownika naukowego: mimo dużej objętości, przedstawiony jest głównie materiał o charakterze podstawowym i wstępnym, a rzeczy trudniejsze pominięto. Kolejnym potwierdzeniem tej opinii są paragrafy 13.2 i 13.3, wprowadzające liczby zespolone – materiał wykładany w kursie algebry dla I roku fizyki, a czasem omawiany nawet w liceach. Na s. 279–80 Autorzy nie napisali jasno, że lewy dolny wykres na rys. 11.33 przedstawia wartości  $f_a^2(x_k)$  dla parzystych  $k$ , a prawy to samo, ale dla nieparzystych wskaźników  $k$ .

W następnym rozdziale czytelnik zapoznaje się z dziwnymi atraktorami, czyli fraktalnymi zbiorami związanymi z układami dynamicznymi wykazującymi zachowanie chaotyczne. Omówiono kolejno klasyczne atraktory Lorenza, Henona i Rösslera. Na koniec przedstawiono analizę chaotycznego ruchu metalowego wahadła w pobliżu trzech magnesów. Zagadnienie to jest w fascynujący sposób ukazane na towarzyszącej książkom kasecie wideo. Wydaje mi się, że Autorzy mogli zdradzić czytelnikowi sposób szybkiego wykonania trzech ilustracji na rys. 12.53 (s. 390). Mianowicie, wystarczy wykonać tylko jedną połówkę prawego górnego rysunku dla nieco większej sieci pikseli, wtedy korzystając z symetrii zagadnienia dostaje się dolną połówkę, a potem po obrotach o  $120^\circ$  dwa rysunki w lewej kolumnie.

W ostatnich dwóch rozdziałach Autorzy znowu powracają do fraktali. Na zakończenie książki zostawiono najbardziej frapujące, ale i trudne matematycznie zagadnienia związane ze zbiorami Julii (rozdz. 13) oraz zbiorem Mandelbrota (rozdz. 14). Bardzo pouczający jest przykład redukcji cyfr znaczących podczas obliczeń na komputerze zamieszczony na s. 418–19. I znowu na kasecie wideo można obejrzeć zapierającą dech w piersiach podróż po bajecznie kolorowym zbiorze Mandelbrota. Mimo dużych wysiłków, tylko bardzo niewiele faktów o zbiorach Julii albo zbiorze Mandelbrota udało się ściśle udowodnić. Jedne z tych nielicznych rezultatów uzyskał polski matematyk M. Miśurewicz. W długim przypisie na s. 503–4 tłumaczki umieściły informację o pracach francuskiego matematyka J.-C. Yoccoza poświęconych lokalnej spójności zbiorów Julii i zbioru Mandelbrota. W 1994 r. otrzymał on Medal Fieldsa.

Tak jak i pierwszy tom, obecnie recenzowana II część jest według mnie bardzo dobrze przetłumaczona na język polski. Nowa dziedzina badań posługuje się nowymi pojęciami i terminami. Oczywiście nie ukształtowała się jeszcze polska terminologia i dlatego tłumaczki miały zapewne w niejednym miejscu trudności w znalezieniu polskiego odpowiednika dla danego słowa angielskiego. Moje zastrzeżenia dotyczą przede wszystkim

tłumaczenia „basin” jako „basen”, co wydaje się zbyt dosłownym odpowiednikiem. Ja raczej używam słowa „dorzecze”, co zresztą jest jednym z polskich znaczeń „basin” podawanych np. przez *Wielki Słownik Angielsko-Polski* Stanisławskiego. Osobna historia to używanie w polskiej ortografii przecinka na oznaczenie miejsca dziesiętowego w liczbach rzeczywistych. Prowadzi to do nieporozumień, bo np.  $b = 0,3$  w podpisie do rys. 12.16, można traktować jako parę parametrów  $b = 0$  i  $b = 3$ , a nie jedną wartość  $b = 0.3$ . W wielu miejscach, jak np. na stronach 320 i 336 w pierwszej chwili źle interpretowałem ten niejednoznaczny zapis. Dlatego uważam, że tę regułę należy w języku polskim zmienić. Ciekawiło mnie, jak też przetłumaczono „intermittency”, bo sam miałem kilka razy problem z tym słowem. Jednak nie pamiętam, aby tłumaczki użyły czegoś innego niż po prostu „intermitencja” (np. s. 291 i 296). Słyszałem o polskich propozycjach „migotanie” oraz „sporadyczność”. Szczególnie tę drugą możliwość uważam za bardzo udaną próbę spolszczenia łacińskiego słowa *inter-mitto*, które słownik łacińsko-polski tłumaczy między innymi jako „puścić między co, w środek, tymczasowo”. Z powodu tego łacińskiego pochodzenia może nie trzeba na siłę szukać polskiego odpowiednika, a używać po prostu „intermitencja”. Jednak w rosyjskiej literaturze fizycznej zamiast „intermitencji” występuje „pieriemieżajemost”, co odpowiada polskiemu słowom „przeplatanie”, „przerywanie”. Zauważyłem, że na końcu przypisu na s. 490 napisano „badanie turbulencji”, podczas gdy w oryginale było „discussion of intermittency”.

Trafnie natomiast przetłumaczono „crisis” jako „przesilenie” (s. 299). Być może przyjmie się to powszechnie w polskiej literaturze i wyprze źle brzmiące „kryzys”. Kolejne angielskie słowo, które jest używane czasem w dosłownej postaci w języku polskim to „repeler”, tzn. spolszczenie polega na opuszczeniu podwójnego „ll”. Gdy trzeba tego użyć jako rzeczownika, to faktycznie czasem lepiej zapożyczyć słowo z angielskiego, niż mówić „odpychający punkt stały”, jak proponują tłumaczki na s. 235. Ale czasem można zamienić rzeczownik na przymiotnik, jak np. na s. 247<sup>7</sup>, gdzie występujące w oryginale „it is a repeller” przetłumaczono jako „staje się odpychający”.

W przypisie 26 na s. 125 występujące w angielskim wydaniu „via rescaling techniques” lepiej było przetłumaczyć na „używając technik przeskalowania”. Na dole s. 135 tajemniczo wygląda oznaczenie tablicy „lut”; można było podać w nawiasie, że pochodzi to od „look-up table”. Autorki przekładu spolszczają w odpowiednich miejscach oznaczenia, np. na s. 268 zamiast H (high) i L (low) używają G i D, od słów „górnny” i „dolny”. W rozdz. 13 występujące w oryginale pojęcia „prisoners” oraz „escapees” są tłumaczone jako „więźniowie” i „uciekiniery”, przy czym odpowiednio do tego we wzorach występują symbole W i U, zamiast P, E. W związku z tym w równaniu na dole s. 429 po lewej stronie zamiast  $P_c$  powinno być  $W_c$ .

Znalazłem kilka usterek, z których najpoważniejsze teraz wyliczę:

- 111<sub>12</sub>: zamiast „sformuujemy” poprawnie jest „sformułujemy”;  
 240<sup>10,11</sup> zamiast  $f'(x^*) = 0$  powinno być samo  $f'(x^*)$ ;  
 403<sub>6</sub>: zamiast  $z+$  powinno być  $z =$ ;  
 428<sup>15</sup>: zamiast „i nie większa niż” powinno być „i większa niż”;  
 502<sub>7</sub>: zamiast  $|\alpha - \alpha_k| > \frac{10}{10^{(k+1)}}$  powinno być  $|\alpha - \alpha_k| < \frac{10}{10^{(k+1)}}$ .

Drugi tom jest trudniejszy niż pierwszy (zresztą znajduje to potwierdzenie w angielskich tytułach obu tomów, bo pierwszy ma podtytuł *Introduction to Fractals and Chaos*,

a drugi tom: *Complex Systems and Mandelbrot Set*). Niemniej jednak przeczytanie całości może stanowić zachęcające wyzwanie dla ucznia szkoły średniej lub studenta.

*Marek Wolf*

Instytut Fizyki Teoretycznej UW  
Wrocław

Harry Y. McSween, Jr.: **Od gwiazdznego pyłu do planet**  
z jęz. angielskiego tłumaczył Andrzej Pilski  
Wydawnictwo Prószyński i S-ka, Warszawa 1996, s. 287

Na początku sierpnia 1996 r. świat obiegła sensacyjna wiadomość, że w pochodzącym z Marsa meteorycie znaleziono ślady prymitywnych form życia sprzed ponad trzech miliardów lat. Najpierw było to oświadczenie dyrektora amerykańskiej agencji kosmicznej NASA ogłoszone 6 sierpnia, dzień później odbyła się w Waszyngtonie konferencja prasowa na ten temat, w której uczestniczyli główni autorzy odkrycia, a także został opublikowany oficjalny komunikat NASA, i wreszcie 16 sierpnia ukazała się w tygodniku *Science* siedmiostronicowa praca dziewięciu naukowców amerykańskich podsumowująca kilkuletnie badania meteorytu marsjańskiego ALH84001 i wnioski z nich wynikające. To wszystko pociągnęło za sobą lawinę artykułów i komentarzy – od entuzjastycznie proklamujących odkrycie życia pozaziemskiego, po bardzo sceptycznie traktujące te doniesienia krytyki.

Zażartej dyskusji problemu życia na Marsie nie widać końca. Znaczących zagadnienia niepokoi głównie interpretacja wyników badań tego niezwyklego meteorytu, zaś niespecjalistów nurtuje przede wszystkim pytanie, skąd wiadomo i jaką można mieć pewność, że znaleziony na Antarktydzie w 1984 r. meteoryt rzeczywiście pochodzi z Marsa. Tę ostatnią kwestię szczegółowo analizuje Harry McSween, Jr. w jednym z rozdziałów książki *Od gwiazdznego pyłu do planet*, która akurat w sierpniu 1996 r. pojawiła się na naszym rynku księgarskim. Trudno o lepsze trafienie w zapotrzebowania czytelników, otrzymujących informacje na tak bardzo aktualny temat dosłownie z pierwszej ręki. Autor książki jest bowiem amerykańskim geologiem planetarnym, którego hipoteza o marsjańskim pochodzeniu kilku meteorytów, a wśród nich słynnego już dziś ALH84001, znalazła sporo wiarygodnych potwierdzeń.

Rozgłos, jaki nadano sprawie odkrycia prawdopodobnych śladów życia na Marsie, niewątpliwie przyczynił się do poczytności książki McSweena. Któż mógł przypuszczać, że już w kilka miesięcy po jej ukazaniu się, następne sensacje naukowe znowu zachęcą do sięgnięcia po nią. Tym razem stało się to za sprawą sondy kosmicznej GALILEO, która od ponad roku krąży wokół Jowisza zaskakując coraz to ciekawszymi odkryciami. Najbardziej frapującym, które przyćmiło nawet spektakularne potwierdzenie obecnej aktywności wulkanicznej księżycy Io, odkrytej za pomocą sond VOYAGER w końcu lat siedemdziesiątych, jest uzyskanie przekonujących świadectw możliwości istnienia życia na kolejnym księżycu jowiszowym o nazwie Europa.

Zdjęcia powierzchni Europy, wykonane z odległości zaledwie kilkuset kilometrów, ukazały płataninę przedziwnych struktur liniowych na lodowej powierzchni tego satelity. Z geologicznego punktu widzenia wskazuje to na obecność tam działalności wulkanicznej



prowadzącej do różnych pęknięć i wzajemnych przemieszczeń się płyt lodowych. Prawie zupełny brak kraterów uderzeniowych sugeruje natomiast młody wiek powierzchni, potwierdzając tym samym jej obecną aktywność, niwelującą ślady spadków na nią meteorytów. Wulkanizm wymaga oczywiście grzania wewnętrznego. Nie znamy jeszcze jego mechanizmu, ale nietrudno wyobrazić sobie jego skutki. Pod być może niezbyt grubą skorupą lodową, stanowiącą powierzchnię satelity, znajduje się prawdopodobnie woda w stanie płynnym. Ocean wodny jest zaś – jak wiemy – idealnym środowiskiem dla rozwoju życia. Uzasadnienie rozumowania, które doprowadziło interpretatorów zdjęć Europy do tak niezwykłych wniosków, znajdziemy właśnie w książce McSweena. Wprawdzie nie mówi się w niej o Europie, tylko o powierzchniach lodowych i wulkanizmie innych obiektów Układu Słonecznego, ale to oczywiście wystarczy do zrozumienia mechanizmów, które są odpowiedzialne za kształtowanie powierzchni drugiego po Marsie, najpoważniejszego kandydata do poszukiwań życia pozaziemskiego.

Te dwa przykłady aktualności tematyki książki *Od gwiazdznego pyłu do planet*, będące jednak tylko szczęśliwym zbiegiem okoliczności, trudno uznać za jedyny wyznacznik jej wartości. Zasadniczym walorem książki McSweena jest przede wszystkim spojrzenie na Układ Słoneczny z perspektywy geologicznej. Pozwala ono znacznie głębiej i bardziej wnikliwie poznać oraz zrozumieć nasze najbliższe otoczenie kosmiczne, na które dotychczas patrzyliśmy przeważnie z astronomicznego punktu widzenia. Ta „geologiczna podróż przez Układ Słoneczny” – jak głosi podtytuł książki – pokazuje jak planety, księżyce, planetoidy i komety zmieniają się z upływem czasu, i jakie procesy fizyczne i chemiczne rządzą tymi zmianami. A ponieważ procesy te są na ogół takie same lub podobne do tych, które kształtowały Ziemię, więc określa się je najczęściej mianem „geologicznych”, mimo że etymologia tego słowa przywiązuje je tylko do naszej planety.

Wartość książki McSweena ukryta jest ponadto w sposobie przedstawienia materiału. Z pozornego galimatiasu omawianych spraw (który zresztą Autor zapowiada w pierwszym rozdziale: „Będziemy przeskakiwać z rozpalonej powierzchni Wenus na lodowate jądro komety Halleya, z okruchów gwiazdowego pyłu zawartych w meteoroidach do koryt dawnych rzek na Marsie”) niemal niepostrzeżenie wyłania się spójny obraz pochodzenia i geologicznej ewolucji Układu Słonecznego. Na taką konstrukcję książki mógł sobie pozwolić jedynie wybitny i wszechstronny znawca zagadnienia. Jeśli jeszcze do tego dodać barwny styl oraz klarowny język Autora, to śmiało można powiedzieć, że książka *Od gwiazdowego pyłu do planet* jest nieprzeciętnym, a może nawet znakomitym dziełem literatury popularnonaukowej.

Trzeba też podkreślić doskonałość tłumaczenia. Nie zdarza się często, aby w tego typu tekstach wierny przekład potrafił jednocześnie oddać piękno i subtelność języka Autora. Zdumiewa przy tym swoboda z jaką Tłumacz, który jest astronomem, operuje terminologią geologiczną.

Recenzja byłaby niepełna, gdyby zabrakło uwag krytycznych. Ale w przypadku książki McSweena bardzo trudno je znaleźć. Zakończmy więc może tylko westchnieniem: jaka szkoda, że niezbyt dobrze brzmiący tytuł książki tak słabo oddaje jej bogactwo.

Krzysztof Ziolkowski

Centrum Badań Kosmicznych PAN  
Warszawa

## LISTY DO REDAKCJI

## Bałamutny film o Marii i Piotrze Curie

Niedawno wszedł na ekrany francuski film zatytułowany „Palmy pana Schutza” Claude’a Pinoteau, nakręcony według bulwarowej sztuki pod tym samym tytułem młodego dramaturga Jean-Noëla Fenwicka.

Paul Schutzenberger, wybitny chemik, był założycielem i pierwszym dyrektorem Szkoły Fizyki Przemysłowej i Chemii Przemysłowej miasta Paryża, w której Maria i Piotr Curie dokonali epokowego odkrycia polonu i radu. Nie trudno się domyślić, że to jego ma przedstawiać w sztuce i filmie pan Schutz. Tylko że pan Schutz jest groteskowym karierowiczem opanowanym żądzą otrzymania orderu Palm Akademickich przyznawanego za zasługi dla edukacji narodowej. Trzeba, aby w tym celu w podległej mu uczelni dokonano jakiegoś wybitnego odkrycia. Piotr Curie i Gustave Bémont nie bardzo radzą sobie z odkryciem promieniotwórczości. Toteż dla przyspieszenia ich badań dyrektor Szkoły narzuca im jako współpracownika młodą Polkę Marię Skłodowską. Z jej to pomocą promieniotwórczość zostanie odkryta i dyrektor Schutz otrzyma upragniony order. Oto w skrócie treść tego naiwnego filmu.

Przyznać trzeba, że kostiumy, a jeszcze bardziej dekoracje, są znakomite. Świetnie ucharakteryzowani aktorzy, Isabelle Hupert jako Maria Skłodowska-Curie i Charles Berling jako Piotr Curie, a ponadto wybitny aktor Philippe Noiret jako odtwórca postaci tytułowej, z humorem i werwą grają powierzone im role. Ale czy to wystarczy?

Autor utworu beletrystycznego ma prawo wyposażyć osoby, które rzeczywiście istniały, w pewne drugorzędne cechy fizyczne, może wydarzenia prawdziwe nieco zmodyfikować i dodać pewne zmyślane sytuacje. Wszystko to jest dopuszczalne, pod warunkiem jednak, że podstawowe fakty historyczne nie zostaną zniekształcone. Niestety, w omawianym filmie odstępstwa od prawdy daleko przekraczają granice, na jakie zezwala konwencja burleski.

Wymienię kilka rażących przeinaczeń. Promieniotwórczość odkrył Henri Becquerel, nie zaś małżonkowie Curie; oni natomiast odkryli polon i rad. Maria i Piotr Curie otrzymali w filmie rad, gdy w rzeczywistości najpierw (w 1898 r.) tylko radonośny chlorek radu, a później (w 1902 r.) czysty chlorek radu; dopiero kilka lat po tragicznej śmierci Piotra Curie, Maria Skłodowska-Curie we współpracy z André Debiermem otrzyma metaliczny rad. Małżonkowie Curie nie prowadzili, jak w filmie, badań spektroskopowych, lecz na ich prośbę wykonywał je Eugène Demarçay. To nie Maria Skłodowska była narzucona do pomocy Piotrowi Curie, lecz na odwrót, to on, gdy żona uzyskała obiecujące wyniki, przyłączył się do jej badań. Dodam wreszcie, że małżonkowie Curie rozpoczęli badania „promieni uranowych” już ... po śmierci Schutzenbergera, który zmarł w czerwcu 1897 r. Pomijam liczne pomniejszych nieścisłości.

Aby zadość uczynić francuskiemu stereotypowi Polaka, Maria Curie wytwarza w pracowni ... wódkę, a także materiały wybuchowe – Polacy znani są przecież jako wieczni powstańcy i zamachowcy. A już w żaden sposób nie mogą sobie wyobrazić Marii Skłodowskiej, która – by wymusić na Piotrze Curie i Bémontcie dopuszczenie jej do pracy – grozi, iż ... zerwie suknię i będzie krzyczała, że ją gwałcą.

Zupełnie zaś zrozumieć nie mogę, jak francuskie środowisko naukowe dało placet na produkcję tego filmu. Poważny fizyk prof. Jacques Lewiner, obecny dyrektor naukowy uczelni, w której pracowali małżonkowie Curie, był konsultantem naukowym filmu. Dwaj francuscy laureaci Nagrody Nobla z fizyki, Pierre Gilles de Gennes i Georges Charpak, grają w filmie epizodyczne role woźniców, którzy przywożą do baraku blendę smolistą. Jest to zabawne mrugnięcie do publiczności, ale jednocześnie prestiż naukowy noblistów uwiarygodnia film w opinii widzów. Notabene, i tutaj popełniono nieścisłość: worki zawierały nie blendę smolistą, lecz odpady po wydzieleniu z niej uranu.

Film został nakręcony w okresie, i chyba z okazji, obchodów 100-lecia odkrycia promieniotwórczości. Miał on spopularyzować w społeczeństwie postacie Marii i Piotra Curie. Może je istotnie przybliży szerokiej publiczności, ale wprowadza ją w błąd co do ich dokonań naukowych.

Film, po usunięciu niektórych prymitywizmów, byłby może zabawną komedią (sątyrą na stosunki panujące w pewnych środowiskach naukowych), gdyby bohaterowie nie nazywali się Maria Skłodowska, Piotr Curie, Gustave Bémont czy Schutz(enberger).

*Józef Hurwic*

Marsylia

## K R O N I K A

## PTF

## Komisja Nazewnictwa Fizycznego

Niedawno ukonstytuowała się na nowo Komisja Nazewnictwa Fizycznego PTF w składzie (w nawiasach adresy elektroniczne): Maria Giller, Uniwersytet Łódzki (mgiller@zpk.u.lodz.pl), Tadeusz Hilczer, Uniwersytet Adama Mickiewicza (hilczer@vm.amu.edu.pl), Bernard Jancewicz, przewodniczący, Uniwersytet Wrocławski (bjan@ift.uni.wroc.pl), Jerzy Massalski, Kraków, Leszek Sokołowski, Uniwersytet Jagielloński (ufl.sokol@thrisc.if.uj.edu.pl), Andrzej Zastawny, Politechnika Śląska (zastawny@tytan.matfiz.polsl.gliwice.pl).

Za swoje podstawowe zadanie Komisja uważa dbanie o ładny i poprawny język fizyki oraz w miarę możliwości (nie za wszelką cenę) znajdowanie polskich odpowiedników dla coraz to nowych terminów angielskich pojawiających się nieustannie w naszej dziedzinie. Oczekujemy wszelkich uwag i propozycji w tym zakresie, najlepiej pocztą elektroniczną na adres kogokolwiek z Komisji. Od czasu do czasu, po zebraniu pewnej liczby proponowanych zwrotów i słów będziemy przygotowywać komunikat dla *Postępów Fizyki*.

Oto pierwsze przykłady propozycji, jakie do nas dotarły i uzyskały akceptację.

1. W miejsce *rapidity* proponujemy *raptowność*, gdyż oba słowa: polskie i angielskie mają to samo pochodzenie od łacińskiego *raptus*.

2. Zalecamy używanie zwrotów *widmo energii* i *poziom energii* zamiast *widmo energetyczne* i *po-*

*ziom energetyczny*. Proponowane zwroty są krótsze i lepiej oddają przedstawiany sens. Nie mówimy na przykład „*widmo pędowe*” czy „*widmo masowe*”.

3. Spośród występujących równolegle zwrotów *promieniowanie kosmiczne* oraz *promienie kosmiczne* za lepsze uważamy to drugie, gdyż *promieniowanie* bardziej pasuje do fal elektromagnetycznych.

4. Zwracamy uwagę na to, że istnieje już polski odpowiednik *jetu*, mianowicie *struga* pojawiający się w artykułach *Świata Nauki*.

Kończąc apeluję do wszystkich fizyków polskich, aby zgłaszali nam wszelkie propozycje w sprawach języka fizyki.

Bernard Jancewicz

## Oddział Częstochowski

Dnia 7 maja 1997 r. odbyło się Walne Zebranie Oddziału Częstochowskiego PTF, na którym omówiono działalność ustępującego Zarządu oraz wybrano Zarząd na nową kadencję.

Przewodniczący Zarządu Oddziału, Jerzy J. Wysocki, przedstawił sprawozdanie z działalności Oddziału w okresie 1995-97. Głównym kierunkiem pracy była integracja częstochowskiego środowiska fizyków w działalności naukowej i popularyzatorskiej. W okresie sprawozdawczym odbyło się 10 posiedzeń naukowych, na których referaty wygłaszali członkowie Oddziału i zaproszeni goście. Wśród naszych gości byli m.in. prof. Henryk Szymczak, prof. Andrzej Hryniewicz i ks. prof. Michał Heller.

Znaczącym wydarzeniem w życiu środowiska fizyków Częstochowy było nadanie tytułu doktora *honoris causa* Politechniki Częstochowskiej profesorowi Henrykowi Szymczakowi (patrz Kronika 2/96).

W ramach działalności popularyzatorskiej członkowie Oddziału prowadzili zajęcia dla uczniów szkół średnich i podstawowych w formie zamawianych przez szkoły pokazów. Ponadto zorganizowano obserwacje nieba i komety Hale'a-Boppa, uzupełnione prelekcjami mgra J. Bieleninika. Pokazy nieba spotkały się z tak dużym zainteresowaniem, że powtarzano je kilkakrotnie. Rezultatem tych pokazów była wystawa zdjęć komety Hale'a-Boppa zrobionych przez studenta Politechniki Częstochowskiej, Pawła Juszczyka.

Wspólnie z Katowickim Związkiem Akademickim „Emaus” prowadzono seminarium interdyscyplinarne popularyzujące wiedzę fizyczną i nauki przyrodnicze (patrz Kronika 3/97). Seminarium to zdobyło sobie wysoką renomę w środowisku częstochowskim. Szczególnym zainteresowaniem cieszył się wykład ks. prof. Michała Hellera zatytułowany „Racjonalność Wszechświata”.

Inną formą działalności popularnonaukowej jest opieka nad Międzyuczelnianym Kołem Naukowym Fizyki Współczesnej, w co szczególnie zaangażowany jest dr Adam Cudak.

Kontynuowano także organizację Olimpiad Fizycznych I i II stopnia dla uczniów woj. częstochowskiego, kieleckiego i opolskiego.

W czasie trwania kadencji 5 osób zostało skreślonych z ewidencji oraz przyjęto 3 nowych członków. Aktualnie Oddział Częstochowski PTF liczy 64 członków.

Po zapoznaniu się ze sprawozdaniem z działalności Oddziału i sprawozdaniem Komisji Rewizyjnej, a także po interesującej dyskusji, zebrani jednogłośnie

udzielili absolutorium ustępującemu Zarządowi.

Następnie wybrano Zarząd na kadencję 1997–99 w następującym składzie: Marian Głowacki (przewodniczący), Kazimierz Dziłiński (wiceprzewodniczący), Beata Białek (sekretarz), Piotr Pawlik (skarbnik), członkowie – Ewa Jakubczyk, Bolesław Wysłocki, Jerzy J. Wysłocki, Henryk Kołodziej. Korespondentem *Postępów Fizyki* został Jerzy J. Wysłocki. Wybrano również nową Komisję Rewizyjną w składzie: Wojciech Lenkow (przewodniczący), członkowie – Romualda Pfranger i Lucyna Schab.

*Jerzy J. Wysłocki*

### Oddział Lubelski

Dnia 19 czerwca br. odbyło się Walne Zebranie członków Oddziału Lubelskiego PTF. Na wstępie wysłuchano referatu dr Barbary Gładyszewskiej pt. „Idealizacja w Fizyce”. W swoim pięknym wykładzie dr Gładyszewska w porywający sposób przedstawiła zagadnienia związane z „podróżą” od wyniku pomiaru poprzez przybliżenia do teorii opisującej zjawisko. Teoria taka – co jest immanentną cechą teorii w fizyce – zawsze zawiera przybliżenia. Stosowanie teorii w praktyce musi więc zawsze być poprzedzone dokładnym zrozumieniem zastosowanych przybliżeń. Konieczność stosowania przybliżeń rodzi wiele rozczarowań, nie tylko wśród studentów, ale również w szeroko rozumianym społeczeństwie. Wynika to z naturalnego dążenia człowieka do poznania całej prawdy a nie tylko tej okrojonej przez przybliżenia. Tymczasem piękno nauki wyraża się właśnie w ciągłym definiowaniu swojej niewiedzy (przybliżenie) w taki sposób aby jak najlepiej wykorzystać to co już wiemy (teoria). Wykład ilustrowany był licznymi przykładami.

Po wykładzie prof. S. Hałas wręczył kwiaty dr Gładyszewskiej w imieniu Zarządu Oddziału Lubelskiego PTF z podziękowaniem za długoletnią pracę dydaktyczną i naukową. Dr Barbara Gładyszewska od przyszłego semestru przechodzi bowiem na emeryturę. Lubelska dydaktyka fizyki ponosi przez to wielką stratę, którą jednak dr Gładyszewska obiecuje zrekomensować intensywną pracą w Polskim Towarzystwie Fizycznym. Gratulacje i podziękowania w imieniu środowiska nauczycieli lubelskich złożyła również dr A. Superson-Wojciechowska.

Następnie zebrani przeszli z auli im. Prof. St. Ziemeckiego do sali konferencyjnej Instytutu Fizyki, gdzie rozpoczęła się robocza część Walnego Zebrania. Przewodniczącym Zebrania wybrany został prof. Keshra Sangwall z Politechniki Lubelskiej. Sala udekorowana była pięknie kwiatami jaśminu przez p. Annę Żywicką, na co zwrócił uwagę prof. K.I. Wysokiński. Do dyspozycji zebranych oddano wafle w czekoladzie (średni czas życia wafli wynosił około 5 minut), herbatę i kawę.

Odczytano sprawozdania z działalności Oddziału. W ciągu ostatnich 2 lat pracy Oddziału Lubelskiego PTF odbyło się 20 posiedzeń Towarzystwa, o numerach kolejnych od 560 do 580, na których średnia frekwencja wynosiła 22 osoby. Odbyło się 11 posiedzeń Zarządu. Współorganizowano lub dofinansowano: dwie konferencje naukowe, eliminacje Olimpiady Fizycznej oraz Wojewódzkiej Olimpiady Astronomicznej, obserwacje komety Hale'a-Boppa. Zakupiony został zestaw komputerowy dla potrzeb biblioteki Instytutu Fizyki. Liczba członków Oddziału Lubelskiego PTF wzrosła i wynosi obecnie 120 osób.

Sprawozdanie ustępującego Zarządu, Komisji Rewizyjnej i Komitetu Olimpiad Fizycznych przyjęto bez zastrzeżeń, po czym udzielono absolutorium Zarządowi.

Profesor B. Adamczyk zwrócił uwagę na 30-letnią już pracę dr Marka Sowy przy organizacji Olimpiad Fizycznych. Następnie wybrano S. Hałasa ponownie na stanowisko przewodniczącego Oddziału Lubelskiego PTF, stosunkiem głosów 32:5 przy jednym wstrzymującym się. Na członków Zarządu zostali wybrani: J. Siewiesiuk, B. Gładyszewska, J. Szaran, K. Sangwall, R. Walczak; Komisja Rewizyjna: B. Jasińska, A. Superson-Wojciechowska oraz R. Kuduk. Wybrano również delegatów na Walne Zebranie PTF, które ma odbyć się podczas Zjazdu Fizyków Polskich. Delegatami zostali: W.A. Kamiński, K. Sangwall, J. Meldizon, K.I. Wysokiński, S. Hałas, M. Sowa, J. Szaran.

W dyskusji zwrócono uwagę na sprawy organizacji kolejnych, w tym roku już 38 Pokazów z Fizyki. Pokazy od kilku lat cieszą się stale rosnącą popularnością, np. w latach 1995–96 obejrzało je ponad 30 tysięcy uczniów i nauczycieli. Tak wielka, niespotykana nigdzie indziej w Polsce skala imprezy nakłada na organizatorów, czyli Oddział Lubelski PTF oraz Instytut Fizyki UMCS, szczególną odpowiedzialność za poziom prezentacji pokazowych. Poziom Pokazów kontroluje komisja składająca się z dyrekcji Instytutu Fizyki, lubelskich nauczycieli fizyki, przedstawicieli Zarządu Oddziału Lubelskiego PTF i zainteresowanych pracowników, która corocznie dokonuje kolaudacji. Komisja ta nierazko ordynuje poważne zmiany lub ulepszenia w programie każdej z czterech prezentacji, oraz wychwytuje błędy dydaktyczne. Zdaniem prof. Kamińskiego Pokazy powinny być bardziej ambitne, a obecnie są, jak się wyraził, przyjemną papką. Ta i inne uwagi zostaną z pewnością uwzględnione przez organizatorów w bieżącym roku.

W tegorocznym programie znajdują się cztery półgodzinne pokazy: Przemiany

energii (prof. B. Adamczyk, dr hab. L. Michalak), Akustyka (mgr R. Kazański, mgr M. Paradowski), Ciecze i gazy (dr Z.W. Zareński, dr J.M. Zinkiewicz), *Panta rhei* (dr M. Kulik, dr hab. A. Baran). Pokazy odbędą się w dniach 8–12, 15–19 i 22–26 września 1997 r., w godzinach 8:00, 10:30, 13:00 i 16:00 w Instytucie Fizyki UMCS, plac Marii Curie-Skłodowskiej 1, 20-031 Lublin. Cena biletu wstępu wynosi 4.50 zł. Zgłoszenia przyjmuje i wszelkich dodatkowych informacji udziela mgr Piotr Staszewski pok. 102, tel. (0-81) 537-62-51, adres eł.: piotrs@tytan.umcs.lublin.pl.

Ankieta przeprowadzona wśród studentów fizyki przez panią dr Mariannę Trajdos wykazała istotny wpływ Pokazów na decyzję studiowania fizyki. W tym roku na fizykę w UMCS na 120 miejsc stara się dostać ponad 200 kandydatów.

*Tomasz Durakiewicz*

### Oddział Poznański

Oddział Poznański PTF współorganizował (razem z Komitetem Fizyki PAN i Oddziałem Poznańskim PAN) sympozjum naukowe „Nadprzewodnictwo spinowe w helu-3”. Spotkanie odbyło się 30 kwietnia 1997 r. w Ośrodku Nauki PAN w Poznaniu. Referaty wygłosili prof. A. Borowik-Romanow (Instytut Badań Podstawowych P. Kapicy, Moskwa) i prof. J. Czerwonko (Wrocław). Po każdym z referatów odbywała się wyczerpująca dyskusja.

*Ryszard Czajka*

### Posiedzenie Rady EPS

W dniach 20 i 21 marca 1997 r. odbyło się w Miluzie posiedzenie Rady Europejskiego Towarzystwa Fizycznego (EPS). Obrady rozpoczął prorektor Uniwersytetu Południowej Alzacji witając uczestników w imieniu swojej uczelni. Podkreślił, że śro-

dowisko naukowe Miluzy z dużą satysfakcją przyjęło decyzję o ulokowaniu sekretariatu Towarzystwa w ich mieście. Następnie prezes Europejskiego Towarzystwa Fizycznego prof. Herwig Schopper przedstawił Radzie strategię działania Towarzystwa. Wymienił cztery podstawowe kierunki tej strategii. Są to: ściślejsze kontakty ze środowiskami fizyków nie zajmujących się badaniami podstawowymi, troska o nową generację fizyków, umacnianie współpracy „wschód-zachód” oraz propagowanie w społeczeństwie znaczenia fizyki. Przy bardziej szczegółowym omawianiu wymienionych kierunków Schopper zauważył m.in., że podział na „wschód” i „zachód” stopniowo się zaciera i niedługo straci rację bytu. Wyjaśniając decyzję o przeniesieniu siedziby sekretariatu z Genewy do Miluzy podkreślił, że przyniosło to istotne obniżenie kosztów jego działalności. Potwierdził to w swoim sprawozdaniu skarbnik Towarzystwa prof. J.L. Lewis. Rok 1996 był drugim rokiem, którego bilans EPS zamykał się nadwyżką przychodów nad wydatkami.

Rada wybrała nowy skład Komitetu Wykonawczego EPS. W jego skład wszedł także autor tej notatki.

Dalsze obrady wypełniły sprawozdania z działalności komisji i zespołów roboczych. Rada wysłuchała informacji dotyczących czasopism *Europhysics News*, *Europhysics Letters* oraz *European Journal of Physics*. Uznała za uzasadnioną decyzję o zmianie redaktora *Europhysics News*.

Po zakończeniu posiedzenia Rady odbyło się zebranie nowo wybranego Komitetu Wykonawczego. Omówiony został harmonogram pracy oraz ustalono zakres działania poszczególnych członków Komitetu. Ustalono termin następnego posiedzenia Komitetu.

*Ryszard Sosnowski*

## Nominacje profesorskie

Tytuł naukowy profesora nauk fizycznych, nadany przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej, otrzymali w dniu 14 maja 1997 r.: Lucjan Jacak (PWr), Piotr Mieczysław Kosiński (UŁ) i Kazimierz Różański (AGH, Kraków).

*Forum* 4, nr 6 (1997)

## Nagroda ICO

Nagrodę Międzynarodowej Komisji Optyki (ICO) otrzymał w 1996 r. Vladimir Buzek za swój wkład w rozwój teoretycznej optyki kwantowej.

Buzek, urodzony w 1957 r. w Bratysławie jest profesorem Słowackiej Akademii Nauk. Badał powstawanie stanów ściśniętych i inne zjawiska nieklasyczne, jak np. subpoissonowska statystyka fotonów, oscylacje rozkładu liczby fotonów wywołane nakładaniem się spójnych pól, własności statystyczne i fazy stanów końcowych interferometru Macha-Zehndera z nieliniowym ośrodkiem w jednym ramieniu. Stworzył silny ośrodek badań optyki kwantowej grupując fizyków ze Słowackiej Akademii Nauk i Uniwersytetu Komeniusa w Bratysławie.

Nagroda ICO, ustanowiona w 1982 r., przyznawana jest osobie, która przed osiągnięciem wieku 40 lat dokonała znacznego wkładu do optyki.

*ICO Newsletter*, październik 1996

B. W.

## Roman Stanisław Ingarden doktorem *honoris causa* UMK

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu przyznał najwyższy uniwersytecki tytuł doktora *honoris causa* fizykowi – profesorowi Romanowi Stanisławowi Ingardenowi.

W uroczystości, która odbyła się w przeddzień inauguracji roku akademickiego 1996/97 w Auli UMK, wzięło udział wielu gości, m.in. rektorzy innych uczelni, władze Torunia, przedstawiciel Ambasady Japonii oraz przyjaciele i uczniowie Profesora, w tym także z zagranicy. Uroczystość otworzył J.M. Rektor UMK prof. Andrzej Jamiołkowski, po czym głos zabrał dziekan Wydziału Fizyki i Astronomii prof. Franciszek Rozpłoch, a prof. Andrzej Kossakowski odczytał akt promocji. Nowy doktor honorowy UMK w swym przemówieniu zatytułowanym „Wspomnienia i refleksje” szczegółowo opowiedział dlaczego zainteresował go świat przyrody i matematyki, a nie, jak jego ojca, rozważania filozoficzne.

Roman Stanisław Ingarden urodził się w Zakopanem w dniu 1 X 1920 r. jako syn Romana i Marii Adeli z domu Pol. Ojciec, Roman Ingarden, doktoryzował się w roku 1918 z filozofii u Husserla we Fryburgu Badeńskim, matka zaś skończyła okulistykę na Uniwersytecie w Kijowie. Lata 1921–26 rodzina Ingardenów spędziła w Toruniu, po czym przeniosła się do Lwowa. Tam Roman Stanisław uzyskał świadectwo dojrzałości i w 1938 r. rozpoczął studia fizyki na Uniwersytecie Jana Kazimierza. Słuchał wykładów z matematyki Schaudera, Banacha i Steinhausa, z fizyki – Lorii i Rubiniowicza, studiował też filozofię u Ajdukiewicza, Chwistka i swego ojca. Po wybuchu wojny kontynuował studia na ukraińskim Uniwersytecie Lwowskim i na tajnym Uniwersytecie Jana Kazimierza. Pracował też we Lwowie jako technik-optyk w Zakładach Optyczno-Mechanicznych „Jan Bujak”, gdzie z praktycznymi aspektami układów optycznych zapoznawał go inżynier Zygmunt Bodnar, późniejszy profesor Politechniki Wrocławskiej. W 1945 r. przeniósł się do Krakowa i kończy studia na Uniwersytecie Jagiellońskim u prof. Jana Weysenhoffa. Jest jednocześnie asysten-



tem u prof. Lorii w Katedrze Fizyki Doświadczalnej na Uniwersytecie Wrocławskim.

Roman S. Ingarden doktoryzował się na Uniwersytecie Warszawskim w 1949 r. Promotorem pracy pt. „O idealnym odwzorowaniu optycznym w mikroskopie elektronowym” był prof. Wojciech Rubinowicz. Roman S. Ingarden został profesorem nadzwyczajnym w 1954 r., a tytuł profesora zwyczajnego otrzymał w roku 1964. (Patrz również wywiad z R.S. Ingardenem: *PF* 46, 357 (1995)).

Działalność naukowa prof. R.S. Ingardena dotyczy optyki, termodynamiki i fizyki statystycznej, teorii informacji oraz metod geometrii różniczkowej w fizyce.

R.S. Ingarden opublikował 68 oryginalnych prac z fizyki teoretycznej, szereg pozycji znajduje się w materiałach konferencji i szkół, na które był wielokrotnie zapraszany z plenarnymi referatami. Jest współautorem 6 książek wydanych przez PWN, 4 wydanych przez UMK oraz kilku skryptów. Wśród przeszło 130 drukowanych pozycji, liczną i ważną grupę stanowią publikacje poświęcone historii fizyki.

Do Torunia przenosi się prof. R.S. Ingarden w 1966 r., gdzie obejmuje Katedrę Termodynamiki i Teorii Promieniowania. Współorganizuje Instytut Fizyki naszej Uczelni i jest jego pierwszym dyrektorem w latach 1968–78. W Instytucie kieruje Zakładem Fizyki Matematycznej i Statystycznej.

W Toruniu prof. R.S. Ingarden owocnie rozwija swą termodynamikę informacyjną. To dzięki jego inicjatywie podjęto w ośrodku szerokie badania nad fizyką laserów i dzięki niemu powstała w Instytucie szkoła fizyki matematycznej. W 1970 r. R.S. Ingarden powołuje do życia w Instytucie Fizyki międzynarodowe czasopismo *Reports on Mathematical Physics* i jest jego redaktorem naczelnym do 1991 r. Spotka-

nia członków Rady Redakcyjnej, skupiającej kilkudziesięciu najwybitniejszych fizyków matematycznych i teoretycznych z całego świata, przekształciły się w coroczne Sympozja Fizyki Matematycznej, posiadające utrwaloną pozycję w kalendarzu światowych spotkań uczonych, a *Reports on Mathematical Physics* są dostępne w bibliotekach wszystkich liczących się w nauce krajów.

Imponujące jest grono uczniów prof. Romana S. Ingardena. W Toruniu promował on 14 doktorów, z których ośmiu habilitowało się, a trzech uzyskało tytuł naukowy profesora.

Naukowa działalność R.S. Ingardena, jak to wynika chociażby z powyższego omówienia, miała zawsze wiele cech interdyscyplinarności. Taki właśnie charakter ma inicjatywa prof. R.S. Ingardena w 1992 r., kiedy to organizuje następne czasopismo *Open Systems and Information Dynamics*. W tym czasie powstaje też Międzynarodowe Towarzystwo Układów Otwartych i Dynamiki Informacyjnej. Obie inicjatywy są w dużym stopniu owocem szczególnie intensywnej współpracy prof. R.S. Ingardena z kilkoma instytucjami w Japonii.

Współpraca ta nie ogranicza się tylko do fizyki i matematyki. Prof. Ingarden od wielu lat propaguje w Polsce historię i kulturę „kraju kwitnącej wiśni”, prowadzi również na naszym Uniwersytecie lektorat języka japońskiego. W uznaniu wielkiego wkładu we współpracę polsko-japońską, Cesarz Japonii odznaczył Romana S. Ingardena Orderem Świętego Skarbu – Złote Promienie ze wstęgą.

W przebogatej działalności prof. Ingardena jest jeszcze jeden ważny nurt, a mianowicie historia fizyki. Zainteresowanie nią, jak sam wspomina, wszczepił mu ojciec. R.S. Ingarden ogłosił drukiem szereg prac poświęconych wybitnym polskim

fizykom, a w ramach Komisji Historii Fizyki przy Zarządzie Głównym PTF zorganizował kilka konferencji. Z inicjatywy prof. R.S. Ingardena, interdyscyplinarny zespół opracowuje i tłumaczy dzieło Witełona z XIII w., poświęcone optyce. Istniejący w Bibliotece UMK gabinet historii nauki to dawny gabinet historii fizyki, którego organizatorem był prof. R.S. Ingarden.

Nie ulega dla mnie wątpliwości, że prof. R.S. Ingarden łączy w sobie najlepsze przymioty umysłu ścisłego i humanisty. Jest jednocześnie menedżerem nauki i znawcą jej historii i filozofii. Uniwersytet Mikołaja Kopernika zawdzięcza bardzo wiele wszystkim aspektom jego nieprzeciętnej osobowości. W moim przekonaniu, nie tylko fizycy, a w tym przede wszystkim najbliżsi współpracownicy profesora Romana Stanisława Ingardena cieszą się z faktu, iż dołączył on do grona honorowych doktorów naszego Uniwersytetu, ale jest tym usatysfakcjonowana również cała społeczność Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu.

*Józefina Turło*

### Nagrody za tłumaczenia

W grudniu 1996 Stowarzyszenie Tłumaczy Polskich przyznało swoje doroczne nagrody za najlepsze tłumaczenia roku poprzedniego.

Za tłumaczenia książkowe w dziedzinie nauk ścisłych dwie równorzędne nagrody otrzymali: Piotr Amsterdamski za przekład z języka angielskiego książki Rogera Penrose'a *Nowy umysł cesarza* (Wydawnictwo Naukowe PWN) i Kazimierz Grygiel za przekład z języka angielskiego książki Davida E. Goldberga *Algorytmy genetyczne i ich zastosowania* (Wydawnictwa Naukowo-Techniczne).

*Tłumacz*, nr 1-2 (1997)

*B. W.*

### Konkurs FASTKIN Fundacji na rzecz Nauki Polskiej

Ogłoszony w końcu ubiegłego roku przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej konkurs FASTKIN (fotochemia szybkich reakcji) miał na celu wsparcie badań z zakresu fotochemii szybkich reakcji przez udzielenie najlepszym zespołom badawczym subwencji na zakup specjalistycznej aparatury.

Otrzymywanie nowych substancji lub też syntezy już znanych związków jest jednym z głównych zadań współczesnej chemii. Podstawowe znaczenie dla fotochemii, a także dla fotofizyki i fotobiologii mają badania najszybszych reakcji chemicznych (zachodzących w piko- i femtosekundach). Reakcje te związane są z działaniem światła, a dzięki badaniom ich kinetyki możemy zrozumieć i naśladować różne procesy chemiczne, m.in. zachodzące w organizmach żywych.

Na konkurs wpłynęło 36 wniosków od 27 zespołów z uczelni, 5 placówek PAN i 2 jednostek badawczo-rozwojowych. Opierając się na opiniach powołanych przez Zarząd FNP ekspertów dokonano kwalifikacji tych wniosków i wyłoniono 12 zespołów, którym przyznano subwencje na łączną kwotę 4.8 mln zł. Wśród aparatury, która dzięki tym subwencjom zostanie zakupiona, większość stanowią różnego rodzaju urządzenia laserowe oraz spektrometry i wzmacniacze impulsów.

Wśród laureatów konkursu znaleźli się m.in: doc. dr hab. Jacek Waluk (IChF PAN, Warszawa), dr Włodzimierz Jarzęba (Wydział Chemii UJ), prof. Danuta Wróbel (IF Politechniki Poznańskiej), prof. Czesław Radzewicz (IFD UW), prof. Andrzej Maciejewski (Środowiskowe Laboratorium Unikalnej Aparatury Che-

micznej UAM), dr Borys Kierdaszuk (Zakład Biofizyki IFD UW).

B. W.

### Międzyszkolny Turniej Fizyczny w Opolu

Instytut Fizyki Uniwersytetu Opolskiego już po raz trzydziesty gościł w swych progach finalistów Międzyszkolnego Turnieju Fizycznego. Uczestnicy, będący uczniami opolskich szkół średnich różnego typu, walczyli o puchar Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Tak jak co roku, osoby zaklasyfikowane do finału zostały wyłonione w drodze eliminacji rejonowych, w których brało udział 520 uczniów z 38 szkół. Etap rejonowy składał się z dwóch części: pierwsza polegała na rozwiązywaniu 25 zadań testowych, w drugiej trzeba było wykazać się umiejętnością opisu zjawisk fizycznych i rozwiązaniem zadań rachunkowych. Tylko 21 uczniów uczestniczyło w finale, który odbył się 12 kwietnia 1997 r. Finałowa dwudziestka, po obejrzeniu prostego doświadczenia z zakresu dynamiki musiała wyznaczyć masę ciała, a także miała zaproponować eksperyment: wyznaczenie sprawności grzałki elektrycznej używanej do zagotowania wody, który można by przeprowadzić w warunkach domowych. O ile z pierwszym problemem, dającym się łatwo przełożyć na typowe zadanie z dynamiki, finaliści na ogół sobie radzili, to propozycje eksperymentu potwierdziły istniejący pogląd, że uczniowie nie potrafią wykorzystać wiedzy zdobytej na lekcji w życiu codziennym. Brak umiejętności praktycznego przekładania wiedzy fizycznej w sposób wręcz humorystyczny odzwierciedlił się w jednej z prac. Uczeń w eksperymencie z wyznaczaniem sprawności grzałki zaproponował wykorzystanie kołder, poduszek i naczyń o cudownych właściwościach jako izo-

lacji cieplnej naczynia, w którym grzałka ogrzewa wodę, a do obliczenia sprawności użycie wzoru na sprawność idealnego silnika cieplnego (wzór Carnota). Taki stan rzeczy zapewne związany jest z ograniczeniem liczby godzin fizyki w szkołach, zaś bezpośrednią przyczyną tego jest niewykorzystywanie doświadczeń fizycznych w nauczaniu.

Sześciu uczniów, zakwalifikowanych do ścisłego finału, poradziło sobie znacznie lepiej, nie tylko ze sprawnością grzałki, ale także z interpretacją doświadczeń, odszukiwaniem błędów w tekście fizycznym i podobnych zadaniach w ostatniej fazie Turnieju. Ostatecznie zwyciężył Grzegorz Olender (uczeń IV klasy z I LO w Opolu), miejsce drugie zajął Rafał Kubina (uczeń ZST w Kędzierzynie-Koźlu), zaś Patryk Czarnik (uczeń I LO w Prudniku) był trzeci. Laureaci otrzymali cenne nagrody ufundowane przez Zarząd Oddziału PTF, rektora Uniwersytetu Opolskiego, Wojewódzki Ośrodek Metodyczny w Opolu i firmy komputerowe (Ken, Atabajt) sponsorujące Turniej. W klasyfikacji drużynowej zwyciężył zespół z I LO w Opolu, zdobywając tym samym puchar. Uczniom, do końca rozgrywek finałowych, kibicował tylko 1 nauczyciel (mgr I. Mrówka). Nie wiadomo dlaczego, większość nauczycieli wcześniej opuściła plac intelektualnego zmagania swoich podopiecznych. Można tylko snuć przypuszczenia, że gorąca atmosfera i emocje były dla nich przeżyciem trudnym do zniesienia. Zarząd Oddziału doceniając trud i wysiłek włożony przez nauczycieli w przygotowanie do Turnieju ufundował tym nauczycielom, których uczniowie zakwalifikowali się do finału, symboliczny upominek: książkę z listem gratulacyjnym.

W sumie XXX Turniej Fizyczny można zaliczyć do udanych, pomimo że

żywiły mu nie sprzyjały. Z powodu wичury, która pozrywała sieć trakcyjną, nie dojechał do Opolą prof. J. Szudy – delegat Zarządu Głównego PTF. O ile nieobecność PTF-owskiej zwierzchności była w pełni usprawiedliwiona, to niepokojącym objawem jest słabnące zainteresowanie Turniejem ze strony nauczycieli fizyki. Jest wiele szkół – także typu ogólnokształcącego, prowadzących kształcenie w profilach mat.-fiz. i biol.-chem. – nie reprezentowanych w pierwszym etapie rozgrywek turnieju. Cieszy jednak fakt, że w prace przygotowawcze jubileuszowego XXX Międzyszkolnego Turnieju Fizycznego czynnie włączyli się studenci – członkowie Koła Naukowego Fizyków i jest nadzieja, że w przyszłości więcej nauczycieli będzie popularyzowało fizykę wśród młodzieży.

Na przykładzie turnieju potwierdza się teza o słabjącym zainteresowaniu fizyką. Wydaje się jednak, że pewne rozczarowanie organizatorów, wynikające ze stosunku wkładu pracy do efektu minie i za rok znowu odbędzie się kolejna edycja turnieju.

*Katarzyna Książek*

## Piknik Naukowy w Warszawie

W sobotę 14 czerwca 1997, na Rynku Nowego Miasta w Warszawie odbyła się niezwykła impreza: Piknik Naukowy Radia BIS. Zamierzeniem inicjatorów i scenarzystów pikniku, red. Roberta Firmhofera z Polskiego Radia BIS i prof. Łukasza Turckiego z Centrum Fizyki Teoretycznej PAN i Szkoły Nauk Ścisłych, było zainteresowanie szerokiej publiczności nauką w lekkiej, dowcipnej formie, w ramach imprezy o charakterze happeningu i pikniku.

Przygotowano wiele atrakcji związanych z naukowym wyjaśnieniem zjawisk z dziedziny fizyki, archeologii, geologii, biologii i innych nauk, towarzyszących życiu

codziennemu, a także liczne konkursy i pokazy.

Obok prof. Turckiego, który prowadził piknik wraz z dwoma dziennikarzami Radia BIS, głównymi animatorami części poświęconej fizyce byli profesorowie Krzysztof Ernst i Tadeusz Skośkiewicz. Prof. Ernst opiekował się pokazami z mechaniki (zderzenia kul, fotel i stolik obrotowy, koło Maxwella, walizka żyroskopowa) i ruchomym laboratorium laserowym (LIDAR-owy pomiar koncentracji gazów, w tym rozkładu zanieczyszczeń nad Wisłostradą) oraz komentował i interpretował pokazy zonglerów i sztukmistrza. Prof. Skośkiewicz demonstrował zawsze cieszące się wielkim powodzeniem pokazy z dziedziny niskich temperatur („szklane” róże, opadanie magnesu w ochłodzonej rurce miedzianej, lewitacja magnesu nad nadprzewodnikiem, ołowiany dzwonek, kondensacja argonu z baloników, wdychanie helu).

Publiczność mogła wziąć udział w wielu konkursach: bicia piany, baniek mydlanych (znakomicie prowadzonym przez prof. Tomasza Szoplika), przeciągania liny na rolkach, pomiaru gęstości jajek, rzucania piłką z karuzeli, baterijek z soku, pizzy na karuzeli. W sprawnym przebiegu pokazów i konkursów z wielkim zapałem pomagali prowadzącym studenci Szkoły Nauk Ścisłych.

Bardzo atrakcyjny pokaz budowy i pracy (grafika!) najnowszego komputera O2 firmy Silicon Graphics prowadzili prof. Marek Hołyński, jeden z jego konstruktorów, i red. Andrzej Gorzym, szef *Wiedzy i Życia*.

Amatorzy innych dziedzin mogli obejrzeć pokaz mody starożytnej i odwiedzić pracownię archeologii doświadczalnej (starożytne techniki jubilerskie, obróbki bursztynu, bicia monet, lepienia naczyń) oraz dowiedzieć się, co się zdarzyło 40 milionów lat temu w bursztynowym lesie. Można

też było zajrzeć za kulisy Polskiego Radia, podglądać niebo, obejrzyć pokaz skutków, wreszcie podziwiać pokazy rzeźbienia w warzywach i degustować potrawy staropolskie.

Piknik trwał od godziny 12 do 20. Atrakcją muzyczną imprezy były występy kapeli Józefa Brody z Koniakowa. Wszystkie wydarzenia przedstawiano również na dużym ekranie (tzw. telebimie). Przez cały dzień Polskie Radio BIS nadawało program specjalny, poświęcony piknikowi. Ponadto emitowano specjalny (bardzo lokalny) program dla mieszkańców Nowego Miasta. Kilka dziesięcio-piętnastominutowych relacji z pikniku przekazał Program 2 TVP.

Bardzo widoczna była obecność Wydawnictwa Prószyński i S-ka, które zorganizowało wiele ze wspomnianych pokazów i konkursów w stoiskach swoich czasopism – od *Świata Nauki* do *Kuchni*. Sponsorem pikniku była Polska Fundacja Upowszechniania Nauki.

Największym sukcesem Pikniku Naukowego było to, że w sobotnie popołudnie Rynek Nowego Miasta wypełniony był zaciekawionymi warszawiakami, którzy przychodzili tam całymi rodzinami. Nawet krótka ulewa czerwcowa nie zniechęciła ich do udziału w pikniku. W zgodnej opinii organizatorów i publiczności, impreza bardzo się udała. Pokazała ona, że naukę warto popularyzować także (a może przede wszystkim?) w sposób lekki i dowcipny, wciągając publiczność do wspólnych doświadczeń i zabawy oraz korzystając z masowych mediów i nowoczesnych środków technicznych. Wydaje się ze wszech miar wskazane, by piknik naukowy nie był imprezą jednorazową, lecz by był kontynuowany w następnych latach. Znając pasję popularyzatorską i energię Łukasza Turskiego, można być tego pewnym.

## VI konkurs uczniowskich prac naukowych z fizyki

Zakończył się kolejny ogólnopolski konkurs uczniowskich prac naukowych z fizyki, organizowany już po raz szósty przez Instytut Fizyki PAN w Warszawie. Na Konkurs nadesłano 141 prac 168 autorów.

Zwycięzcami zostali:

Konrad Smoliński i Piotr Fita z Włodawy za pracę pt. Charakterystyka wytrąceń ceru w kryształach PbTe:Ce i SnTe:Ce;

Wojciech Gaj i Paweł Golus z Włodawy za pracę pt. Hałas w zakładach pracy – w aspekcie pomiarowym, zdrowotnym, zapobiegawczym;

Radosław Olszewski z Włodawy za pracę pt. Projekt i konstrukcja rejestratora promieniowania – próby pomiaru;

Jarosław Kowalski i Kamil Łuczyński z Dębina za pracę pt. Aerodynamika roweru;

Konrad Smoliński z Włodawy za pracę pt. Konstrukcja amatorskiej lunety astronomicznej oraz sprawozdanie z zaćmień Słońca i Księżyca widocznych w Polsce w 1996 roku;

Mariusz Nizio i Radomił Pudełko z Czechowic-Dziedzic za pracę pt. Współczynnik załamania światła.

Nagrodami dla zwycięzców były tradycyjnie (prócz dyplomów) staże naukowe w Instytucie Fizyki PAN. Ponadto w tym roku zwycięzcy otrzymali nagrody specjalne w postaci jednorazowych stypendiów naukowych, ufundowane przez firmę telekomunikacyjną NOKIA POLAND, Sp. z o.o.

Przyznano także wyróżnienia (dyplomy): 16 w kategorii „Prace badawcze”, 21 w kategorii „Opracowania” i 6 w kategorii „Pomoce naukowo-dydaktyczne”.

## Chien Shiung Wu (1912 – 1997)

Dnia 16 lutego 1997 r. zmarła w Nowym Jorku Chien Shiung Wu, znakomita fizyczka doświadczalna.

Wu urodziła się 31 maja 1912 r. w Liuhe koło Szanghaju. Studia fizyki niższego stopnia odbyła w Chinach, po czym wyjechała do Stanów Zjednoczonych, gdzie w 1940 r. uzyskała stopień doktora na Uniwersytecie Kalifornijskim w Berkeley.

Wykładała w Smith College i na Uniwersytecie w Princeton. Od 1944 r. pracowała na Uniwersytecie Columbia w Nowym Jorku. Głównym przedmiotem jej badań był jądrowy rozpad beta. Między zaproponowaną w 1934 r. przez Fermiego teorią tego rozpadu a wynikami doświadczeń pojawiały się wyraźne niezgodności. W latach 1949–50 Wu w serii pięknie pomyślanych i precyzyjnie przeprowadzonych doświadczeń zmierzyła dozwolone i wzbronione przejścia beta, poprawiła wyniki poprzednich eksperymentatorów i potwierdziła teorię Fermiego, wyjaśniając tym spory, jakie toczyły się od 15 lat wokół rozpadu beta.

Przed czterdziestu laty, w 1957 r., ukazała się historyczna praca Wu i jej paru współpracowników z Narodowego Biura Wzorców „Experimental Test of Parity Conservation in Beta Decay” (*Phys. Rev.* 105, 1413(L) (1957)), w której wykazała niezachowanie parzystości (P) i naruszenie sprzężonej symetrii cząstka-antycząstka (C), uważane wówczas za podstawowe prawa fizyki. To stwierdzenie naruszenia praw zachowania P i C w oddziaływaniach słabych otworzyło nowe perspektywy poszukiwań pochodzenia i przejawów naruszenia symetrii. (Jak wiadomo Nagrodę Nobla w 1957 r. za teorię nie-

zachowania parzystości w oddziaływaniach słabych otrzymali T.D. Lee i C.N. Yang).

W 1963 r. Wu i jej współpracownicy potwierdzili doświadczalnie symetrię między prądami słabymi i elektromagnetycznymi. Stanowiło to podstawę dalszej unifikacji tych dwóch podstawowych sił w jedną siłę elektroslabą.



C.S. Wu w czasie uroczystości w CERN-ie urządzonych w 1992 r. z okazji jej osiemdziesiątych urodzin.

Prace doświadczalne Wu cechowała niezwykła staranność, dokładność i bezkompromisowa uczciwość, a jednocześnie wielka pomysłowość i ogromna zręczność.

Wu zajmowała się również fizyką pozytonium i widmami atomów mionowych, a także problemami biofizyki.

Była osobą o wielkich wartościach moralnych, niezwykle ciepłą i czułą na potrzeby innych.

*CERN Courier* 37, nr 3 (1997)

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).

### 1997

19 – 23 września 1997, Polanica-Zdrój

**2nd Int. Conf. on Progress in Inorganic and Organometallic Chemistry**

Inst. Chemii Nieorganicznej i Metalurgii Pierwiastków Rzadkich PWR; dr hab. P. Drożdżewski, IChNiMPR PWR, Smoluchowskiego 23, 50-372 Wrocław, tel. i fax: (71) 224330, adr.el.: pioc@ichn.ch.pwr.wroc.pl.

O: 500 USD, ang.

21 – 24 września 1997, Warszawa

**11th European Conf. on Solid-State Transducers (Euroensors XI)**

Politechnika Warszawaska; prof. Zbigniew Bróska, Wydział Chemii PW, Noakowskiego 3, 00-665 Warszawa, adr.el.: eurosens@ch.pw.edu.pl.

ang.

24 – 27 września 1997, Wrocław

**10th Max Born Symp. on Quantum Future**

Inst. Fizyki Teoretycznej UWr; prof. A. Jadczyk, IFT UWr, pl. Maxa Borna 9, 50-142 Wrocław, adr.el.: ajad@ift.uni.wroc.pl.

ang.

21 – 24 października 1997, Warszawa

**Int. Conf. on Photoconversion: Science and Technologies**

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

P, ang.

### 1998

16 – 26 lutego 1998, Przesieka

**34. Zimowa Szkoła Fizyki Teoretycznej: Od Mechaniki Kwantowej do Technologii Kwantowej**

Inst. Fizyki Teoretycznej UWr, pl. Maxa Borna 9, 50-204 Wrocław; dr Zygmunt Petru, tel.: (71) 222363 lub (71) 201270, fax: (71) 214454, adr.el.: petru@ift.uni.wroc.pl.

P, U: 100, ang.

19 – 24 maja 1998, Łądek Zdrój

**11. Sympozjum Maxa Borna – Anomalous Diffusion, Theory, Simulations**

Inst. Fizyki Teoretycznej UWr i Inst. Fizyki Doświadczalnej UW; prof. Andrzej Pękalski, IFT UWr, pl. Maxa Borna 9, 50-204 Wrocław, tel.: (71) 222363 lub (71) 201354, fax: (71) 214454, adr.el.: mborn11@ift.uni.wroc.pl, WWW: <http://www.ift.uni.wroc.pl/mborn11>.

P, U: 80, ang.

25 – 29 maja 1998, Kazimierz Dolny

**Int. Conf. on Colorimetry**

Sekcja Polska SPIE i Inst. Optyki Stosowanej; IOS, fax: (22) 133265, adr.el.: iosto@atos.warman.com.pl.

14 – 20 czerwca 1998, Jaszowiec

**4th Int. School and Symp. on Synchrotron Radiation in Natural Science**

Polskie Towarzystwo Promieniowania Synchrotronowego; dr hab. K. Ławniczak-Jabłońska, Inst. Fizyki PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: (22) 437001 w. 3384, fax: (22) 430926, adr.el.: synchro@ifpan.edu.pl, WWW: [http://info.ifpan.edu.pl/pelkay/issrns\\_98.html](http://info.ifpan.edu.pl/pelkay/issrns_98.html).

P, U: 130, O: 300 USD, ang.

23 – 27 lipca 1998, Toruń

**The Jabłoński Centennial Conference on Luminescence and Photophysics**

Inst. Fizyki UMK; prof. J.S. Kwiatkowski, IF UMK, Grudziądzka 5, 87-100 Toruń, tel. (56) 21065, fax: (56) 25397, adr.el.: lum98@phys.uni.torun.pl.

Z: 31.3.98, A: 15.4.98, P, ang.

26 – 28 listopada 1998, Chlewiska k. Siedlec

**Krajowe Sympozjum nt. Rozpraszania Neutronów**

Inst. Fizyki UJ; prof. A. Szytuła, Reymonta 4, 30-059 Kraków, tel.: (12) 336377 w. 546, fax: (12) 337086, adr.el.: szytula@jetta.if.uj.edu.pl.

O: 150 zł.

## NOWE KSIĄŻKI

- Kacper Zalewski, *Wykłady z nierelatywistycznej mechaniki kwantowej*, PWN, Warszawa 1997, s. 222.
- Andrzej Zastawny, *Zarys fizyki*, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 1997, część I i II, razem s. 745.
- Waldemar Ufnalski, *Obliczenia fizykochemiczne na Twoim PC*, WNT, Warszawa 1997, s. 420 + dyskietka, cena 33.00 zł.
- Michael Faraday, *Dzieje świecy*, przełożyli Maria i Stanisław Kalinowscy, wyd. VI; Prószyński i S-ka, Warszawa 1997, s. 119, cena 17.50 zł.
- Herman Weyl, *Symetria*, z jęz. angielskiego tłum. Stefan Kulczyński; Prószyński i S-ka, Warszawa 1997, s. 157, cena 18.50 zł.



## Informacje dla autorów

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

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

## WARUNKI PRENUMERATY

Cena prenumeraty krajowej w 1997 r. wynosi 10 zł 80 gr za pół roku, 21 zł 60 gr za rok.

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

- 1) Wpłaty na prenumeratę przyjmują jednostki kolportażowe „RUCH” S.A. właściwe dla miejsca zamieszkania lub siedziby prenumeratora. Dostawa egzemplarzy następuje w uzgodniony sposób.
- 2) Cena prenumeraty ze zleceniem dostawy za granicę jest o 100% wyższa od krajowej. Wpłaty przyjmuje „RUCH” S.A. Oddział Krajowej Dystrybucji Prasy na konto w PBK SA XIII O/Warszawa nr 11101053-16551-2700-1-67 lub w kasach Oddziału. Dostawa odbywa się pocztą zwykłą, z wyjątkiem zlecenia dostawy pocztą lotniczą, której koszt w pełni pokrywa zamawiający.
- 3) Terminy przyjmowania wpłat od osób zamieszkałych w kraju: do 5 grudnia – na I półrocze roku następnego, do 5 czerwca – na II półrocze roku bieżącego (prenumerata krajowa) oraz do 20 listopada – na I półrocze roku następnego, do 20 maja – na II półrocze roku bieżącego (prenumerata zagraniczna).
- 4) Zlecenia na prenumeratę dewizową, przyjmowane od osób zamieszkałych za granicą, realizowane są od dowolnego numeru w danym roku kalendarzowym.

### PRENUMERATA ZA POŚREDNICTWEM ZG PTF

Prenumeratę można także zamówić w Zarządzie Głównym PTF, drogą wpłaty na konto ZG PTF w PKO BP IX O/Warszawa nr 10201097-335245-270-1-111 lub w Biurze Zarządu Głównego PTF. Dostawa *Postępów Fizyki* następuje drogą pocztową na wskazany adres.

### PRENUMERATA ZA POŚREDNICTWEM ODDZIAŁÓW PTF

Prenumeratę można zamówić również w oddziale PTF. Członkowie PTF, którzy opłacają prenumeratę w oddziałach PTF na cały rok, otrzymują 20% zniżki. W przypadku, gdy oddział zamawia liczbę egzemplarzy przekraczającą 50% liczby członków, zniżka wynosi 30%. Taka sama zniżka (30%) przysługuje studentom, niezależnie od odsetka prenumeratorów w danym oddziale. Dostawa *Postępów Fizyki* odbywa się za pośrednictwem oddziału PTF.

### INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

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

## SPIS TREŚCI

R.C. Richardson – Zjawisko Pomeranczuka .....	311
C. Townsend, W. Ketterle, S. Stringari – Kondensacja Bosego-Einsteina ....	333
<b>RÓŻNE</b>	
M.W. Grabski – Stypendia FNP '97 .....	351
N.D. Mermin – Dziennik noblowskiego gościa .....	355
J. Werle – Zgromadzenie Ogólne IUPAP 1996 .....	365
J. Gronkowski – Charpak i Garwin o energii jądrowej i rozbrojeniu .....	369
<b>WSPOMNIENIA – ROCZNICE</b>	
M. Giller – Jerzy Wdowczyk (1935 – 1996) .....	373
J. de Nobel – Odkrycie nadprzewodnictwa .....	379
<b>ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI</b> .....	387
<b>RECENZJE</b> .....	389
<b>LISTY DO REDAKCJI</b> .....	397
<b>KRONIKA</b> .....	399

## CONTENTS

R.C. Richardson – The Pomeranchuk effect .....	311
C. Townsend, W. Ketterle, S. Stringari – Bose-Einstein condensation .....	333
<b>MISCELLANEA</b>	
M.W. Grabski – Grants for young scientists .....	351
N.D. Mermin – Diary of a Nobel guest .....	355
J. Werle – IUPAP 22nd General Assembly .....	365
J. Gronkowski – Charpak and Garwin on nuclear energy and disarmament .....	369
<b>RECOLLECTIONS – ANNIVERSARIES</b>	
M. Giller – Jerzy Wdowczyk (1935 – 1996) .....	373
J. de Nobel – The discovery of superconductivity .....	379
<b>MEETINGS AND CONFERENCES</b> .....	387
<b>REVIEWS</b> .....	389
<b>LETTERS TO THE EDITOR</b> .....	397
<b>CHRONICLE</b> .....	399