

Nr indeksu 369721

---

PTF

DWUMIESIĘCZNIK  
POŚWIĘCONY  
UPOWSZECHNIANIU  
WIEDZY  
FIZYCZNEJ

# POSTĘPY FIZYKI

TOM 46  
ZESZYT 4  
1995

---

# POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

## ZARZĄD GŁÓWNY

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

## Redaktorzy naczelni czasopism PTF

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

## Przewodniczący Oddziałów Towarzystwa

Prof. dr ANDRZEJ MAZIEWSKI (Białystok)	Prof. dr MARIA GILLER (Łódź)
Dr ALEKSANDRA WRONKOWSKA (Bydgoszcz)	Prof. dr TADEUSZ GÓRECKI (Opole)
Dr JERZY J. WYSŁOCKI (Częstochowa)	Prof. dr ANDRZEJ WIĘCKOWSKI (Poznań)
Dr KRYSZTYN KOZŁOWSKI (Gdańsk)	Prof. dr RYSZARD KĘPA (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 ANDRZEJ SZYTUŁA (Kraków)	Prof. dr IRENEUSZ STRZAŁKOWSKI (Warszawa)
Prof. dr STANISŁAW HAŁAS (Lublin)	Prof. dr ZYGMUNT GALASIEWICZ (Wrocław)

## ADRES ZARZĄDU

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

# POSTĘPY FIZYKI

DWUMIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY UPOWSZECHNIANIU  
WIEDZY FIZYCZNEJ

TOM 46, ZESZYT 4  
1995

Zeszyt dofinansowany  
przez Komitet Badań Naukowych

Wydano pod patronatem  
Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

Warszawa 1995

## RADA REDAKCYJNA

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

## KOMITET REDAKCYJNY

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

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

### Korespondenci Oddziałów PTF:

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

Maciej Mulak, Ryszard Gonczarek

*Institut Fizyki  
Politechnika Wroclawska  
Wroclaw*

## Fraktalna struktura stanów podstawowych jednowymiarowego modelu Isinga

### The fractal nature of the one-dimensional Ising model ground states

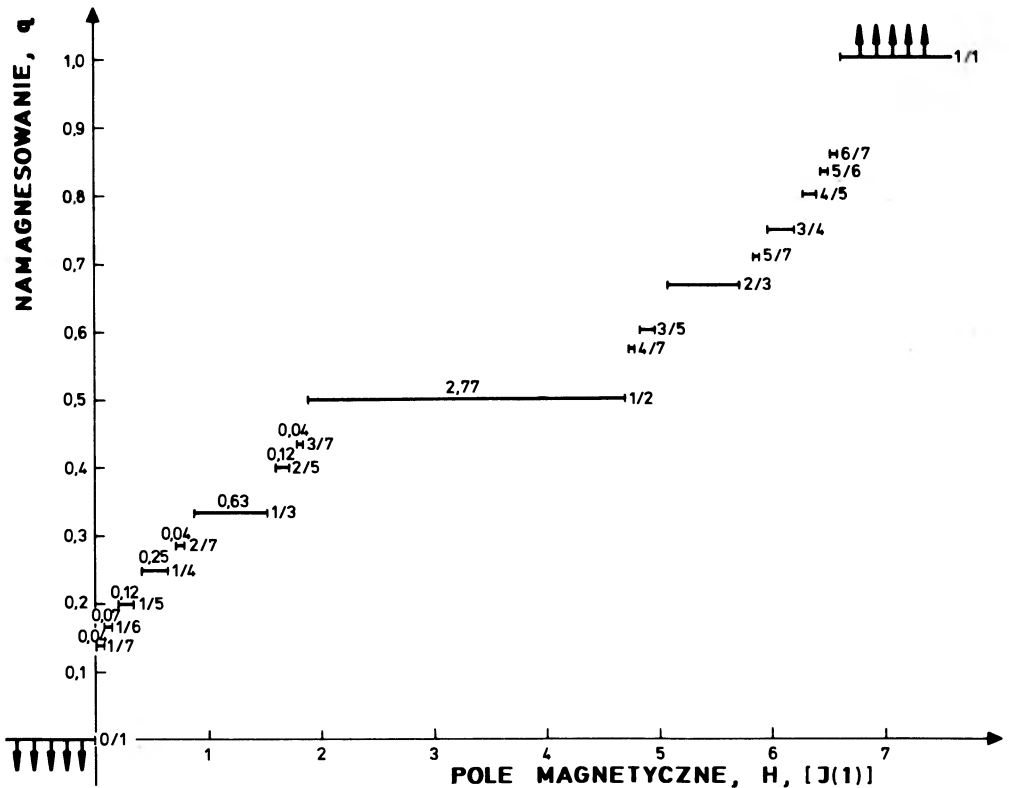
*Abstract:* In 1982 Bak and Bruinsma have demonstrated, using the Hubbard procedure, that the ground states of the one-dimensional spin chain with long-range antiferromagnetic and convex Ising interaction possess (in the presence of an external magnetic field) the fractal structure of a complete Cantor curve, i.e. exhibits the so called complete devil's staircase. In order to elucidate the concept, the correspondence of the stationary chain states and transitions between them to sets of rational and irrational numbers of the  $[0,1]$  interval is presented. Several other systems with isomorphic Hamiltonians are also shortly described. These are some crystallographic systems allowing for commensurate phases and dynamical systems with two interplaying interactions of different frequencies.

#### 1. Wprowadzenie

Prosty w założeniach, jednowymiarowy model Isinga i pokrewny mu układ elektrostatyczny – elektronowa sieć Wignera w jednym wymiarze [1] – okazują się wciąż źródłem intrygujących spostrzeżeń. Szczególnie inspirujące i płodne jest zastosowanie w powyższych problemach fizycznych stosunkowo nowego lecz żywoło się rozwijającego aparatu matematycznego – geometrii fraktalnej [2].

W tym artykule ograniczymy się do jednego prostego reprezentanta tej klasy obiektów – zbioru Cantora. Około stu lat temu, kiedy został zdefiniowany, wydawał się obiektem czysto abstrakcyjnym, podobnie jak wiele innych patologicznych

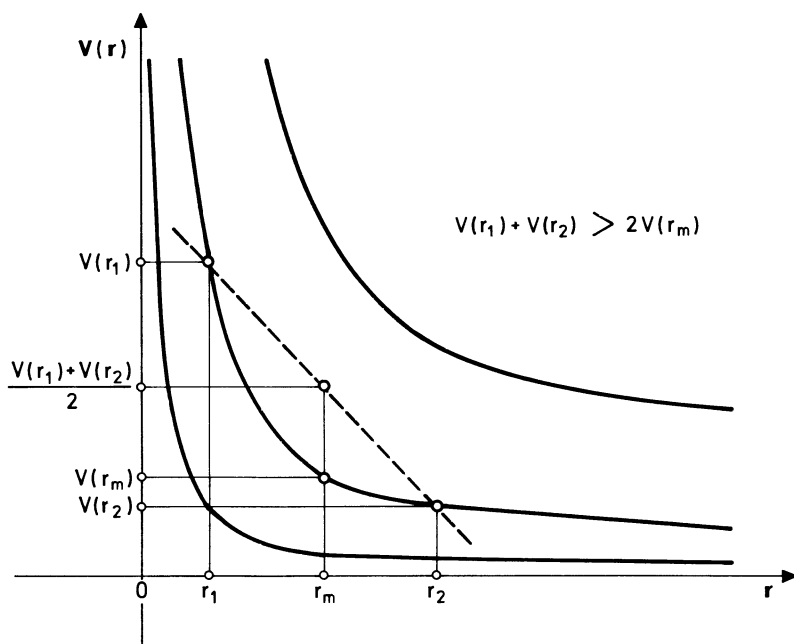
zbiorów o ułamkowym wymiarze i własności samopodobieństwa, jak np. krzywa fraktalna Koch (Helga von Koch 1904 [2]). Zbiór Cantora otrzymujemy w sposób następujący: po podziale odcinka  $[0,1]$  na trzy równe części usuwamy część środkową bez jej brzegów, następnie z otrzymanych dwóch odcinków analogicznie usuwamy ich środkowe trzecie części i powtarzamy ten proces nieskończoną liczbę razy. Wiele prac z ostatnich lat [3-11] wykazało, że tak skonstruowany, końcowy (graniczny) zbiór punktów – zbiór Cantora – i bezpośrednio związana z nim krzywa Cantora (devil's staircase; rys. 1), pomimo swej abstrakcyjności, posiadają głębokie i nieoczekiwane powiązania z zagadnieniami fizycznymi.



Rys. 1. Krzywa Cantora  $q(H)$  dla jednowymiarowego antyferromagnetycznego modelu Isinga z oddziaływaniem dalekozasięgowym, dla  $J(n) = n^{-2}$ ; uwidoczniono tylko te przedziały stabilnych konfiguracji, których zakres odpowiada  $\Delta H \geq 0.04J(1)$ , co z kolei odpowiada  $n \leq 7$

Poniżej przedstawiamy omówienie pracy Baka i Bruinsmy [12], w której w sposób ścisły pokazano, że widmo podstawowych stanów energetycznych łańcucha spinów Isinga, z wypukłymi, dalekozasięgowymi oddziaływaniami antyferroma-

gnetycznymi ( $J > 0$ ), posiada fraktalną strukturę kompletnych diabelskich schodów. Przez wypukłość oddziaływań rozumiemy tu wypukłość  $J$  (całki wymiany) jako funkcji odległości (rys. 2). Model Baka i Bruinsmy jest prawdopodobnie pierwszym analitycznym dowodem istnienia takiej struktury w modelach mikroskopowych. Jej dostrzeżenie rzuciło nowe światło na stosunkowo mało znane i mniej intensywnie badane układy długozasięgowych (choć nadal dwuciałowych) oddziaływań spinowych czy elektrostatycznych. Znacznie częściej rozważane są układy z oddziaływaniami krótkiego zasięgu typu NN (najbliższych sąsiadów) bądź NNN (następnych sąsiadów).



Rys. 2. Zależność potencjału od odległości dla oddziaływań wypukłych

Sposób ujęcia problemu podany przez Baka i Bruinsmę obejmuje bogatą gamę innych układów fizycznych o hamiltonianie izomorficznym do modelu Isinga i odnosi się do ogólnej klasy oddziaływań wypukłych. Pomimo swej prostoty – rozważania w jednym wymiarze – jest on ważny ze względu na coraz bardziej konkretne, choć wciąż jeszcze dyskusyjne perspektywy weryfikacji eksperymentalnej. Coraz powszechniej otrzymywane są bowiem niskowymiarowe układy kwantowe [13] (druty, kropki kwantowe). W aspekcie teoretycznym model ten okazuje się szczególnie intrygujący w świetle nowych faktów dotyczących jego cech fraktalnych [14].

## 2. Model fizyczny – opis

Rozważmy skończony łańcuch  $N$  spinów, w którym każdy spin  $S_i = \pm 1$ . Punktem wyjścia jest hamiltonian układu, który można zapisać ogólnie w poniższej postaci (1), gdzie niezerowe są oddziaływania jedynie pomiędzy spinami zorientowanymi do góry ( $S_i = +1$ ). W stosunku do zapisu symetrycznego różni się on tylko przesunięciem zerowego poziomu energii.

$$\mathcal{H} = \sum_{i=1}^N H S_i + \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^N J(i-j)(S_i + 1)(S_j + 1). \quad (1)$$

Sumowanie przebiega po wszystkich  $N$  spinach. Równie dobrze można opuścić czynnik  $1/2$  przy członie Isinga i sumować dla  $i \neq j$ .  $J(i-j)$  jest całką wymiany pomiędzy  $i$ -tym a  $j$ -tym spinem,  $H$  – natężeniem zewnętrznego pola magnetycznego (w jednostkach  $J(1)$ ). Dla uproszczenia przyjęto  $g\mu_B = 1$ , gdzie  $g$  – czynnik giromagnetyczny,  $\mu_B$  – magneton Bohra. Z natury modelu Isinga rozważane są tylko  $z$ -towe składowe spinów.

Namagnesowanie układu jest tutaj rozumiane jako stosunek liczby spinów zorientowanych do góry do liczby wszystkich spinów. Tak zdefiniowane namagnesowanie różni się od namagnesowania mierzonego, które jest różnicą sumy momentów skierowanych do góry i w dół.

Precyzując podstawową tezę artykułu, związek pomiędzy określonym wyżej namagnesowaniem liniowego układu spinów a zewnętrznym polem magnetycznym przyjmuje postać krzywej Cantora czyli diabelskich schodów (rys. 1). Zależność tę przedstawiamy dalej w ścisłej formie analitycznej (4), z której wynika fraktalne samopodobieństwo krzywej. Powiększanie wykresu (rys. 1) ukazuje jego rekurencyjny charakter i odkrywa bogactwo struktury.

Należy podkreślić dynamiczną naturę namagnesowania łańcucha spinów, wynikającą z ewolucji układu w zewnętrznym polu magnetycznym. Zmiana orientacji jednego spinu pociąga za sobą reorganizację całego łańcucha zmierzającą do minimalizacji całkowitej energii swobodnej przy ustalonym polu zewnętrznym  $H$ , traktowanym jako parametr.

Rozważany model opiera się na czterech istotnych założeniach:

(1)  $J(i) > 0$ , co oznacza, że układ spinów preferuje ustawienie antyrównoległe (antyferromagnetyk). Dodatniość całki wymiany, przy ujemnym iloczynie  $S_i S_j$ , obniża energię łańcucha.

(2)  $J(i) \rightarrow 0$ , gdy  $i \rightarrow \infty$ , czyli rozważane jest oddziaływanie dwuciałowe ściśle nieskończone zasięgowe.



(3)  $[J(i+1) - 2J(i) + J(i-1)] \geq 0$  dla każdego  $i$ , tzn.  $J$  jest wypukłą funkcją odległości (rys. 2). Innymi słowy, rozważamy tu szczególną, acz bardzo bogatą, klasę potencjałów. Własność ta jest istotna. Jak pokazano dalej, zapewnia ona istnienie nieskończonej hierarchii stanów podstawowych, a w konsekwencji jej fraktalne własności. Udowodniono [15], że konfiguracje podstawowe spinów są takie same dla różnych typów oddziaływań, jeśli tylko są one wypukłymi funkcjami odległości  $x$ . Na przykład oddziaływania w postaci  $x^{-\alpha}$  i  $\exp(-\alpha x)$  mają identyczne konfiguracje podstawowe.

(4) Całka wymiany jest funkcją symetryczną:  $J(i-j) = J(j-i)$ .

Takie sprecyzowanie modelu pozwala w zasadzie traktować układ spinów jako zbiór odpychających się, naładowanych cząstek o identycznych ładunkach, analogicznie do oddziaływań kulombowskich jednoimiennych ładunków elektrostatycznych. Stąd też, dla danego namagnesowania (liczonego tutaj jako liczba spinów do góry minus liczba spinów w dół) problem znalezienia konfiguracji stabilnej przy danym  $H$  jest równoważny zadaniu rozmieszczenia  $qN$  jednoimiennie naładowanych cząstek, gdzie  $q$  jest liczbą wymierną, w  $N$  węzłach, tak aby zminimalizować energię ich kulombowskiego odpychania. Zagadnienie to zostało rozwiązane przez Hubbarda [1].

Dla danego wymiernego  $q = m/n$ , określającego procent spinów skierowanych do góry, udowodniono, że podstawowe stany energetyczne łańcucha wynikają bezpośrednio z tzw. procedury Hubbarda. Wprowadza ona preferencję pewnych okresowych konfiguracji spinów. W przypadku gdy  $q = 1/n$ , gdzie  $n$  jest liczbą naturalną, pomiędzy każdymi dwoma kolejnymi spinami do góry, istnieje  $n-1$  spinów skierowanych w dół, tj. spiny skierowane do góry obsadzają równomiernie tylko  $n$ -te węzły. W ogólniejszym przypadku, gdy  $q = m/n$  jest ułamkiem nieskracalnym, stan podstawowy charakteryzuje się periodycznym układem spinów o okresie  $n$ , a w każdym takim przedziale występuje  $m$  spinów do góry. Wówczas odległości pomiędzy dwoma sąsiadującymi spinami  $\uparrow$  wynoszą  $[n/m]$  lub  $[n/m] + 1$ , gdzie  $[x]$  oznacza największą liczbę całkowitą nie przewyższającą  $x$ . Istotny jest tu fakt, że muszą to być dwie kolejne liczby naturalne. Przykładami stabilnych konfiguracji spinów łańcucha są:

$$\begin{aligned} \text{dla } q = 1/3 & \quad \dots \uparrow \downarrow \downarrow \uparrow \downarrow \downarrow \uparrow \downarrow \downarrow \uparrow \downarrow \downarrow \dots \\ q = 2/5 & \quad \dots \uparrow \downarrow \downarrow \uparrow \downarrow \downarrow \uparrow \downarrow \downarrow \uparrow \downarrow \downarrow \dots \\ q = 3/7 & \quad \dots \uparrow \downarrow \downarrow \uparrow \downarrow \downarrow \uparrow \downarrow \downarrow \dots \end{aligned}$$

Zauważmy, że istotne jest otrzymanie konfiguracji podstawowych hamiltonianu tylko dla  $q \leq 1/2$ . Dla ułamków  $1 - q$  wystarczy zamienić zwroty spinów.

Rozpatrywane konfiguracje stanu podstawowego odnoszą się do temperatury  $T = 0$ . Dla  $T \neq 0$ , w układach jednowymiarowych, nie istnieją stabilne rozkłady

spinów o długozasięgowym uporządkowaniu. Dla wystarczająco małych  $T$ , konfiguracje „doskonałe” (dla  $T = 0$ ) będą istnieć lokalnie, przedzielone „defektami” naruszającymi okresowość i niszczącymi porządek długozasięgowy [1].

Konfiguracja układu spinów charakteryzująca się stosunkiem  $q = m/n$  jest stabilna w przedziale energii (w przedziale zmienności pola  $H$ ), który jest sumą energii wymaganej do obrócenia jednego spinu ↓ konfiguracji do góry oraz niezależnie jednego spinu ↑ w dół. Zewnętrzne pole magnetyczne daje wkład do energii układu poprzez człon zeemanowski w hamiltonianie (1).

Dopuszczalna zmiana zewnętrznego pola  $\Delta H$ , bez naruszenia ustalonej struktury uporządkowania, dana jest przez wyrażenie ściśle analityczne, które jest kluczowe dla dalszych rozważań:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}\Delta H(q = m/n) = & n[J(n+1) + J(n-1) - 2J(n)] + \\ & + 2n[J(2n+1) + J(2n-1) - 2J(2n)] + \dots \quad (2) \\ & \dots + in[J(in+1) + J(in-1) - 2J(in)] + \dots \end{aligned}$$

Długości zakresów stabilności konfiguracji, czyli stopni schodów, nie zależą od  $m$  i dla szeregu konfiguracji są sobie równe. Ze wzoru (2) bezpośrednio wynika związek  $q(H)$ . Jest on graficznie przedstawiony na rys. 1. Jak widać, nawet tak uproszczony wykres, o bardzo grubej rozdzielczości, wykazuje już cechy samopodobieństwa czyli niezmienniczość względem przyjętej skali, lub inaczej – brak charakterystycznej długości schodów tj. przedziałów odpowiadających stabilnym konfiguracjom spinów przy określonym  $H$ . Wykres na rys. 1 odpowiada oddziaływaniu o całce wymiany  $J(i) = i^{-2}$ , a przedstawione są na nim tylko te konfiguracje, których zakresy stabilności  $\Delta H/J(1) > 0.04$ . Cały zakres zmienności  $H$  od  $q = 0$  do  $q = 1$  (czyli suma wszystkich  $\Delta H$ ) wynosi wówczas  $6.58J(1)$ , a wielkość  $\Delta H$  dla  $q = 1/2$  wynosi  $2.77J(1)$ . Dla innych zależności całki wymiany od odległości (lecz wypukłych) podział całego przedziału  $H$  ulega zmianie. Wraz ze wzrostem wypukłości, tj. szybszym zanikiem oddziaływania z odległością, charakterystyczny jest wzrost odcinka dla  $q = 1/2$  (porządek antyferromagnetyczny), a w granicy wynosi on  $4J(1)$ . Wszystkie odpowiadające im krzywe  $q(H)$  są „kantropodobne” o różnych partycjach przedziału  $[0,1]$ , niekoniecznie triadycznych. Fraktalny wymiar samopodobieństwa  $D$  komplementarnego do schodów zbioru Cantora będzie zależał od całki wymiany.

Zauważmy, że każdej reorientacji pojedynczego spinu towarzyszy przegrupowanie całego układu, aż do osiągnięcia nowego stanu o minimalnej energii, czyli nowej stabilnej konfiguracji. Dopiero po tej przebudowie nowy ustabilizowany układ może być badany ze względu na wpływ następnej modyfikacji. Charakterystyczna jest globalność zmian struktury układu.

Krzywa Cantora opisująca wiele różnych układów fizycznych jest dobrze zdefiniowanym obiektem matematycznym. Punktem wyjścia jest tu teoriomnogościowa konstrukcja zbioru Cantora. Istnieje klasa równoważnych topologicznie konstrukcji tego zbioru. W artykule ograniczamy się do tzw. triadycznego zbioru Cantora. Procedura rekurencyjna jego budowy została podana wyżej. Graniczny zbiór punktów jest najprostszym fraktalem o wymiarze samopodobieństwa  $D = \log 2 / \log 3 = 0.6309$  [14,16,17]. Trójka w mianowniku jest tzw. współczynnikiem podobieństwa – po każdym kroku konstrukcji rozpatrywane odcinki skracają się trzykrotnie. Dwójka w liczniku jest tzw. powiększeniem fraktalnym – w każdym kroku na miejsce jednego odcinka większego pojawiają się dwa mniejsze.

Zbiór Cantora jest zupełny i nigdzie gęsty. Oznacza to, że dowolny graniczny punkt zbioru należy do zbioru oraz w dowolnym przedziale na odcinku  $[0,1]$  zawsze istnieje co najmniej jeden podprzedział, który nie zawiera żadnej części zbioru.

W sposób analityczny zbiór Cantora definiowany jest jako klasyczny przykład zbioru o topologicznym wymiarze zero [2,18]. W ujęciu teorioliczbowym okazuje się on być zbiorem wszystkich liczb  $x$  postaci:

$$x = x_1/3 + x_2/3^2 + \dots + x_n/3^n + \dots, \quad (3)$$

gdzie  $x_i$  przyjmuje jedną z dwóch wartości 0 lub 2.

Jak widać,  $x$  są liczbami z przedziału  $[0,1]$ , które dają się zapisać w systemie trójkowym bez użycia cyfry 1. Dla przykładu,  $1/3$  należy do zbioru Cantora, bowiem  $1/3 = 0/3 + 2/9 + 2/27 + \dots + 2/3^n + \dots$ , ale  $1/2$  już nie.

Powyższa definicja zbioru Cantora daje podstawę do analitycznego określenia schodkowej funkcji Cantora, tj. diabelskich schodów, w sensie pewnego ciągłego przekształcenia  $M(x)$  zbioru Cantora na odcinek  $[0,1]$ . Określamy je następująco: wykorzystując przedstawienie liczby  $x$  należącej do zbioru Cantora w postaci (3), definiujemy funkcję pomocniczą  $\varphi(x)$

$$\varphi(x) = \frac{1}{2}(x_1/2 + x_2/2^2 + \dots + x_n/2^n + \dots). \quad (4)$$

Można pokazać, że  $\varphi(x)$  ma na obu końcach – każdego przedziału wyłączonego z odcinka  $[0,1]$  – taką samą wartość. Otóż wartość tę przyjmujemy jako stałą wartość funkcji  $M(x)$  w rozważanym przedziale wyłączonym. Poza tym, tj. dla  $x$  należącego do zbioru Cantora, przyjmujemy  $M(x) = \varphi(x)$ . Procedura ta prowadzi do symetrycznych, kompletnych diabelskich schodów.

Krzywa Cantora jest prawie wszędzie równoległa do osi odciętych, jej pochodna jest prawie wszędzie równa zeru. W ścisłe analitycznym ujęciu jest to krzywa ciągła (!), monotonicznie niemalejąca. Zapewne z tych własności wywodzi się jej oryginalna nazwa – diabelskie schody – pochodząca od Mandelbrota [2], powszechnie, przyjęta w literaturze.

### 3. Dyskusja modelu i wnioski

Na podstawie otrzymanej krzywej Cantora, dla danego typu całki wymiany, można przewidzieć przedziały stabilności konfiguracji spinowej  $q$  w zależności od wartości zewnętrznego pola magnetycznego  $H$ . Zauważmy przy tym istotny fakt znacznie upraszczający analizę zagadnienia: prawa strona końcowej zależności (2) nie zależy od  $m$ , tj. od liczby spinów  $\uparrow$  w okresie. Zatem taka sama długość schodów istnieje dla wszystkich tych  $q = m/n$ , gdzie  $m = 1, \dots, n - 1$ , a  $q$  pozostaje ułamkiem nieskracalnym. Przykładowo, tak jest dla  $q = 1/5, 2/5, 3/5, 4/5$ , ale nie jest tak dla  $q = 1/4, 2/4, 3/4$ , z których należy wyłączyć  $q = 2/4$ .

Fakt niezależności  $\Delta H(q)$  od  $m$  zapewnia tym samym symetrię schodów względem  $q = 1/2$ . Wynika to z procedury Hubbarda. Zauważmy również, że im mniejsza długość schodka, tym jest ich więcej. Ilościowo zdecydowanie przeważają konfiguracje stabilne w infimezymalnie małych zakresach zmienności zewnętrznego pola  $H$ . Jak łatwo się domyśleć, wynika to z natury samego zbioru Cantora.

Nadanie oddziaływaniu pomiędzy spinami charakteru nieskończonego zasięgu i wypukłości prowadzi do nieskończonej sumy dodatnich składników w wyrażeniu (2). Dla fizycznie sensownych całek wymiany ( $J(i) \rightarrow 0$ , gdy  $i \rightarrow \infty$ ) sumy te są zbieżne. Uwzględnienie powyższych własności oddziaływania pomiędzy spinami zapewnia ściśle, fraktalne samopodobieństwo krzywej  $q(H)$ , czyli kompletność diabelskich schodów. Z faktu wypukłości oddziaływania wynika skończoność i dodatniość przedziałów dla każdej konfiguracji. Suma przedziałów  $\Delta H$  w pełni pokrywa cały zakres zmienności  $H$ , czyli innymi słowy – krzywa w całości składa się ze schodów. Krzywa Cantora staje się niekompletna, gdy jej pochodna jest skończona i różna od zera na zbiorze o mierze skończonej.

Fraktalne samopodobieństwo zależności  $q(H)$  wynika z istnienia odpowiedności pomiędzy schodami krzywej a zbiorem liczb wymiernych w przedziale  $[0,1]$ . Jest to zbiór gęsty, pomiędzy dwiema liczbami wymiernymi zawsze istnieje pośrednia liczba wymierna. Podobnie, między każdymi dwoma stopniami schodów istnieje inny stopień. Wygodnie jest to uzmysłowić sobie za pomocą konstrukcji drzewa Fareya [19]: pomiędzy liczbami  $t/u$  i  $t'/u'$  istnieje liczba  $(t + t')/(u + u')$  spełniająca zależność

$$t/u < (t + t')/(u + u') < t'/u'. \quad (5)$$

Można zatem mówić o izomorfizmie zbioru liczb wymiernych z przedziału  $[0,1]$  i zbioru stabilnych konfiguracji spinów  $\uparrow$  w łańcuchu Isinga (określonych przez wielkość  $q$ ) lub, bardziej poglądowo, izomorfizmie zbioru liczb wymiernych z  $[0,1]$

i zbioru poziomów energii stanów podstawowych modelu. W ten sposób opis zachowania się łańcucha spinów w zewnętrznym polu magnetycznym znajduje swój odpowiednik w elementarnej teorii liczb. W tym miejscu warto podkreślić klarowność i matematyczną elegancję modelu Baka i Bruinsmy [12].

Zastosowanie hamiltonianu typu (1) nie ogranicza się tylko do jednowymiarowego łańcucha spinów z dalekozasięgowym wypukłym oddziaływaniem Isinga. Rozważać można szereg izomorficznych hamiltonianów dla pewnych układów krytalograficznych dopuszczających występowanie faz współmiernych z siecią krytaliczną, jak i dla układów dynamicznych z dwiema konkurującymi częstościami. Konkretnie postacie tych hamiltonianów otrzymujemy nadając wielkościom:  $H$  (pole magnetyczne) i  $J$  (całka wymiany) odpowiedni sens fizyczny.

Safran [12] zastosował ten model do opisu zjawiska wbudowywania się pomiędzy płaszczyzny grafitu obcych, okresowo ułożonych w przestrzeni, warstw atomów metali alkalicznych (*graphite intercalation compounds*). W tym fenomenologicznym modelu, spinowi  $S_i$  odpowiada liczba  $\sigma_i$  przyporządkowana  $i$ -tej przestrzeni pomiędzy warstwami grafitu, przy czym  $\sigma_i = 1$  oznacza obecność warstwy atomów metali alkalicznych, a  $\sigma_i = 0$  jej brak. Całce wymiany  $J(i - j)$  w modelu Isinga odpowiada teraz  $V(i - j)$  - dalekozasięgowe oddziaływanie odpychające typu potęgowe pomiędzy warstwami metalicznymi, a natężeniu pola  $H$  potencjał chemiczny warstw  $\mu$ . Ostatecznie, energia struktury złożonej z warstw wypełnionych i pustych jest dana przez hamiltonian:

$$\mathcal{H} = \sum_i \mu \sigma_i + \sum_i \sum_j V(i - j) \sigma_i \sigma_j. \quad (6)$$

Z kolei, Hubbard i Torrance [12] zaproponowali zastosowanie tego modelu do opisu soli organicznych typu „mixed-stack”, o strukturze warstwowej, charakteryzujących się przejściami fazowymi (stan jonowy  $\leftrightarrow$  stan neutralny), podczas których ma miejsce przeniesienie ładunku. Odpowiednikiem  $J(i - j)$  będzie tu  $V'(i - j)$  - wykładnicze odpychanie pomiędzy zjonizowanymi płaszczyznami, a odpowiednikiem  $H$  różnica  $I - A$  pomiędzy potencjałem jonizacyjnym  $I$  donora i powinowactwem elektronowym  $A$  akceptora. Energia układu może być wówczas zapisana w postaci:

$$\mathcal{H} = \sum_i (I - A) p_i + \sum_i \sum_j V'(i - j) p_i p_j, \quad (7)$$

gdzie  $p_i$  jest odpowiednikiem  $\sigma_i$  z poprzedniego przykładu.

Jedno z ostatnich zastosowań tego hamiltonianu zawarte jest w pracy Adelmana i in. z roku 1992 [11], w której analizowane są oddziaływania i porządek

dalekiego zasięgu pomiędzy nadstrukturami jonów tlenu w wysokotemperaturowym nadprzewodniku  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_z$ .

Isingowski hamiltonian (1) znajduje również zastosowanie do opisu przejść metal – izolator [20] oraz stabilnych konfiguracji w dynamicznym modelu Frenkela-Kontorowej [5,7]. Wyszukiwanie dalszych układów fizycznych dających się zinterpretować w ramach tego formalizmu jest sprawą otwartą.

Wymienione powyżej układy należą do struktur o okresowej modulacji [10]. Zmodulowanie to w najprostszym przypadku jest wynikiem konkurencji dwóch różnych oddziaływań w układzie: wewnętrznego i zewnętrznego. Koncepcję tego typu konkurencji sił wyjaśnić można na przykładzie modelu Frenkela-Kontorowej, którego hamiltonian jest izomorficzny do hamiltonianu Isinga (1). W modelu tym sprężysty łańcuch atomów poddany jest działaniu zewnętrznego ciągłego potencjału okresowego, którego okres nie pokrywa się ze stałą sieci (tj. z okresem wewnętrznego potencjału międzyatomowego). Analogicznej konkurencji oddziaływań pomiędzy członem isingowskim (oddziaływanie wewnętrzne), a zeemanowskim (oddziaływanie zewnętrzne), można się dopatrzeć w omawianym modelu Baka i Bruinsmy.

Podkreślimy, że w badanym modelu dokonujemy analizy stabilnej konfiguracji spinów łańcucha, będącego – przy zadanym parametrze zewnętrznym  $H$  – w równowadze termodynamicznej w  $T = 0$ . Nie zajmujemy się natomiast ściśle samą dynamiką procesu zmian i ustalania się (kolejnych) stanów podstawowych układu. Innymi słowy nie zajmujemy się wzbudzeniami elementarnymi łańcucha. W modelu Frenkela-Kontorowej rozważany jest dynamiczny aspekt procesu minimalizacji energii łańcucha (atomów) [5,7]. Kluczowe w tym modelu równanie Frenkela-Kontorowej prowadzi bezpośrednio do równania Sine-Gordona.

Mówiąc poglądowo, w układach powyższego typu, krzywa Cantora jest geometryczną wizualizacją zagadnienia minimalizacji energii. Rzuca to nowe światło na fizyczną – fraktalną – naturę struktury stanów podstawowych w danych warunkach zewnętrznych i przejść fazowych pomiędzy nimi.

Mimo, że zagadnienie jest dość wąskie, istnieje bogata literatura na ten temat, a w szczególności fundamentalne prace Aubry'ego [3-8] oraz Mandelbrota [2], poświęcone analizie zjawisk opisywanych za pomocą diabelskich schodów. Ma to miejsce w układach spinów porządkujących się magnetycznie, w układach ładunków elektrostatycznych, krystalograficznych pod kątem opisu nadstruktur (problem mode-locking), a także w układach dynamicznych z dwiema konkurującymi częstościami (charakterystyka prądowo-napięciowa nadprzewodzącego złącza Josephsona w polu mikrofalowym [9]).

We wszystkich tych układach, w określonych przedziałach parametru zewnętrznego wyróżnione nadstruktury posiadają najniższe z możliwych energie

(realizują stan podstawowy) dopóty, dopóki nie przekroczone zostaną krytyczne wartości parametru, przy których wielkość charakteryzująca nadstrukturę doznaje spontanicznego skoku, by ponownie ustalić się na nowym stopniu schodów. Innymi słowy, stopnie schodów odpowiadają przedziałom wartości parametru zewnętrznego, w których układ jest nieczuły na zmianę zewnętrznego bodźca, przy czym zakres tej nieczułości istotnie zależy od wartości parametru zewnętrznego. Przekroczenie jego wartości krytycznych, którym odpowiadają punkty „skoku” krzywej, czyli punkty zbioru Cantora, prowadzi do globalnej reorganizacji konfiguracji minimalizującej na nowo energię układu. Z uwagi na spontaniczność i nieanalityczność zmian nadstruktur w omawianych układach, opis tego procesu za pomocą formalizmu fraktalnej krzywej Cantora, lub krzywych „kantoropodobnych”, wydaje się być jedynym ścisłym, a przy tym prostym i eleganckim ujęciem teoretycznym.

Jeden z autorów (M.M.) pragnie wyrazić serdeczne podziękowania drowi Włodzimierzowi Salejdzie z Instytutu Fizyki Politechniki Wrocławskiej, za cenne uwagi i pouczające dyskusje dotyczące omawianych w artykule zagadnień.

### Literatura

- [1] J. Hubbard, *Phys. Rev. B* **17**, 494 (1978).
- [2] B.B. Mandelbrot, *Fractal Geometry of Nature* (Freeman, San Francisco 1982).
- [3] S. Aubry, F. Axel, F. Vallet, *J. Phys. C: Solid State Phys.* **18**, 753 (1985).
- [4] S. Aubry, „The Devil’s Staircase Transformation in Incommensurate Lattices”, *Seminar on the Riemann problem, spectral theory and complete integrability 1978/79*, red. D.G. Chudnovskij, Lecture notes in mathematics (Springer-Verlag, 1980).
- [5] S. Aubry, „The twist map, the extended Frenkel-Kontorova model and the devil’s staircase”, *Proceedings of CNLS Order and Chaos Conference, 1982, Physica D* **7**, 240 (1983).
- [6] S. Aubry, *J. Physique* **44**, 147 (1983).
- [7] S. Aubry, *J. Phys. C* **16**, 2497 (1983).
- [8] S. Aubry, „The new concept of transitions by breaking of analyticity in a crystallographic model”, *Solitons and Condensed Matter Physics*, Proceedings of the Symposium on Nonlinear Structure and Dynamics in Condensed Matter, Oxford, England, June 1978.
- [9] H. Takayasu, *Fractals in the Physical Sciences* (Manchester Univ. Press, Manchester, NY, 1990).
- [10] J. Warczewski, *Krystaliczne struktury modulowane* (PWN, Warszawa 1993).
- [11] D. Adelman, C. Burmester, L. Wille, P. Storne, R. Gronsky, *J. Phys. Cond. Matter* **4**, L585 (1992).
- [12] P. Bak, R. Bruinsma, *Phys. Rev. Lett.* **49**, 249 (1982).
- [13] *Multicritical Phenomena*, NATO ASI Series, s. B, t. 106, red. R. Pynn, A. Skjeltorp (Plenum Press, London, New York 1984).

- [14] K. Falconer, *Fractal Geometry, Mathematical Foundations and Applications* (J.Wiley, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore 1990).
- [15] J. Jędrzejewski, komunikat prywatny.
- [16] M. Barnsley, *Fractals Everywhere* (Academic Press, Boston, San Diego, New York, Berkeley, London, Sydney, Tokyo, Toronto 1988).
- [17] J. Feder, *Fractals* (Plenum Press, New York, London 1988).
- [18] K. Kuratowski, *Wstęp do teorii mnogości i topologii*, BM t. 9 (PWN, Warszawa 1980).
- [19] H.G. Schuster, *Chaos deterministyczny – wprowadzenie* (PWN, Warszawa 1993).
- [20] J. Jędrzejewski, J. Lach, R. Łyżwa, Preprint 808/92, Institute of Theoretical Physics, University of Wrocław, June 1992.



**Andrzej Graja**

*Instytut Fizyki Molekularnej PAN  
Poznań*

## Nadprzewodniki organiczne – spełnione i niespełnione nadzieje\*

**Organic superconductors – fulfilled and unfulfilled hopes**

*Abstract:* Molecular electronics seeks the systematic development of molecular materials as active elements in devices for information processing. Low-dimensional organic conductors, especially molecular superconductors are promising above all. Strategy, structure and physical properties of organic superconductors are discussed.

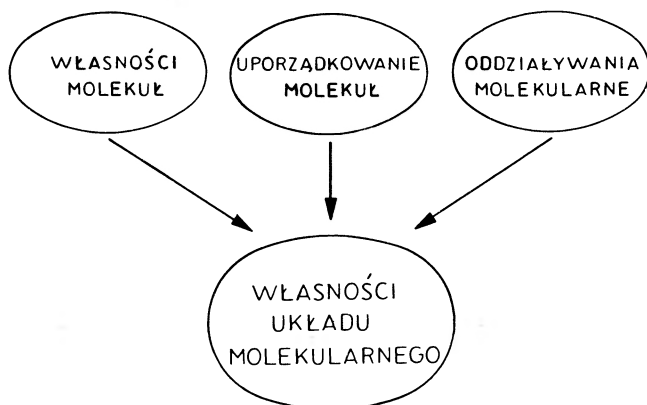
### 1. Wstęp. Elektronika molekularna technologią przyszłości

Elektronika molekularna (EM) wykorzystuje materiały, w których poszczególne cząsteczki zachowują swą indywidualność [1]. Oznacza to, że charakterystyki materiałów ważnych z punktu widzenia EM są uzależnione od własności poszczególnych cząsteczek, ich uporządkowania i wzajemnych oddziaływań (rys. 1). EM to nie tylko projektowanie odpowiednich cząsteczek chemicznych, ale również wskazywanie sposobów ich łączenia w układy zdolne do spełniania wymaganych funkcji. Aby określona cząsteczka chemiczna mogła spełniać wyznaczone jej zadania, musi być raczej duża, niekiedy wyszukana co do kształtu i własności fizykochemicznych. Tak skomplikowanych cząsteczek nie potrafimy na razie opisać ścisłymi metodami chemii kwantowej – przydatne są raczej metody półempiryczne jak np. CNDO, INDO, MINDO itp.<sup>1</sup>

---

\* Artykuł niniejszy pragnę zadedykować Profesorom J.W. Rohlederowi i K. Pigionowi z okazji 70-tej rocznicy ich urodzin.

<sup>1</sup> Skróty te oznaczają odpowiednio: *Complete, Intermediate* i *Modified Intermediate Neglect of Differential Overlap* – całkowite, pośrednie i zmodyfikowane pośrednie zaniedbanie nakrywania różniczkowego (przyp. Red.).

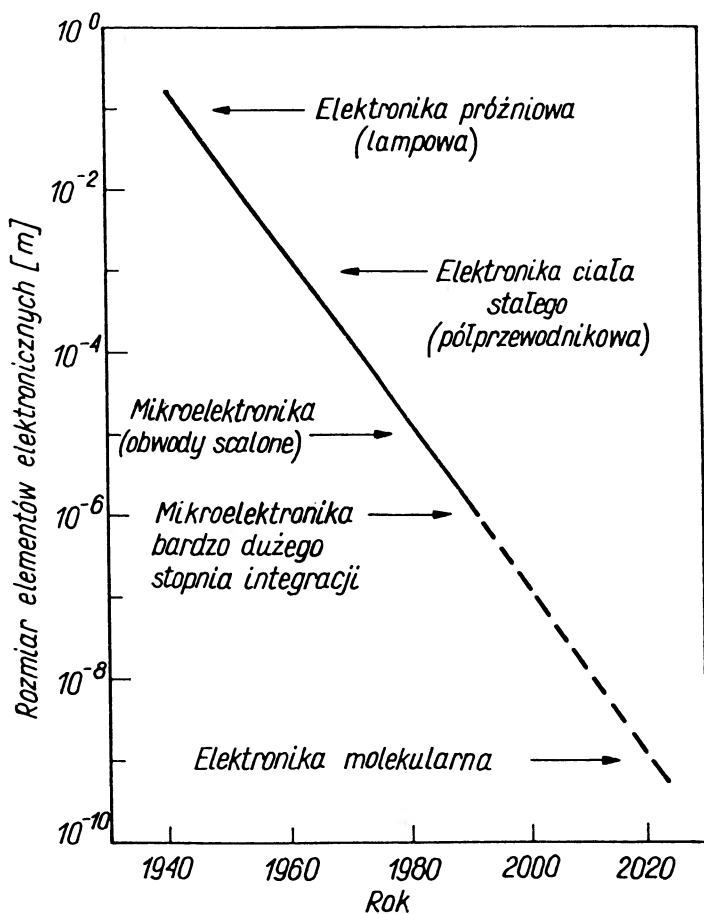


Rys. 1. Czynniki określające własności układów molekularnych

Równie trudno przewidzieć jest sposób uporządkowania cząsteczek w organicznym ciele stałym. Niezbędne do tego celu potencjały oddziaływań międzycząsteczkowych nie dają się łatwo wyznaczyć ani z doświadczenia ani z teorii. Metody chemii kwantowej dają co prawda takie informacje dla przypadków skrajnych: albo oddziaływań krótkozasięgowych (walencyjnych), albo też długozasięgowych, tzn. klasycznych sił międzymolekularnych. Z punktu widzenia EM ważny jest jednak obszar pośredni, odpowiadający cząsteczkom blisko siebie leżącym, czyli pozostającym w bezpośrednim kontakcie.

Oddziaływania międzymolekularne to zagadnienie bardzo złożone. Można je podzielić na dwie grupy: 1) klasyczne oddziaływania elektromagnetyczne, stosunkowo łatwe do opisanie i 2) oddziaływania kwantowe tłumaczone wymianą elektronów, ich przeniesieniem lub korelacjami; te nieklasyczne oddziaływania są trudne do obliczenia.

W rzeczywistości przedstawione na rys. 1 trzy problemy trzeba traktować łącznie, w odniesieniu do określonego układu molekularnego. Innymi słowami, własności układów molekularnych nie są prostą funkcją tych czynników – zazwyczaj niektóre z nich dominują. Trzeba podkreślić, że współczesna teoria pozwala na usystematyzowanie poszukiwań i uczynienie ich racjonalniejszymi. Teoria jest więc pomocna w poszukiwaniach ale złożoność zagadnień powoduje, że często zdać się trzeba na intuicję i doświadczenie badacza. Jeśli spojrzeć na wykres (rys. 2) ilustrujący średnie rozmiary elementów elektronicznych, z którymi mieliśmy lub mamy obecnie do czynienia, to widać silną tendencję do ich miniaturyzacji [2]. Upraszczając zagadnienie można powiedzieć, że każda dekada drugiej połowy XX w. przynosiła dziesięciokrotne zmniejszenie typowych rozmiarów elementów używanych w urządzeniach elektronicznych. Można oczekiwać, że roz-



Rys. 2. Wykres ilustrujący miniaturyzację elementów elektronicznych w funkcji czasu

miary tych elementów na początku XXI w. będą rzędu dziesiątych części mikrometrów, czyli osiągną rozmiary cząsteczkowe. Za tym nieprecyzyjnym i łatwym do zakwestionowania rozumowaniem, kryje się jednak fizyka. Wiemy przecież doskonale, że klasyczny opis zjawisk stosuje się do układów dostatecznie dużych. Jeśli rozmiary analizowanego układu molekularnego są mniejsze niż długość koherencji, to pojawiają się efekty czysto kwantowe, uniemożliwiające stabilną pracę takiego układu elektronowego. Nie pozostaje więc nic innego, jak sięgać do pojedynczych cząsteczek lub odpowiednich ich połączeń. Innymi słowy, jeśli chcemy produkować jeszcze mniejsze, jeszcze lżejsze i przede wszystkim jeszcze tańsze urządzenia elektroniczne, to jesteśmy zdani na elektronikę molekularną. Chociaż jestem o tym przekonany, to nie podjąłbym się jednak przewidywać co będzie tą

najmniejszą cegiełką – czy odpowiednio zaprojektowana pojedyncza cząsteczka, czy ich zespół, czy też kryształ molekularny.

Pomimo intensywnych badań zmierzających do poznania i wykorzystania pojedynczych cząsteczek organicznych, obecnie czujemy się dość pewnie jedynie w makroukładach: sprzężonych polimerach, kryształach niskowymiarowych, warstwach molekularnych itp. Przejdźmy więc do organicznych, niskowymiarowych układów molekularnych, w szczególności do nadprzewodników organicznych.

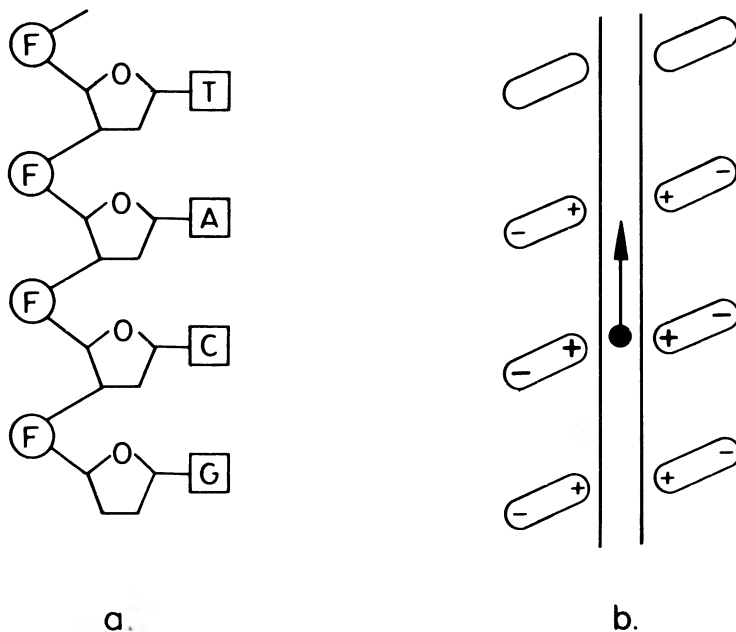
## 2. Hipoteza Little'a i jej konsekwencje

William Little z Uniwersytetu Stanforda, badając na początku lat 60-tych pewne zagadnienia z pogranicza biologii, zaskoczony został obserwacją, że jeden z typów kwasu dezoksyrybonukleinowego (DNA) jest aktywny biologicznie jedynie wtedy, gdy tworzy zamknięty pierścień. Nasunęło to podejrzenie o analogię do nadprzewodzącej pętli, przez którą bezstratnie płynie prąd elektryczny. Little rozpoczął więc poszukiwania odpowiedzi na pytanie, czy układ o strukturze podobnej do DNA (rys. 3a), zbudowany ze spiralnego szkieletu węglowodanowego i dołączonych doń, regularnie uporządkowanych zasad organicznych, może wykazywać własności nadprzewodzące. Dodać trzeba, że w owych czasach była już ugruntowana mikroskopowa teoria nadprzewodnictwa Bardeena, Coopera i Schrieffera (BCS) [3]. Idąc za nadmienioną poprzednio obserwacją Little zaproponował model hipotetycznego nadprzewodnika (rys. 3b), zbudowanego z polienowego szkieletu z doczepionymi doń silnie polaryzowalnymi cząsteczkami [4,5]. Używając prostego formalizmu BCS Little pokazał, że przyciągające oddziaływanie między elektronami w szkielecie może wynikać z wirtualnej polaryzacji elektronowej doczepionych z boku cząsteczek. Ku zdziwieniu autora, wyliczona temperatura krytyczna takiego układu była znacznie wyższa od temperatury pokojowej. Little zauważył, że formalną przyczyną tego może być zastąpienie w wyrażeniu BCS na temperaturę przemiany

$$kT_c = 1.13 \hbar\omega \exp \left[ -\frac{1}{N(0)V} \right]$$

częstości fononowej  $\omega$  przez znacznie wyższą częstość wzbudzeń elektronowych w łańcuchach bocznych. Pokazano w ten sposób po raz pierwszy, że możliwe jest nadprzewodnictwo w stosunkowo wysokich temperaturach w układach, w których stany elektronowe odgrywają rolę stanów fononowych i pośredniczą w wytwarzaniu przyciągających oddziaływań między elektronami w paśmie przewodnictwa. Little zasugerował, że koncepcja ta może się realizować w odpowiednich układach organicznych np. w polimerach czy też kryształach jednowymiarowych. Patrząc z

dzisiejszej perspektywy, hipoteza Little'a, choć nieprecyzyjna, była niezwykle silnym bodźcem do intensyfikacji badań organicznych układów niskowymiarowych. Zdaniem Ginzburga materiały organiczne (ponieważ dają się łatwo modyfikować) oraz warstwowe układy nieorganiczne, w szczególności interkalaty, są najbardziej obiecującymi nadprzewodnikami wysokotemperaturowymi [6].



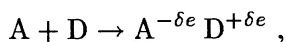
Rys. 3. Struktura molekularna DNA (a) oraz hipotetyczny model nadprzewodnika organicznego Little'a (b)

Wydaje się, że w trzydziestoletniej historii nadprzewodnictwa w układach molekularnych kamieniami milowymi są trzy odkrycia. Po pierwsze, zaobserwowanie nadprzewodnictwa w polimerze  $(SN)_x$  przez Greene'a i wsp. [7]; było to znakomite odkrycie, mimo że temperatura krytyczna tego układu  $T_c \ll 1$  K, a sam polimer trudno nazwać organicznym. Krótco po tym jednak Heeger, MacDiarmid i inni [8] zauważyli niezwykle wysokie, rzędu  $30 \text{ S cm}^{-1}$  przewodnictwo poliacetyleny  $(CH)_x$  domieszkowanego jodem – odkrycie to dało początek ogromnej tematyce wysokoprzewodzących polimerów. Po drugie, odkrycie pierwszego nadprzewodnika organicznego  $(TMTSF)_2PF_6$  przez Jérôme'a i wsp. [9] z Uniwersytetu Paris-Sud w Orsay. Zespół ten zaobserwował nadprzewodnictwo w wymienionym układzie kwazijednowymiarowym (Q-1D) w temperaturze 0.9 K pod ciśnieniem 12 kbar. Odkrycie to zapoczątkowało serię kolejnych nadprzewodników

organicznych, w tym również materiałów wykazujących własności nadprzewodzące pod ciśnieniem atmosferycznym [2,10]. Trzeci punkt zwrotny w badaniach nadprzewodników molekularnych to odkrycie w 1991 r. [11], nadprzewodnictwa w solach fullerenu  $C_{60}$ , z temperaturami krytycznymi od 18 K dla  $K_3C_{60}$  do 45 K dla  $Rb_xTl_yC_{60}$ . Nie wspomniałem tu o tzw. nadprzewodnikach wysokotemperaturowych ( $HT_c$ ) na bazie tlenków miedzi i innych, bo są to oczywiście układy nieorganiczne. Trzeba przyznać jednak, że odkrycie nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego [12] było dodatkowym, silnym impulsem do intensyfikacji prac nad nadprzewodnikami molekularnymi.

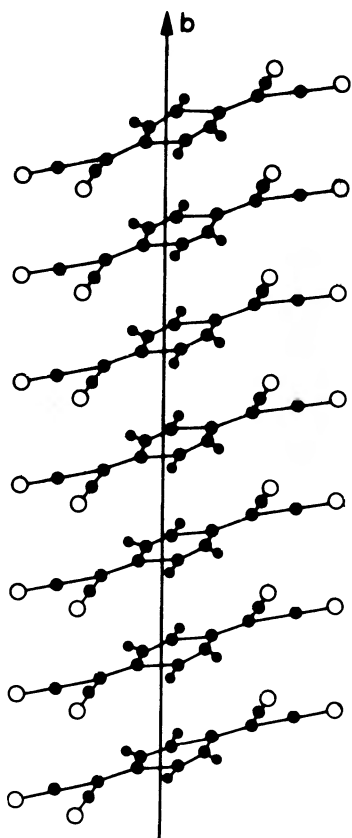
### 3. Organiczne układy niskowymiarowe, czyli od półprzewodników do nadprzewodników

Przewodniki organiczne to molekularne ciała stałe zbudowane najczęściej z cząsteczek dwóch rodzajów. Jedne, charakteryzujące się dużym powinowactwem elektronowym, pełnią funkcję akceptora elektronów, a w krystalicznym przewodniku organicznym występują w postaci anionowej. Drugie, o niewielkim potencjale jonizacyjnym, spełniają rolę donora elektronów, a w sieci krystalicznej odnajdujemy je jako kationy. Tak więc, reakcję chemiczną prowadzącą do powstania przewodnika organicznego można zapisać schematycznie w postaci



gdzie  $\delta$  jest stopniem przeniesienia ładunku od donora do akceptora. Jak z powyższego równania widać, przewodniki organiczne są typowymi kompleksami z przeniesieniem ładunku (CT). Niekiedy na jednym z jonów pojawia się niesparowany spin – o takim układzie mówimy jako o soli jono-rodnikowej.

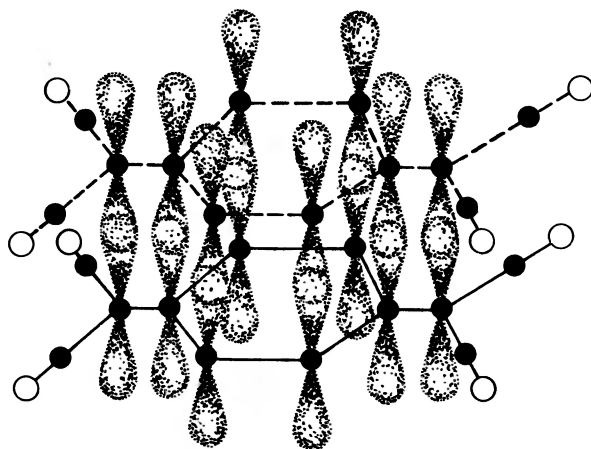
Cechą podstawową, wyróżniającą przewodniki organiczne spośród innych materiałów organicznych jest ich wysokie przewodnictwo elektryczne. Materiały charakteryzujące się przewodnictwem rzędu  $10^{-6} - 10^1 \text{ S cm}^{-1}$  nazywamy półprzewodnikami organicznymi. Metale organiczne, zwane niekiedy syntetycznymi, to układy molekularne o przewodnictwie właściwym  $10^1 - 10^3 \text{ S cm}^{-1}$ , natomiast nadprzewodniki molekularne to układy charakteryzujące się nie tylko niemierzalnie małym oporem elektrycznym w temperaturach poniżej  $T_c$ , ale również wszystkimi innymi cechami typowego nadprzewodnika. Wysokie przewodnictwo tych materiałów organicznych jest argumentem przemawiającym za obecnością elektronów przewodnictwa, które są w znacznym stopniu zdelokalizowane w sieci krystalicznej, nawet jeśli ich ruchliwość jest znacznie mniejsza niż ruchliwość elektronów w konwencjonalnych przewodnikach nieorganicznych. W dodatku, cechą specyficzną takiego układu elektronowego jest jego niskowymiarowość, spowodowana



Rys. 4. Jednowymiarowa (1D) kolumna zbudowana z płaskich, symetrycznych cząsteczek TCNQ;  $b$  jest osią maksymalnego przewodnictwa elektrycznego

szczególnym, kolumnowym uporządkowaniem cząsteczek w przewodniku organicznym. Typową, jednowymiarową (1D) kolumnę, zbudowaną z płaskich, symetrycznych cząsteczek organicznych TCNQ (tetracyjano-p-chinodimetan) przedstawia rys. 4. Dla układów 1D, lub lepiej Q-1D charakterystyczne jest nie tylko silne przekrywanie się orbitali  $\pi$  (rys. 5) atomów węgla z sąsiadującymi z sobą cząsteczek (możliwe dzięki ich zbliżeniu na odległość mniejszą od sumy promieni van der Waalsa), ale również bardzo słabe oddziaływania międzykolumnowe. W niektórych przewodnikach organicznych, szczególnie w syntetycznych metalach wywodzących się z BEDT-TTF (bis(etylenoditiolo)tetratiofulwalen), oddziaływania między cząsteczkami leżącymi w płaszczyźnie, ale należącymi do sąsiadujących kolumn mogą być silniejsze niż oddziaływania wewnątrz kolumnowe – mówimy wówczas o układzie dwuwymiarowym (2D) albo ściślej kwazidwuwymiarowym (Q-2D). Tak więc, struktura elektronowa przewodników organicznych może być

albo Q-1D, jak to obserwujemy w półprzewodnikach organicznych, w niektórych metalach syntetycznych, a nawet w nielicznych nadprzewodnikach organicznych, albo Q-2D, występująca najczęściej w metalach syntetycznych i nadprzewodnikach molekularnych. Konsekwencją obniżonej wymiarowości układu elektronowego jest silna anizotropia własności fizycznych przewodników organicznych.



Rys. 5. Przekrywanie się orbitali  $\pi$  atomów węgla dwóch sąsiadujących ze sobą cząsteczek TCNQ

Innym wyróżnikiem przewodzących układów organicznych jest wielorakość wewnątrz- i międzymolekularnych modów wibracyjnych, z którymi mogą się sprzęgać elektrony przewodnictwa. Takie oddziaływania, zwane sprzężeniami elektron–fonon odgrywają fundamentalną rolę w kształtowaniu własności fizycznych układów niskowymiarowych, w tym również własności nadprzewodzących. Podkreślić też trzeba różnorodność przemian fazowych występujących w tej klasie materiałów. Owe przemiany są konsekwencją niestabilności elektronowych lub strukturalnych i mogą być wymuszone temperaturą albo ciśnieniem. Z punktu widzenia własności transportowych te przemiany fazowe dzielimy na przemiany półprzewodnik–półprzewodnik, metal–półprzewodnik i metal–nadprzewodnik. Czytelników, zainteresowanych własnościami półprzewodników i metali organicznych zachęcam do lektury innych publikacji [2,13-16]; tutaj zwrócimy uwagę jedynie na wybrane aspekty nadprzewodników molekularnych.

Znane obecnie nadprzewodniki organiczne [10,17-20] można pogrupować w ośmiu klasach, przyjmując za kryterium organiczną część kompleksu (tab. 1). Wszystkie spośród nadprzewodników molekularnych, pomijając ostatnio odkrytą grupę pochodnych fullereny C<sub>60</sub>, wywodzą się z tetratiofulwalenu (TTF). Wy-



miarowość układu, a więc ten parametr który zdaje sprawę m.in. z anizotropii oddziaływań międzymolekularnych, zależy silnie od budowy donora. Kryształy, w których kationem jest jon TMTSF<sup>+</sup>, cechują się układem elektronowym Q-1D. Największa grupa wśród nadprzewodników organicznych wywodzi się z BEDT-TTF; struktura elektronowa tych kryształów jest Q-2D. Inne donory wywodzące się z TTF, w tym donory asymetryczne, charakteryzują się pośrednią wymiarowością układu elektronowego, tzn. wyższą niż 1D ale niższą niż 2D. Nadprzewodniki molekularne – pochodne C<sub>60</sub> mają 3D układ elektronowy. Kontynuując rozważania na temat wymiarowości układu elektronowego w kontekście struktury molekularnej donora, zajmiemy się poszukiwaniem związku pomiędzy naturą cząsteczek organicznych, składem chemicznym soli, ich strukturą krystaliczną a własnościami fizycznymi omawianych układów molekularnych. Dlatego też rozpoczniemy od analizy prostego, typowego wykresu fazowego nadprzewodnika organicznego. Wyciągając wnioski z wykresu postaramy się odpowiedzieć na pytanie, jakie kryteria winien spełniać materiał by wykazywać własności nadprzewodzące w możliwie wysokich temperaturach.

#### 4. Wykres fazowy typowego nadprzewodnika organicznego

Wykres fazowy (rys. 6), charakterystyczny dla nadprzewodników organicznych Q-1D z grupy (TMTSF)<sub>2</sub>X, gdzie X jest małym anionem nieorganicznym, pokazuje różnorodność stanów podstawowych układu molekularnego w zależności od temperatury i ciśnienia [10,21]. Układ wykazuje własności metaliczne w wysokich temperaturach. Obniżanie jego temperatury, pod normalnym ciśnieniem, prowadzi najpierw do częściowej lokalizacji elektronów, a poniżej temperatury około 20 K układ molekularny doznaje przemiany fazowej typu metal–izolator. Otwarcie przerwy energetycznej w temperaturze  $T_{MI}$  jest konsekwencją oddziaływań elektron–fonon, prowadzących do modulacji sieci z okresem  $2a$  (podwojenie parametru komórki elementarnej w kierunku osi 1D). Stan nieprzewodzący jest oczywiście stabilny aż do najniższych temperatur. Innymi słowy, w materiale Q-1D tego typu stan nadprzewodzący nie może wystąpić nawet w temperaturze 0 K, jeśli układ znajduje się pod normalnym ciśnieniem. Pod stosunkowo niewielkim ciśnieniem, rzędu kilku kilobarów, anizotropia kryształu maleje (jako rezultat anizotropowej ściśliwości kryształu), a rola sprzężeń elektron–fonon staje się mniej ważna. Równocześnie jednak oddziaływania elektron–elektron stają się coraz to silniejsze. W konsekwencji tych zmian oddziaływań przemiana fazowa metal–izolator jest tłumiona. W końcu, w temperaturze około 1 K pod ciśnieniem 10 kbar, stabilizuje się stan nadprzewodzący.

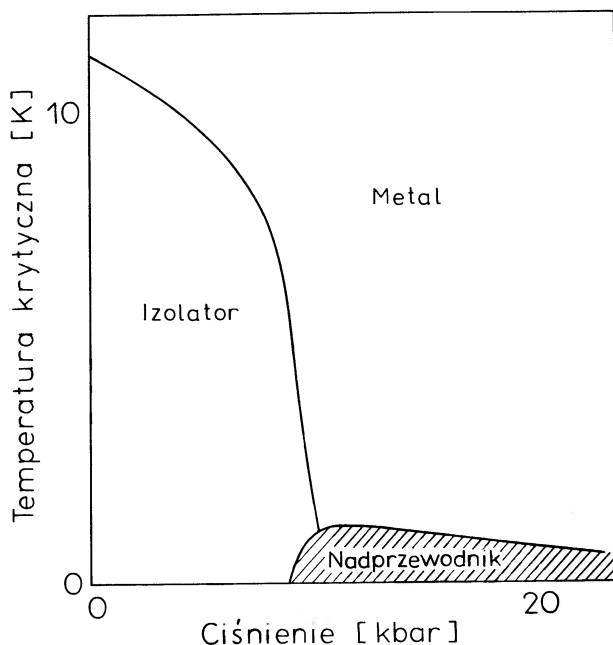
Tabela 1. Nadprzewodniki molekularne

Nazwa i notacja	Struktura
tetratiofulwalen TTF	
tetrametylotetraselenofulwalen TMTSF	
tetrametylotetratiofulwalen TMTTF	
bis(etylenoditiolo)tetratiofulwalen BEDT-TTF	
dimetyloetylenoditiodiselenoditiofulwalen DMET	
metylenoditiotetratiofulwalen MDT-TTF	
bis(etylenodioksy)tetratiofulwalen BEDO-TTF	
ditio-tionoditiat dmit	
fulleren C <sub>60</sub>	

---

Liczba znanych nadprzewodników	Najwyższa $T_c$ [K]	Niezbędne ciśnienie [kbar]	Wymiarowość
7	3	5	Q-1D
1	0.8	26	
23	12.8	0.3	Q-3D
7	1.9		
1	5		
2	1		
5	6	6	
6	47		3D

---



Rys. 6. Wykres fazowy typowego Q-1D nadprzewodnika organicznego z grupy soli jono-rodnikowych o ogólnym wzorze  $(\text{TMTSF})_2\text{X}$

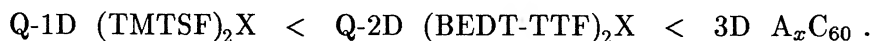
Warunkiem osiągnięcia stanu nadprzewodzącego w omawianym układzie Q-1D jest stłumienie przejścia fazowego metal–izolator. Dwie drogi prowadzą do eliminacji przerwy energetycznej. Pierwsza z nich sprowadza się do wywołania nieperiodyczności na powierzchni Fermiego, np. przez chemiczne wprowadzenie niesymetrycznej cząsteczki do układu. Druga polega na zwiększeniu wymiarowości układu przez zastąpienie mniejszego heteroatomu większym, np.  $\text{S} \rightarrow \text{Se} \rightarrow \text{Te}$ , lub użycie bardziej rozbudowanego, silnie anizotropowego donora. Oba te sposoby rozumieć można jako efekt spowodowany pewnym naprężeniem wewnętrznym (ujemnym ciśnieniem), zwanym ciśnieniem sieciowym lub chemicznym, wywołanym obecnością zbyt dużego atomu lub grupy molekularnej w komórce elementarnej kryształu. Jest jeszcze inna, mniej wygodna droga – zwiększenie wymiarowości struktury elektronowej i stłumienia przemiany M-I poprzez przyłożenie ciśnienia zewnętrznego; pokazano to na rys. 6. Ta pobieżna i uproszczona analiza wykresu fazowego pozwala na sformułowanie sugestii co do własności elektronowych i strukturalnych cząsteczek organicznych, które mogłyby być przydatne w konstruowaniu nadprzewodzącego kryształu molekularnego.

## 5. „Projektowanie” nadprzewodnika molekularnego

Cząsteczki organiczne, które mogą być przydatne do budowy nadprzewodnika molekularnego winny posiadać silnie zdelokalizowane elektrony  $\pi$  – minimalizuje to oddziaływania elektron–elektron. Po drugie, cząsteczki te winny być stabilne zarówno w stanie zredukowanym jak i utlenionym; jest to niezbędne do wytworzenia się częściowo wypełnionej struktury pasmowej. Dalej, ważne są takie warunki steryczne i elektronowe by występowały dostatecznie silne oddziaływania międzymolekularne w dwóch lub nawet trzech wymiarach [22,23]. Pomimo że znane dotychczas nadprzewodniki organiczne mają różną strukturę krystaliczną, to jednak wszystkie z nich cechują się wyraźnymi oddziaływaniami Q-2D, które to oddziaływania stabilizują stan metaliczny w niskich temperaturach.

W ostatnich 20-tu latach chemicy włożyli ogromnie dużo wysiłku i inwencji w modyfikowanie struktury  $\pi$ -donorowych cząsteczek organicznych, głównie wywodzących się z TTF [24-26]. Przystosowanie szkieletu TTF możliwe było przez: 1) zgromadzenie większej liczby atomów siarki lub wiązań  $\pi$  czyli syntezywanie bardzo rozbudowanych, bogatych w siarkę pochodnych TTF; 2) zastępowanie atomów siarki przez inne atomy z grupy tlenowców, np. Se, Te, O; 3) syntezywanie asymetrycznych cząsteczek silnie  $\pi$ -donorowych; 4) wprowadzanie układu sprzężonych wiązań  $\pi$  pomiędzy pierścienie tiofulwalenyłowe. Niekiedy wykorzystywano możliwość tworzenia się wiązań wodorowych w budowaniu nowego typu sieci – możliwe to było np. przez wprowadzenie grup hydroksymetylowych do cząsteczki pochodnej TTF.

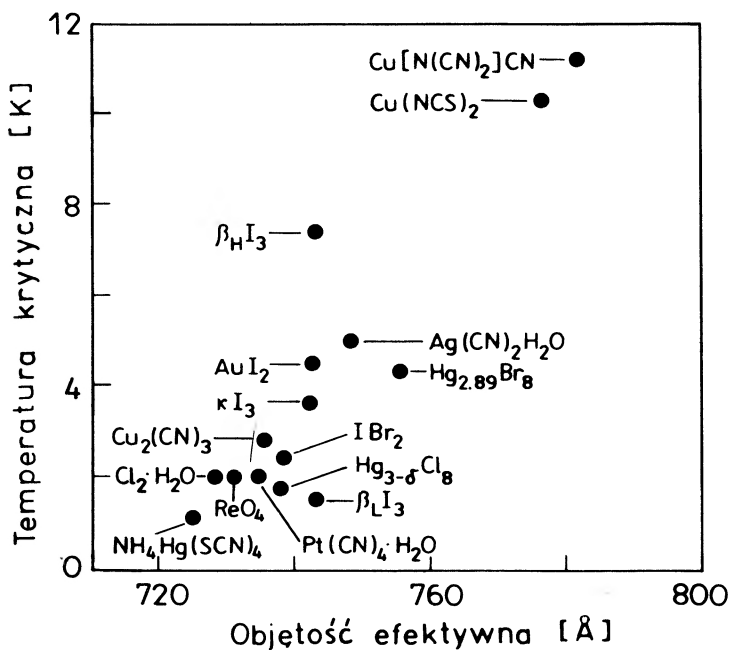
Podstawowe znaczenie dla „projektowania” nadprzewodników molekularnych mają wnioski wynikające z korelacji między wymiarowością układu molekularnego a występowaniem w nim nadprzewodnictwa. Na podstawie analizy danych zebranych w tab. 1 można stwierdzić, że temperatura krytyczna  $T_c$  nadprzewodnika organicznego rośnie wraz z wymiarowością układu w następującym porządku:



Analogiczna tendencja jest obserwowana wewnątrz tej samej grupy materiałów np. soli BEDT-TTF. W układach tych  $T_c$  rośnie wraz z obniżaniem się anizotropii układu, czyli wraz z umacnianiem się trójwymiarowości struktury elektronowej kryształu. Z drugiej strony, w grupie nadprzewodników wywodzących się z fullereny, o ogólnym wzorze  $A_xC_{60}$ , gdzie A jest atomem metalu alkalicznego,  $T_c$  rośnie wraz ze wzrostem promienia atomowego metalu A. Wprowadzenie do sieci fullereny atomów A może prowadzić do wzrostu anizotropii kryształu, a więc do

osłabienia charakteru 3D oddziaływań. Saito [27] uważa, że najprawdopodobniej najwyższą  $T_c$  można uzyskać w układach, w których wymiarowość struktury elektronowej jest pośrednia, między 2 i 3.

W praktyce, korelacje między  $T_c$  a parametrami komórki elementarnej są bardziej czytelne. Próbowano korelować  $T_c$  z objętością komórki elementarnej, długością symetrycznego, liniowego anionu czy też z wielkością ujemnego ciśnienia sieciowego. Wyniki były zadowalające jedynie dla szeregu izostrukтурalnych nadprzewodników, np. dla faz  $\beta$  soli BEDT-TTF, czy też soli metali alkalicznych i  $C_{60}$ . Saito i współpracownicy [28] zauważyli, że na parametry komórki elementarnej mają wpływ zarówno donory i akceptory elektronów, jak i sposób ich uporządkowania; nadprzewodnictwo natomiast jest efektem związanym bezpośrednio ze strukturą elektronową tylko podsieci donorowej. Dlatego też odpowiedniejszym parametrem wydaje się być tzw. objętość zredukowana  $V_{eff}$ , zdefiniowana jako różnica między objętością komórki elementarnej i objętością anionu przypadająca na jeden nośnik ładunku. Niezłą korelację między  $T_c$  i  $V_{eff}$  dla nadprzewodników molekularnych o różnej strukturze, stechiometrii, fazie krystalograficznej i wymiarowości, przedstawiono na rys. 7 [20].

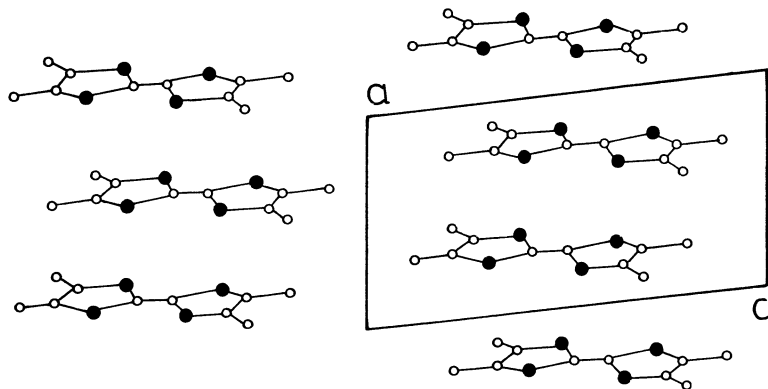


Rys. 7. Temperatura krytyczna nadprzewodników organicznych o ogólnym wzorze  $(BEDT-TTF)_2X$ , różniących się strukturą i budową donorów, w zależności od objętości zredukowanej. Podano wzory akceptorów elektronów X

Korzystając z korelacji  $T_c - V_{\text{eff}}$  Saito wyraził przypuszczenie, że dla uzyskania stosunkowo wysokiej temperatury krytycznej nadprzewodnika jest wskazane by: 1) używać dużych, ale płaskich anionów (prowadzi to do zwiększenia  $V_{\text{eff}}$  i wymiarowości układu elektronowego), 2) poszukiwać anionów zdolnych do tworzenia warstw 2D oddzielających płaszczyzny kationowe (zapewnia to najkrótsze kontakty anion... kation) i 3) znaleźć takie duże aniony, które stosunkowo dobrze wypełnią luki w strukturze faz  $\beta$  soli BEDT-TTF [28]. Krótko mówiąc, wydaje się, że optymalne warunki dla nadprzewodnictwa znajdziemy w solach BEDT-TTF z dużymi anionami tworzącymi ciekłą warstwę 2D; umożliwia to gęste upakowanie podsieci kationowej i zapewnia silne oddziaływania anionów z kationami.

## 6. Organizacja podsieci kationowej

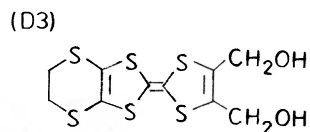
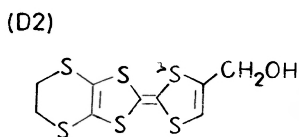
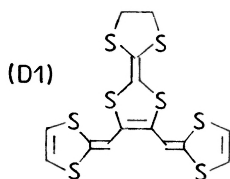
Pierwsze nadprzewodniki organiczne  $(\text{TMTSF})_2\text{PF}_6$  [9] i  $(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ , jak również pozostałe sole z tej grupy, mają analogiczną organizację podsieci kationowej. Kationy  $\text{TMTSF}^+$  (rys. 8) tworzą kolumny Q-1D typu zygzak, układające się w nieskończone, dwuwymiarowe warstwy. Warstwy te są oddzielone, jedna od drugiej, przez aniony. Ułożenie kationów w warstwach jest takie, że odległości między atomami selenu z tej samej kolumny, jak również z sąsiednich kolumn, są mniejsze od sumy ich promieni van der Waalsa – wartości tych odległości zależą od geometrii anionu. Tak więc, zmieniając akceptor elektronów można modyfikować strukturę kryształów, a w konsekwencji wzajemne relacje między sprzężeniami wewnątrz- i międzykolumnowymi.



Rys. 8. Uporządkowanie podsieci kationowej w nadprzewodnikach organicznych typu  $(\text{TMTSF})_2\text{X}$  (widok wzdłuż osi  $b$  kryształu; sieć anionów została pominięta)

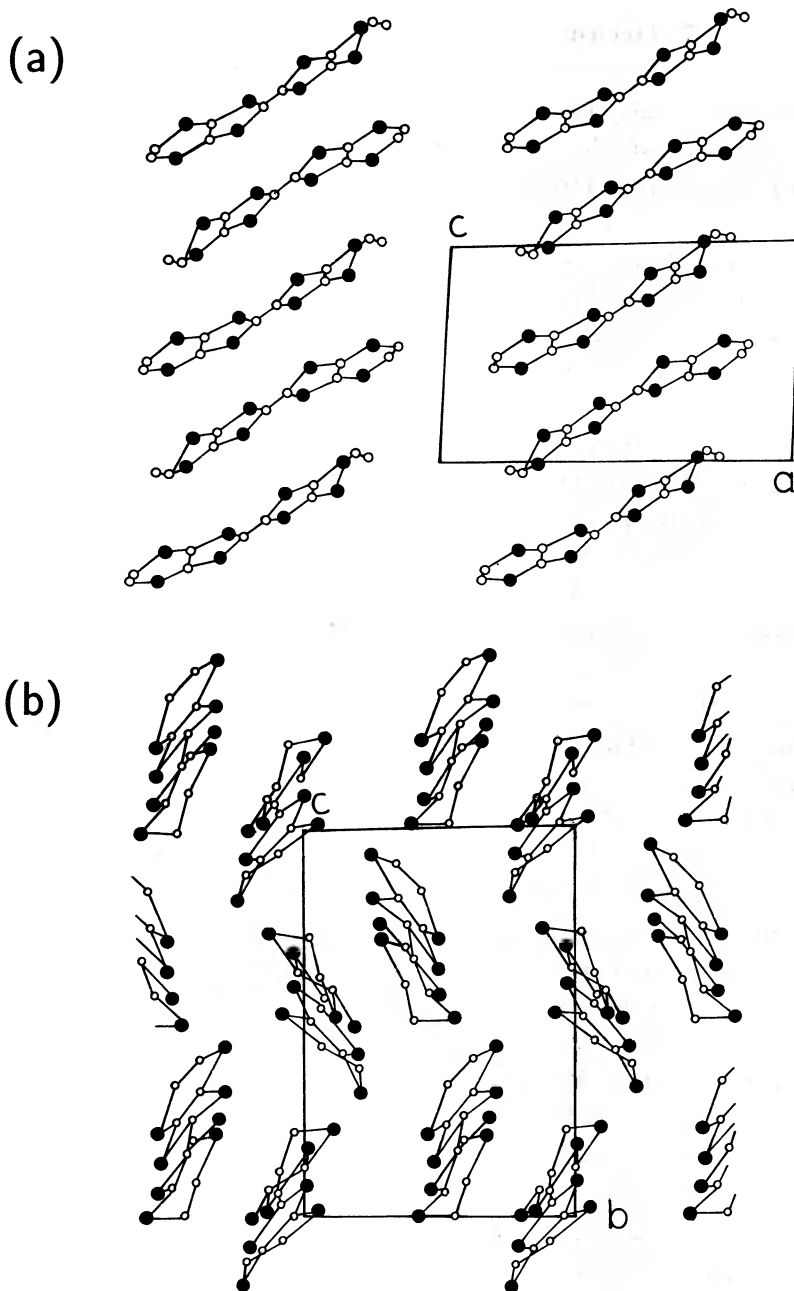
Największa i najbardziej zróżnicowana strukturalnie jest grupa soli BEDT-TTF. Najczęściej cząsteczki organiczne tworzą przewodzące warstwy (ale nie kolumny), jak to widać na rys. 9a przedstawiającym organizację podsieci kationowej w kryształach fazy  $\beta$ , albo też porządkują się na wzór struktury parkietu (rys. 9b), z parami molekuł wzajemnie prostopadłymi (faza  $\kappa$ ). Warstwy cząsteczek BEDT-TTF są rozdzielone przez warstwy anionowe. Liniowa korelacja między  $T_c$  a długością liniowego, trójatomowego jonu chlorowca (lub chlorowców) [29] np.  $I_3^-$ ,  $IBr_2^-$  itp., nasunęła przypuszczenie, że w solach z jeszcze dłuższymi, liniowymi jonami temperatura krytyczna winna być wyższa. Rzeczywiście, Urayama i wsp. [30] uzyskali wzrost  $T_c$  aż do 10.4 K w soli  $\kappa$ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu(SCN) $_2$ . Podkreślić trzeba, że uporządkowanie typu  $\kappa$  podsieci kationowej jest szczególnie korzystne dla optymalizacji oddziaływań prowadzących do stanu nadprzewodzącego. W fazie  $\kappa$  krystalizuje nie tylko większość soli nadprzewodzących BEDT-TTF cechujących się najwyższymi temperaturami krytycznymi, ale i sole takich donorów jak DMET i MDT-TTF.

Na podkreślenie zasługuje również obserwacja, że w solach nadprzewodzących sąsiadujące ze sobą cząsteczki organiczne mają korzystne warunki do silnego przekrywania się orbitali molekularnych, natomiast w podobnych strukturalnie solach półprzewodzących to przekrywanie jest nieznaczne, na skutek znacznego przesunięcia sąsiadów względem siebie. Dalszego postępu w poszukiwaniu korzystnych donorów spodziewać się można po rozbudowanych, wielosiarkowych donorach wywodzących się z TTF [25,26]; niektóre z nich przedstawiono poniżej [31,32].



Optymalne przekrywanie orbitali w podsieci donora D1 uzyskuje się dzięki jego asymetrii i tendencji do antyrównoległego (głowa-ogon) orientowania się sąsiadujących cząsteczek. Obiecującą fazę  $\kappa$  tworzą sole donora D2 [33]. Stan metaliczny tej soli jest stabilizowany przez wiązania wodorowe między grupą OH donora a tlenem akceptora.





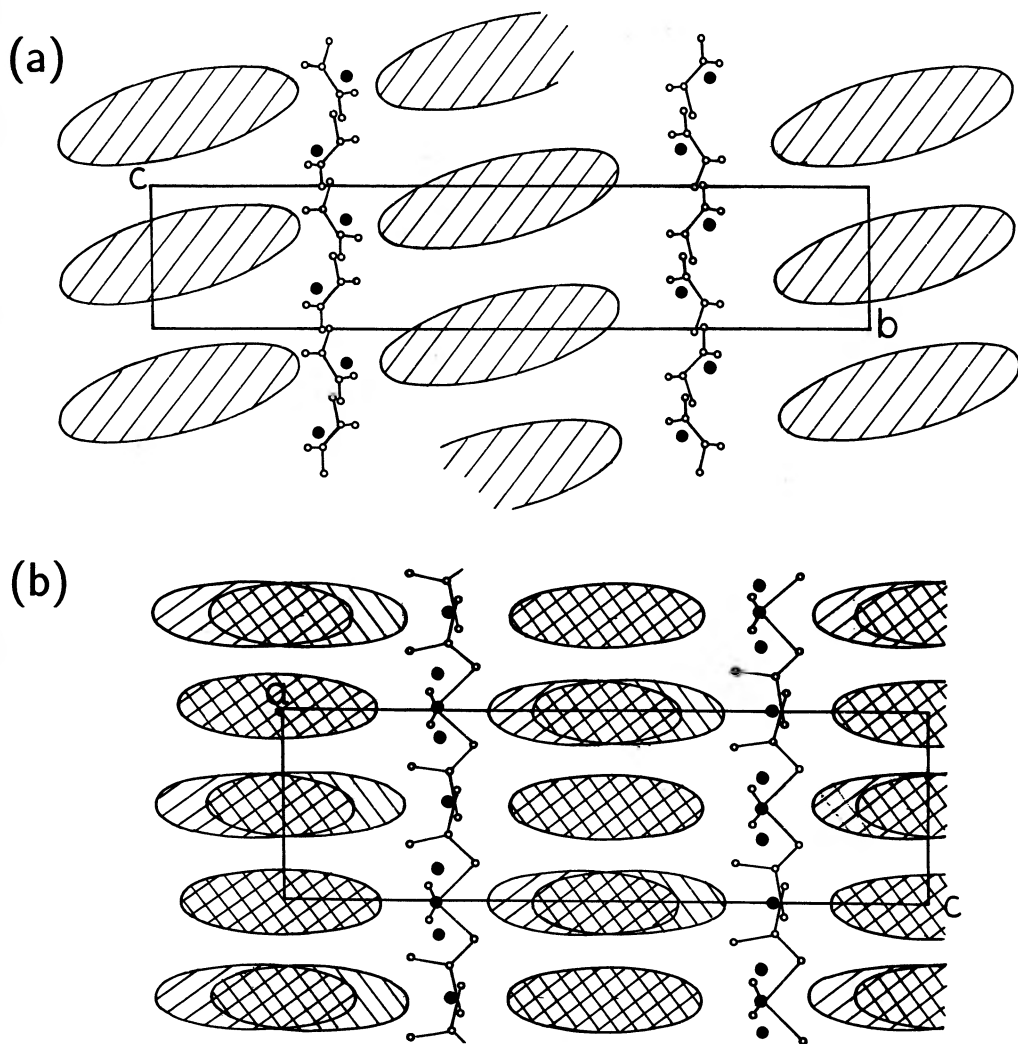
Rys. 9. Organizacja podsieci kationowej w nadprzewodnikach organicznych typu  $\beta$ -(BEDT-TTF) $_2$ X (a) i  $\kappa$ -(BEDT-TTF) $_2$ X (b) (widoki odpowiednio wzdłuż osi  $b$  i  $a$ ; sieć anionów została pominięta)

## 7. Organizacja podsieci anionowej

Inną drogą prowadzącą do „zaprojektowania” nadprzewodnika organicznego o stosunkowo zadowalających parametrach jest modyfikacja podsieci anionowej. W solach o ogólnym wzorze  $(\text{BEDT-TTF})_2\text{X}$ , gdzie X jest małym, nieorganicznym jonem takim jak np.  $\text{I}_3^-$ ,  $\text{AuI}_2^-$ ,  $\text{ClO}_4^-$ ,  $\text{ReO}_4^-$ ,  $\text{PF}_6^-$ , aniony słabo oddziałują z sobą, a ich wpływ na podsić kationową jest również niewielki. Zupełnie inaczej wygląda w układach, których aniony tworzą spolimeryzowaną podsić. Takie polimerowe aniony układają się zazwyczaj w stabilne powierzchnie rozdzielające warstwy kationowe. Grubość tych polimerowych „przekładek”, determinującą oddziaływanie między warstwami donorowymi, można modyfikować dobierając cząsteczki o właściwej geometrii. Liniowe, Q-1D łańcuchy tworzą takie aniony jak np.  $\text{Br}\cdot\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$  (rys. 10a),  $\text{Cu}(\text{NCS})_2$ ,  $\text{Pt}(\text{CN})_4$ , natomiast aniony o ogólnym wzorze  $\text{Hg}_3\text{X}_8$ , gdzie X = Cl, Br, I (rys. 10b),  $\text{Hg}(\text{SCN})_{3-n}\text{X}_n$ , gdzie X = F, Cl, Br, I lub  $\text{NH}_4\text{Hg}(\text{SCN})_4$ ,  $\text{Cu}_2(\text{CN})_3$  itp. polimeryzują raczej w formie dwuwymiarowej sieci. Geometria i rozmiary takich sieci silnie zależą od budowy molekularnej anionów. Przykładowo, średnica łańcucha  $\text{Br}\cdot\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$  wynosi około 3 Å i jest zdeterminowana przez rozmiary grupy  $\text{CH}_2(\text{OH})$ . Sole  $(\text{BEDT-TTF})_2(\text{Hg}(\text{SCN})_{3-n}\text{X}_n)$ , gdzie X = Cl ( $n = 1, 2$ ), Br, I ( $n = 1$ ) tworzą izostrukuralną rodzinę z niemalże płaskimi anionami. Grubość takich warstw polimerowych jest uzależniona od promienia van der Waalsa największego z atomów, czyli rtęci – wynosi ona 1.75 Å, natomiast szerokość (ok. 4.0 Å) określona jest przez długości wiązań Hg–Cl i Hg–S. Inne polimerowe aniony zawierające Hg są jeszcze większe, np. grubość warstwy  $\text{NH}_4\text{Hg}(\text{SCN})_4$  przewyższa 6.8 Å, natomiast podobny parametr dla  $\text{Hg}_2\text{X}_6\cdot\text{C}_6\text{H}_5\text{X}$  zawiera się między 4.2 i 4.4 Å, zależnie od chlorowca X. Warstwy anionowe w soli  $(\text{BEDT-TTF})_4\text{Hg}_3\text{I}_8$  zbudowane są z podsieci rtęci i jodu; te ostatnie atomy tworzą tetraedry  $\text{I}_4$  o krawędziach między 4.33 i 4.78 Å. Tetraedry  $\text{I}_4$  połączone są ze sobą, tworząc sfałowaną wstęgę o grubości około 7.43 Å. W solach BEDT-TTF z anionami zawierającymi miedź, np.  $\text{Cu}(\text{N}(\text{CN})_2)\text{X}$ , gdzie X = Cl, Br czy też  $\text{Cu}(\text{NCS})_2$ , grubości warstw anionowych są jeszcze większe, a co za tym idzie oddziaływanie między sąsiednimi warstwami BEDT-TTF – jeszcze słabsze.

Jak widać z powyższych przykładów, można efektywnie wpływać na wielkość oddziaływań w kierunku prostopadłym do warstwy 2D, a więc można skutecznie zwiększać wymiarowość systemu elektronowego. Jest to najprostsza, jak się obecnie uważa, droga wiodąca do możliwie wysokich  $T_c$  nadprzewodników molekularnych.

Konkludując trzeba podkreślić, że wśród soli jono-rodnikowych BEDT-TTF



Rys. 10. Struktura warstw anionowych w solach  $(\text{BEDT-TTF})_2\text{Br}\cdot\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$ , widok wzdłuż osi  $a$  kryształu (a) i  $(\text{BEDT-TTF})_4\text{Hg}_3\text{X}_8$ , gdzie  $X = \text{I}, \text{Br}, \text{Cl}$ , widok wzdłuż osi  $b$  kryształu (b). Zakreskowane powierzchnie symbolizują kationy  $\text{BEDT-TTF}^+$

krystalizujących w fazie  $\kappa$ , a więc tej, która najczęściej wykazuje własności nadprzewodzące, aniony występują zazwyczaj w postaci spolimeryzowanych warstw. Najprawdopodobniej nie da się wprost przenieść do układów wywodzących się z innych donorów, anionów polimerowych sprawdzonych w przypadku BEDT-TTF. Wydaje się jednak, że strategia ta może mieć szerokie zastosowanie w różnych

strukturach organicznych. Tak czy inaczej, „upłynie jeszcze nieco wody” zanim nauczymy się syntezować kryształy o optymalnej konfiguracji podsieci kationowej i wymiarowości podsieci anionowej, tzn. takie układy które miałyby zakładane własności elektronowe.

### 8. Korelacje między organizacją warstw anionowych a własnościami fizycznymi soli BEDT-TTF

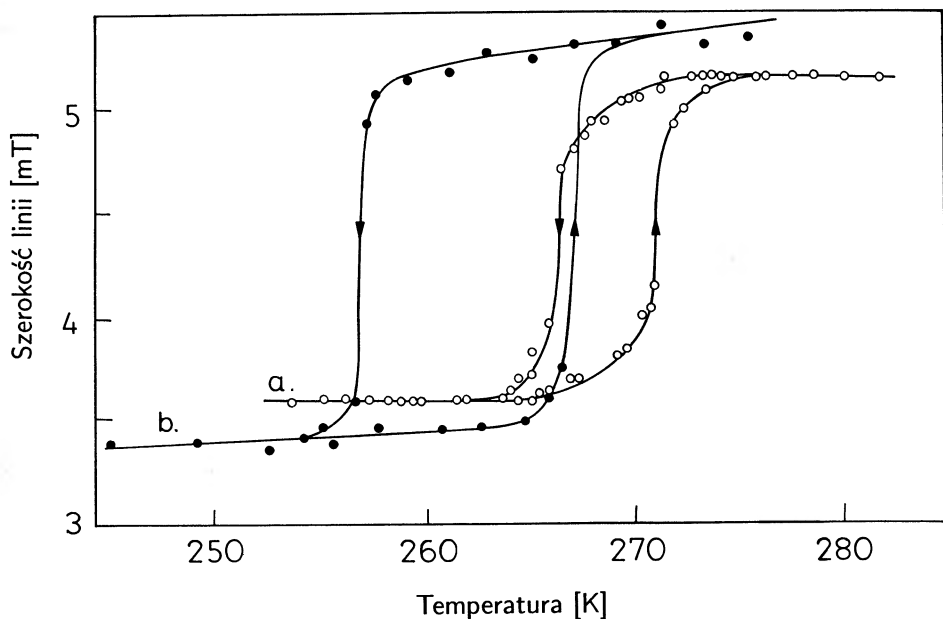
Wysoka symetria, duża koncentracja heteroatomów, niewielka elastyczność oraz inne cechy fizykochemiczne BEDT-TTF powodują, że cząsteczka ta tworzy wysoko- a nawet nadprzewodzące sole z licznymi anionami. Ich własności fizyczne, choć związane przede wszystkim z procesami elektronowymi w obrębie podsieci kationowej, zależą również od organizacji warstw lub łańcuchów anionowych. W ogólności, jest niezwykle trudno spekulować jakiego typu uporządkowania, a zatem i jakich własności można spodziewać się dla soli BEDT-TTF z danym anionem. O skali problemu niech świadczy choćby tendencja BEDT-TTF do tworzenia wielu odmian polimorficznych. Jeden z najbardziej interesujących anionów  $I_3^-$  tworzy z wymienionym donorem ponad 10 odmian różniących się symetrią i sposobem uporządkowania jonów BEDT-TTF; z punktu widzenia nadprzewodnictwa najistotniejsze są fazy  $\beta^-$ ,  $\theta^-$  i  $\kappa^-$ . Dla tak prostego jonu jak  $X_3^-$ , gdzie X jest chlorowcem lub dwoma różnymi chlorowcami, udało się dość przekonująco przeanalizować korelacje  $T_c$  z parametrami sieci krystalicznej i pokazać, że rośnie ona wraz z wydłużaniem jonu liniowego [29].

Sole BEDT-TTF z większymi anionami charakteryzują się obecnością warstw anionowych. Każda z tych warstw utworzona jest z odpowiednio uporządkowanych anionów, powiązanych ze sobą siecią polimerową. W tym przypadku, własności fizyczne soli korelują z parametrami warstwy, w szczególności z jej grubością. Sól  $(BEDT-TTF)_2Br \cdot C_2H_4(OH)_2$  ze spolimeryzowanym anionem w formie łańcucha, doznaje przejścia metal-izolator w temperaturze około 195 K [34]. Badania przeprowadzone metodą elektronowego rezonansu paramagnetycznego (EPR) pokazują, że przemiana ta polega na reorganizacji podsieci kationowej. Nieciągłość zależności temperaturowych szerokości linii EPR, podatności spinowej i współczynnika rozszczepienia spektroskopowego  $g$ , jak również typowa pętla histerezy dla tych wielkości potwierdzają, że jest to strukturalne przejście fazowe pierwszego rodzaju [35].

Sole o ogólnym wzorze  $(BEDT-TTF)_4Hg_{3-\delta}X_8$  występują również w licznych odmianach polimorficznych, różniących się nie tylko strukturą ale i stechiometrią. W niektórych z nich znaleziono fazę nadprzewodzącą, np.

$(\text{BEDT-TTF})_4\text{Hg}_{3-\delta}\text{Cl}_8$  przechodzi do stanu nadprzewodzącego w temperaturze  $T_c = 1.8$  K pod ciśnieniem  $p = 12 \times 10^8$  Pa [36],  $(\text{BEDT-TTF})_4\text{Hg}_{2.89}\text{Br}_8$  staje się nadprzewodnikiem poniżej  $T_c = 4.3$  K pod ciśnieniem normalnym [37]. Oprócz nadprzewodnictwa, w solach tej grupy obserwuje się liczne przejścia fazowe różnej natury i rodzaju. Badania  $(\text{BEDT-TTF})_4\text{Hg}_3\text{I}_8$ , przeprowadzone metodą EPR [38,39] dostarczają nowych informacji o przemianie półprzewodnik–półprzewodnik, obserwowanej w temperaturze  $T_p = 265$  K. Histereza szerokości linii (rys. 11) i podatności magnetycznej potwierdza, że jest to przemiana pierwszego rodzaju. Analiza danych EPR pozwala wyciągnąć również wnioski o mikroskopowym modelu tej przemiany; porządkowanie tetraedrów  $\text{HgI}_4^-$  jest jej główną przyczyną. Deuterowany analog tej soli:  $(\text{D}_8\text{-BEDT-TTF})_4\text{Hg}_3\text{I}_8$  doznaje również przemiany typu półprzewodnik–półprzewodnik w bardzo podobnej temperaturze  $T_p = 258$  K [39]. Własności tych dwóch soli, badane metodami EPR, są zbliżone do siebie i pokazują, że efekt izotopowy jest w nich słaby. Oprócz tego, własności soli z jonem  $\text{Hg}_3\text{I}_8^-$  są całkowicie odmienne niż te dla soli z jonami  $\text{Hg}_3\text{Cl}_8^-$  i  $\text{Hg}_3\text{Br}_8^-$ . Wydawać by się mogło, że zastąpienie jednego chlorowca innym nie powinno w sposób zasadniczy wpływać na strukturę i własności fizyczne soli jono-rodnikowych z BEDT-TTF. Tak jednak nie jest: sól zawierająca jod jest półprzewodnikiem, natomiast sole z dwoma pozostałymi chlorowcami są metalami organicznymi.

Bardzo interesujące własności fizyczne wykazuje rodzina przewodników organicznych o ogólnym wzorze  $(\text{BEDT-TTF})_2(\text{Hg}(\text{SCN})_{3-n}\text{X}_n)$ , gdzie  $X = \text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$  [40]. Sole: chlorowa i bromowa są układami o uporządkowaniu kationów charakterystycznym dla fazy  $\kappa$  soli jono-rodnikowych BEDT-TTF. Sole  $(\text{BEDT-TTF})_2(\text{Hg}(\text{SCN})_{3-n}\text{X}_n)$ , gdzie  $X = \text{Cl}, \text{Br}$  i  $n = 1, 2$  doznają przemian fazowych w temperaturach pomiędzy 35 a 140 K [41-43]. Temperatura krytyczna maleje wraz z objętością anionu. Z drugiej strony, podstawienie izotopowe, polegające na zastąpieniu ośmiu atomów wodoru atomami deuteru, powoduje zmiany struktury i własności fizycznych soli. Doskonałym przykładem może być deuterowany analog soli  $(\text{BEDT-TTF})_2(\text{Hg}(\text{SCN})_2\text{Cl})$ . W przeciwieństwie do pozostałych przedstawicieli rodziny  $(\text{BEDT-TTF})_2(\text{Hg}(\text{SCN})_{3-n}\text{X}_n)$  krystalizujących w fazie  $\kappa$ , warstwy kationowe w solach z chlorem zbudowane są z jonów BEDT-TTF zorientowanych niemalże równoległe do siebie, tzn. tak jak w fazie  $\beta$  [43]. Sól  $(\text{D}_8\text{-BEDT-TTF})_2(\text{Hg}(\text{SCN})_2\text{Cl})$  doznaje przemiany fazowej w temperaturze 75 – 80 K o mechanizmie nie całkowicie wyjaśnionym. Zdumiewającym jest fakt, że własności tak fizyczne jak i strukturalne soli deuterowanej różnią się w tym przypadku od własności soli z atomami wodoru. Ten nietypowy i bardzo wyraźny efekt izotopowy w solach  $(\text{BEDT-TTF})_2(\text{Hg}(\text{SCN})_2\text{Cl})$  wyróżnia je spośród innych podobnych materiałów, dla których nie obserwuje się istotniejszej zmiany



Rys. 11. Zależność temperaturowa szerokości linii EPR w soli  $(\text{BEDT-TTF})_4\text{Hg}_3\text{I}_8$  (a) i jej deuterowanym analogu  $(\text{D}_8\text{-BEDT-TTF})_4\text{Hg}_3\text{X}_8$  (b)

strukturalnej po zdeuteryzowaniu kationu [44].

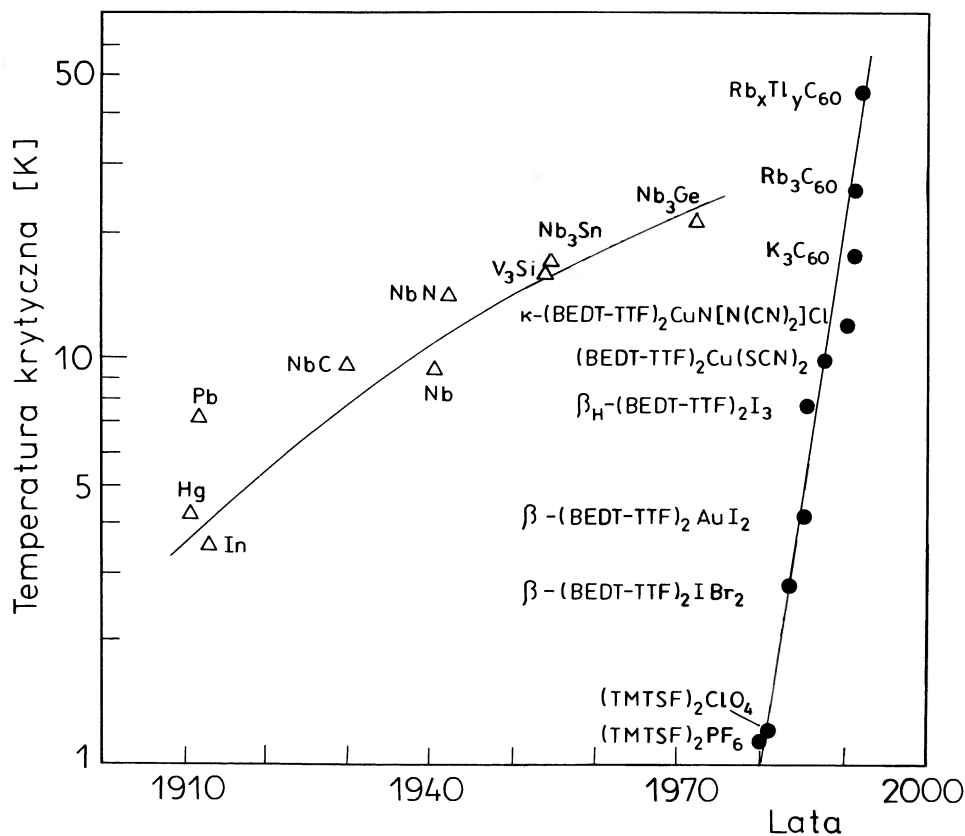
Jak z tych kilku przykładów widać, niekiedy można przewidzieć kierunek ewolucji własności fizycznych układu jeśli systematycznie modyfikować podsić anionową. Jednakże te możliwości są znacznie ograniczone efektami, które trudno przewidzieć. Tak więc, choć generalnie słuszne jest przekonanie, że modyfikując cząsteczki donorowe lub akceptorowe można wpływać w sposób przemyślany na własności fizyczne soli jono-rodnikowej, to jednak zakres tej ingerencji jest niewielki a rezultat nie zawsze zgodny z przewidywaniami.

## 9. Wnioski

Badania nowych nadprzewodników organicznych zmierzają nadal w kierunku znalezienia najodpowiedniejszych cząsteczek elektro-donorowych oraz stosownych akceptorów i anionów. Prace te prowadzone są w dziesiątkach laboratoriów świata, a liczba uczonych w nich uczestniczących to zapewne kilka tysięcy osób. O wielkości tego potężnego potencjału naukowego świadczyć mogą ogromne, periodycznie organizowane konferencje nt. syntetycznych metali, w których uczestniczy zazwyczaj 1000 – 1500 osób prezentujących znacznie powyżej 1000 prac.

Oczywiście, nadzieja na znalezienie układu molekularnego wykazującego własności nadprzewodzące w temperaturach wysokich, w szczególności w temperaturze pokojowej, są podstawowym bodźcem do takich poszukiwań.

Patrząc wstecz widzimy, że dokonano bardzo wiele: przeszliśmy świadomie i z premedytacją, kierując się wiarygodnymi przesłankami, od układów Q-1D wykazujących własności półprzewodzące, poprzez metale syntetyczne, aż do niemalże nadprzewodników organicznych 3D. Pokonane zostały liczne przeszkody, wyjaśnione problemy i wskazane drogi. Wydaje się, że na brak koncepcji nie można narzekać, trudność polega raczej na ich urzeczywistnieniu z powodu braku środków i ludzi. Choć temperatury krytyczne znanych obecnie nadprzewodników organicznych nie są zbyt imponujące, to silna tendencja ich wzrostu jest niezaprzeczalna i pocieszająca (rys. 12).



Rys. 12. Wykres ilustrujący wzrastanie temperatur krytycznych nadprzewodników organicznych i nieorganicznych

Stosunkowo niedawne odkrycie nadprzewodnictwa w fullerydkach metali alkalicznych [11] jest zachętą do badań układów, w których przewodnictwo elektryczne możliwe jest dzięki odpowiedniej konfiguracji wiązań  $\pi$ . Nadprzewodnictwo z udziałem wysokoenergetycznych drgań wewnątrzcząsteczkowych fullereny, jest kompromisem pomiędzy słabymi drganiami międzycząsteczkowymi i odpychaniem kulombowskim na węźle, które to odpychanie jest zbyt słabe by doprowadzić do nieprzewodzącego kryształu Wignera.

### Literatura

- [1] R.W. Munn, w: *Molecular Electronics*, red. P.I. Lazarev (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London 1991), s. 1.
- [2] A. Graja, *Niskowymiarowe przewodniki organiczne* (WNT, Warszawa 1989).
- [3] J. Bardeen, L.N. Cooper, J.R. Schrieffer, *Phys. Rev.* **108**, 1175 (1957).
- [4] W.A. Little, *Phys. Rev. A* **134**, 1416 (1964).
- [5] W.A. Little, *Sci. Am.* **212**, 21 (1965).
- [6] *High-Temperature Superconductors*, red. V.L. Ginzburg, D.A. Kirzhnits (Consultants Bureau (Plenum), New York 1982).
- [7] R.L. Greene, G.B. Street, L.J. Suter, *Phys. Rev. Lett.* **34**, 577 (1975).
- [8] C.K. Chiang, Y.W. Park, A.J. Heeger, H. Shirakawa, E.J. Louis, A.G. MacDiarmid, *Phys. Rev. Lett.* **39**, 1098 (1977).
- [9] D. Jérôme, A. Mazaud, M. Ribault, K. Bechgaard, *J. Phys. Lett.* **41**, L95 (1980).
- [10] D. Jérôme, w: *Organic Conductors*, red. J.-P. Farges (Marcel Dekker, Inc., New York-Basel-Hong Kong 1994).
- [11] A.F. Hebard, M.J. Rosseinsky, R.C. Haddon, D.W. Murphy, S.H. Glarum, T.T. Palstra, A.P. Ramirez, A.R. Kortan, *Nature* **350**, 600 (1991); patrz także K. Wysokiński, *Postępy Fizyki* **44**, 339 (1993).
- [12] J.G. Bednorz, K.A. Müller, *Z. Phys. B* **64**, 189 (1986).
- [13] K. Pigoń, K. Gumiński, J. Vetulani, *Półprzewodniki organiczne* (WNT, Warszawa 1964).
- [14] M. Kryszewski, *Półprzewodniki wielkocząsteczkowe* (PWN, Warszawa 1968).
- [15] *Organic Conductors*, red. J.-P. Farges (Marcel Dekker, Inc., New York-Basel-Hong Kong 1994).
- [16] A. Graja, *Postępy Fizyki* **32**, 3 (1981).
- [17] A. Graja, *Postępy Fizyki* **35**, 85 (1984).
- [18] T. Ishiguro, K. Yamaji, *Organic Superconductors* (Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 1990).
- [19] J.M. Williams, J.R. Ferraro, R.J. Thorn, K.D. Carlson, U. Geiser, H.H. Wang, A.M. Kini, M.-H. Whangbo, *Organic Superconductors* (Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 1992).
- [20] A. Graja, *Condensed Matter News* **3**, 14 (1994).
- [21] D. Jérôme, *Science* **252**, 1509 (1991).
- [22] G. Saito, *Phosphorus, Sulfur, and Silicon* **67**, 345 (1992).



- [23] A.E. Underhill, *J. Mater. Chem.* **2**, 1 (1992).
- [24] G. Saito, *Pure and Appl. Chem.* **59**, 999 (1987).
- [25] M.R. Bryce, *Chem. Soc. Rev.* **20**, 355 (1991).
- [26] M. Sallé, Thesis, University of Angers (France) 1991.
- [27] G. Saito, w: *New Materials*, red. S.K. Joshi, T. Tsuruta, C.N.R. Rao, S. Nagakura (Narosa Publishing House, New Delhi 1992).
- [28] G. Saito, T. Komatsu, T. Nakamura, H. Yamochi, MRS Fall Meeting, Dec. 1-6, 1991, Boston, USA.
- [29] G. Saito, H. Urayama, H. Yamochi, K. Oshima, *Synth. Metals* **27**, A331 (1988).
- [30] H. Urayama, H. Yamochi, G. Saito, K. Nozawa, T. Sugano, M. Kinoshita, S. Sato, K. Oshima, A. Kawamoto, J. Tanaka, *Chem. Lett.*, 55 (1988).
- [31] M. Sallé, A. Gorgues, M. Jubault, Y. Gourion, *Synth. Metals* **41-43**, 2575 (1991).
- [32] P. Blanchard, M. Sallé, G. Duguay, M. Jubault, A. Gorgues, *Tetrahedron Lett.* **33**, 2685 (1992).
- [33] P. Blanchard, G. Duguay, J. Cousseau, M. Sallé, M. Jubault, A. Gorgues, K. Boubekeur, P. Batail, *Synth. Metals* **55-57**, 2113 (1993).
- [34] E.I. Zhilyaeva, S.V. Konovalikhin, O.A. Dyachenko, R.N. Lyubovskaya, M.K. Makova, L.O. Atovmyan, G. Sekretarczyk, *Synth. Metals* **55-57**, 2465 (1993).
- [35] G. Sekretarczyk, A. Graja, E.I. Zhilyaeva, R.N. Lyubovskaya, *Mat. Sci.* **17**, 69 (1991).
- [36] R.N. Lyubovskaya, R.B. Lyubovskii, R.P. Shibaeva, M.Z. Aldoshina, L.M. Goldenberg, L.P. Rozenberg, M.L. Khidekel, Yu.F. Schulpyakov, *Pisma Zh. Eksp. Teor. Fiz.* **42**, 380 (1985).
- [37] R.N. Lyubovskaya, E.I. Zhilaeva, S.I. Pesockii, R.B. Lyubovskii, L.O. Atovmyan, O.A. Dyachenko, T.G. Takhirov, *Pisma Zh. Eksp. Teor. Fiz.* **46**, 149 (1987).
- [38] L. Firlej, A. Graja, J. Wolak, R.N. Lyubovskaya, L.M. Goldenberg, *Phys. Stat. Sol. (b)* **154**, 333 (1989).
- [39] E.I. Yudanova, R.N. Lyubovskaya, S.K. Hoffmann, G. Sekretarczyk, A. Graja, *Phys. Status Solidi B* **1979**, 35 (1993).
- [40] M.Z. Aldoshina, R.N. Lyubovskaya, S.V. Konovalikhin, O.A. Dyachenko, M.K. Makova, R.B. Lyubovskii, V.N. Laukhin, *Izv. AN SSSR, Ser. khim.*, nr 9, 2163 (1991).
- [41] S.V. Konovalikhin, G.V. Shilov, O.A. Dyachenko, R.N. Lyubovskaya, M.Z. Aldoshina, R.B. Lyubovskii, *Izv. AN SSSR, Ser. khim.*, nr 4, 903 (1992).
- [42] S.V. Konovalikhin, G.V. Shilov, O.A. Dyachenko, M.Z. Aldoshina, R.N. Lyubovskaya, R.B. Lyubovskii, *Izv. AN SSSR, Ser. khim.*, nr 10, 2323 (1992).
- [43] E.I. Yudanova, S.K. Hoffmann, A. Graja, R.N. Lyubovskaya, *Synth. Metals* **66**, 43 (1994).
- [44] E.I. Yudanova, S.K. Hoffmann, A. Graja, S.V. Konovalikhin, O.A. Dyachenko, R.B. Lyubovskii, R.N. Lyubovskaya, *Synth. Metals*, w druku.

## WSPOMNIENIA – ROCZNICE

**Andrzej Pilawski**

*Katedra i Zakład Biofizyki  
Akademia Medyczna  
Poznań*

**Fizyka w Oflagu VII A – Murnau****Physics in POW Camp VII A – Murnau**

*Abstract:* Recollections on the mutual learning and teaching physics, mathematics and astronomy by prisoners of the prisoner-of-war camp in Murnau, during the second world war, are presented.

Pięć i pół roku za drutami. W izolacji od świata. Zdany na nieustanne towarzystwo współjeńców. W tłoku, o głodzie i chłodzie. Zawsze te same twarze, te same zachowania, często denerwujące. Dokuczliwa niemożność bycia samemu. Jedyne „swoje” miejsce na zapluskwionej pryczy. Cały dobytek w ciasnym kawałku szafki żołnierskiej. Spacer wokół placu apelowego, także w tłoku, wśród nieustannego stukotu drewnianych sabotów, noszonych przez większość jeńców. Z nostalgią można było podziwiać przepiękną panoramę Alp Bawarskich, wznoszących się niedaleko obozu – podziwiać zmieniające się jak w kalejdoskopie widoki w zależności od pory roku, dnia i pogody.

W tych warunkach wypadło żyć. Trzeba było jakoś wypełnić czas. Spora większość jeńców uczyła się czy to języków obcych, czy innych specjalności. Uczono się indywidualnie, lub w samoorganizujących się zespołach.

Z biegiem czasu życie kulturalno-oświatowe przyjęło zorganizowane formy mimo niesłychanie trudnych warunków. Powstał Komitet Kulturalno-Oświatowy z przewodniczącym gen. Wacławem Piekarskim. Komitet koordynował prace kulturalno-oświatowe prowadzone w obozie [1]. Organizowano różne kursy kształcące, doksztalcające, kierował nimi ppłk W. Kowalski. Między innymi działał

Kurs Nauczycielski pod kierunkiem por. Tadeusza Borowieckiego. Zorganizowano szkolnictwo podstawowe i średnie dla żołnierzy-jeńców z obsługi, także dla oficerów nie posiadających matury. Wydawano świadectwa ukończenia szkoły oraz świadectwa maturalne, honorowane później przez władze szkolne w Polsce.

W początku r. 1943 rozpoczęło działalność Koło Fizyków i Matematyków, zrzeszające zainteresowanych. Koło liczyło ok. 20 członków: astronomów, fizyków, matematyków, inżynierów. Wielu z nich odegrało po wyzwoleniu ważne role na wyższych uczelniach (m.in. Wiesław Opalski, Andrzej Pilawski, Marian Suski, Konrad Szukalski, Antoni Zasempa, Włodzimierz Zonn) oraz w życiu gospodarczym (Jan Franciszek Drewnowski, Tadeusz Stalmach). Praca w Kole była organizowana przez komisję programową w składzie: Andrzej Pilawski (przewodniczący), Marian Suski, Konrad Szukalski, Antoni Zasempa i Włodzimierz Zonn. Działalność sprowadzała się do organizowania wykładów i referatów specjalistycznych dla członków Koła oraz zainteresowanych spoza Koła, organizowania kursów matematyki, fizyki, astronomii, teletechniki itd. dla zainteresowanych zespołów oraz popularyzacji nauki.

Wykłady specjalistyczne prowadzone były w dwóch cyklach monograficznych. Pierwszy – to mechanika kwantowa. Obejmował on podstawy mechaniki teoretycznej (równania Lagrange’a oraz Hamiltona-Jacobiego), jako wprowadzenie, następnie mechanikę falową (Schrödingera) i kwantową (Heisenberga, Diraca). Wykłady prowadzili Wiesław Opalski (głównie zagadnienia matematyczne – 33 wykłady) oraz Andrzej Pilawski (interpretacje fizyczne – 20 wykładów). W ramach tego cyklu ogłoszony został też referat „Rozwój teorii falowo-korpuskularnej materii” w oryginalnym ujęciu Mariana Suskiego. Ogromne trudności związane były z przygotowaniem wykładów. Nie tylko ze względu na trudne warunki życiowe, ale głównie ze względu na brak literatury. W okresie początkowym można było otrzymać książki na zamówienie w kantynie za tzw. lagermarki. Później otrzymywaliśmy książki z kraju, czy za pośrednictwem organizacji takich jak YMCA, MCK i inne. Do wspomnianego cyklu wykładów mieliśmy do dyspozycji: G. Joos, *Lehrbuch der theoretischen Physik*, Leipzig 1939, oraz A. Sommerfeld, *Atombau und Spekrallinien*, Braunschweig. Drugi cykl – to wykłady rachunku operatorowego, 20 wykładów ogłoszonych przez Woźniackiego.

Te monograficzne cykle przeplatane były referatami na różne tematy, przede wszystkim z kręgu zainteresowań referenta. Tych referatów odbyło się ponad 80, trudno je wszystkie wymienić. Ograniczę się do podania referentów: J.F. Drewnowski, Mikołajski, W. Opalski, A. Pilawski, Prus, M. Suski, A. Zasempa, Wł. Zonn. Niektóre z tych referatów zasługują na wyróżnienie, stanowiły niejako małe rozprawy naukowe ze względu na nowe przemyślenia i oryginalność ich ujęcia. Zaliczyć by do nich można wykłady Drewnowskiego na temat pojęcia tensora

(pojęcie to zostało w oryginalny sposób uogólnione wywołując bardzo ciekawą dyskusję). Niejako kontynuacją tego zagadnienia było oryginalne przedstawienie przez W. Opalskiego rachunku diadycznego. Do ciekawostek można zaliczyć szereg zebrań poświęconych, z inicjatywy Drewnowskiego, Leonowi Chwistkowi (matematyk, filozof, malarz – sądzę, że niesłusznie zapomniany). Drewnowski przedstawił teorie logiczne i poglądy filozoficzne Chwistka (3 wykł.). Pilawski przedstawił bardzo oryginalną interpretację Chwistka dotyczącą teorii względności Einsteina. Wzbudziła ona duże zainteresowanie, dyskusja przeciągnęła się na kilka spotkań.

Wykłady odbywały się w niezwykle uciążliwych warunkach. Najczęściej w holach znajdujących się przy korytarzach przechodzących wzdłuż bloku koszarowego. W holu ustawiano tablicę, słuchacze przychodzili z własnymi taboretami. W czasie trwania wykładu wzdłuż korytarza odbywał się normalny ruch, głośno rozmowy; jeszcze dziś – gdy to sobie uświadomię – słyszę tupot drewnianych sabotów. Było to ogromne utrudnienie zarówno dla wykładowcy jak i dla słuchaczy.

Członkowie Koła brali udział jako wykładowcy w różnego rodzaju kursach organizowanych w obozie. Były to wykłady z matematyki wyższej (Szukalski), fizyki doświadczalnej (Pilawski, Szukalski), teorii elektryczności (Pilawski), geometrii analitycznej (Zasempa), termodynamiki (Woźniacki). Na życzenie słuchaczy przeprowadzano egzaminy komisyjne z danego przedmiotu, wydając odpowiednie świadectwo.

Ogromną popularnością cieszyły się publiczne wykłady popularno-naukowe, wygłaszane najczęściej w teatrze obozowym a organizowane przez Komitet Kulturalno-Oświatowy. Były to

KOŁO FIZ. i MAT.  
Obóz jęz. woj.  
Oflag VII.A Murnau

Murnau, 16.XII.44

23

### ZASWIADCZENIE

Mi niżej podpisani, na prośbę ppor. Juliusza Głódka, studenta III roku geografii Uniwersytetu J.P. w Warszawie, przeprowadziliśmy ustny egzamin sprawdzający wiadomości J.Głódka z zakresu ASTRONOMII i GEOGRAFII.

Wynik egzaminu..... **DOBRY**

Zadane pytania: 1/ Ruch dzienny nieba. 2/ Czas ogólna definicja, jakie mamy czasy. 3/ Pozycje gwiazd i zmiany pozycj 4/ Paralaksa dzienna i roczna 5/ Szerok. geograficzna i biologiczna. 6/ Trijunkt paralektyczny i jego elementy. 7/ Kierunki uniwersalne i namagnes. pniektrowe. 8/ Obserwacja odległości zenitalnej. 9/ Ruch układu słoneczn. w przestrzeni 10/ Odległości gwiazdowe

Zakres wymagań odpowiedzi podrecznikom:

1. Smart - Foundations of Astronomy - 1941
2. Becker - Gröndzüge der spher. u. prakt. Astronomie

Egzamin trwał 1 godzinę. Egzamin odbył się za wzięcia i w obecności gen. Bryg. Wacława Piekarńskiego - kierownika prac kultur-oświatowych w obozie

Komisja egzaminacyjna:

1. Ppor. Dr. Włodzimierz Zonn. - asyst. Univ. J.P. w Warszawie
2. Ppor. Mgr. Wiesław Opalski - asyst. Pol. W. Warszawskiej
3. Ppor. Mgr. Andrzej Pilawski - b. asyst. Univ. Poznańskiego.

W. Zonn ppor.  
Wiesław Opalski ppor.  
Andrzej Pilawski ppor.

wykłady z najrozmaitszych dziedzin wiedzy, nie zabrakło też wykładów z nauk ścisłych wygłaszanych m.in. przez członków Koła Fizyków i Matematyków. Te, które pamiętam: „Nowe źródła energii” (Wł. Zonn), „Determinizm i indeterminizm” (M. Suski), „Układy jednostek” (A. Zasempa), „Wybrane zagadnienia z fizyki współczesnej” (A. Piławski). Były i dalsze, np. Zonna z dziedziny astronomii, Suskiego – telekomunikacji, szczegółów nie pamiętam.

Jeszcze kilka uwag na temat indywidualnej pracy naukowej. Nie mogło naturalnie być mowy o pracy naukowej *sensu stricto*. Nie było ku temu warunków, brak literatury naukowej, brak wsparcia pracowników naukowych w danej dziedzinie, itd. Niemniej próbowano te trudności pokonać. Jako prace naukowe można uznać niektóre oryginalne opracowania, o nowym spojrzeniu, jak np. wspomniane wyżej uogólnione ujęcie tensora, czy rachunku diadycznego, itp. Pracowano także nad przyszłymi pracami habilitacyjnymi i doktorskimi (Zonn, Opalski). Trudno byłoby mówić o publikacjach naukowych w obozie, niemniej dla udokumentowania pierwszeństwa koncepcji oraz dla ich zabezpieczenia przed zaginięciem, powielano streszczenia wykonanych prac.

#### Opalski Wiesław

podporucznik i magister filozofii w zakresie astronomii  
ukończył Uniwersytet J.P. w Warszawie  
astronom, asystent Politechniki Warsz. 18

ur. w 1905 r.

„Zagadnienie POTHÉNOT'A na kuli” 10 stronic

praca z dziedziny trygonometrii sferycznej; zawiera badania własności krzywych kulistych (n.p. na sklepieniu niebieskim), które są miejscami geometrycznymi punktów o kącie paralaktycznym stałym. (Kąt paralaktyczny jakiegoś punktu na kuli jest to kąt, jaki tworzą ze sobą koło godzinne i koła szerokościowe przechodzące przez ten punkt). Znajomość tych krzywych może mieć zastosowanie w astronomii praktycznej.

Krótką treść: 1° Równanie zasadnicze, 2° Symetria 3° Przypadki szczególne, 4° Uwagi ogólne, 5° szczegółowa dyskusja wszystkich możliwych typów krzywych.

praca ukończona

bisana w miesiącach letnich 1940 r.

z dziedziny astronomii opublikowałem 2 prace w „Publikacjach Zakładu Astronomii Praktycznej Politechniki Warsz.”.

Zdaję sobie sprawę, że opracowanie moje nie jest wyczerpujące. Opierałem się na niekompletnych notatkach, które przetrwały oraz na pamięci, ta niestety zawodzi, zwłaszcza po 50 latach. Dlatego z góry przepraszam za ewentualne pominięcie osób czy faktów. Sądziłem, że należało upamiętnić heroiczne wysiłki czynione w warunkach niemieckiej niewoli dla podtrzymania i kontynuowania poziomu naszej nauki i oświaty.

#### Literatura

[1] Stefan Majchrowski, *Za drutami Murnau* (MON, Warszawa 1970).

## ROZMOWY

**O optyce geometrycznej i termodynamice  
informacyjnej, a także o Lwowie, Wrocławiu  
i Toruniu – Rozmowa z R.S. Ingardenem**

**On geometrical optics and information thermodynamics,  
and also on Lwów, Wrocław and Toruń  
– An interview with R.S. Ingarden**

Poniższa rozmowa stanowi skrót dwóch wywiadów,<sup>1</sup> jakie w styczniu i lutym 1993 r. na prośbę Redakcji *Postępów Fizyki* przeprowadzili z prof. Romanem Stanisławem Ingardenem prof. Sławomir Kalembka, historyk z Instytutu Historii UMK, oraz profesorowie Andrzej Kossakowski, Andrzej Jamiołkowski i Józef Szudy z Instytutu Fizyki UMK w Toruniu.

*Redakcja*

**Sławomir Kalembka [SK]** – Minęło już 20 lat od momentu gdy z inicjatywy Pana Profesora została utworzona przy Zarządzie Głównym PTF Komisja Historii Fizyki. Jedną z form działalności tej Komisji było przeprowadzanie wywiadów z wybitnymi fizykami starszego pokolenia. Niektóre z nich były potem we fragmentach drukowane w *Postęпах Fizyki*. Pan Profesor należy do znakomitej rodziny uczonych polskich, Pański ojciec, Roman Ingarden ma swoje miejsce w filozofii światowej. Czy zechciałby Pan parę słów powiedzieć o przeszłości rodzinnej, tzn. skąd się wywodzi Pańska rodzina, jak daleko sięga Pańska pamięć dziejów rodzinnych.

**Roman S. Ingarden [RSI]** – Pozwolę sobie zacząć od mego nazwiska, które było też i dla mnie pewną zagadką. Skąd ono pochodzi? Otóż według teorii mego ojca jest to nazwisko pochodzenia szwedzkiego, ale faktycznie rodzina ta przy-

---

<sup>1</sup> Pełny tekst obu tych wywiadów ma się ukazać w postaci osobnej książki, wydanej przez Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu (przyp. Red.).

szła do Polski z Węgier, a nie z północy. Moja hipoteza jest taka. Po słynnej bitwie pod Połtawą w roku 1709, część armii szwedzkiej uszła na Węgry. Niektórzy tam pozostali. Mój najstarszy dokument rodzinny, datowany właśnie na Węgrzech, to rodzaj metryki mego prapradziadka Edwarda Wolfganga Mikołaja Ingardena, lekarza wojskowego w armii węgierskiej. Drugi dokument, który posiadam, to dyplom mego pradziadka; urodził się on w 1813 r. w Paryżu w obozie armii austriacko-węgierskiej przy oblężeniu Paryża przez wojska koalicji. Został on później doktorem medycyny w Wiedniu, a następnie lekarzem wojskowym w Bojanach na Bukowinie. Potem zaś lekarzem powiatowym najpierw w Nowym Sączu, a następnie w Przemyślu. Ożenił się z Polką Antoniną Kasprowicz, moją prababcią i w ten sposób ta rodzina się spolonizowała. We Lwowie i Krakowie pracował mój dziadek, Roman Kajetan Henryk Ingarden urodzony w 1850 r. w Bojanach, inżynier wodny, doktor *honoris causa* nauk technicznych Politechniki Lwowskiej, radca dworu w służbie austriackiej, potem prezes Generalnej Dyrekcji Regulacji Rzek w Ministerstwie Robót Publicznych w Warszawie.

Moja matka, Maria Adela Pol, pochodziła z Podola. Jest ciekawe, że to nazwisko Pol, które jak gdyby z Polską jest związane, było pisane poprzednio przez „h”: Pohl. Dziadek mojej matki, Wilhelm Pohl pochodził z Wrocławia i był Niemcem. Ale on się również potem spolonizował, jak mój pradziadek po stronie ojca. Moja matka urodziła się w Warszawie w 1889 r., ale chodziła do szkół w Charkowie bo dziadek mój po stronie matki był inżynierem architektem i prowadził roboty budowlane w Rosji, na Ukrainie. Później skończyła Uniwersytet w Kijowie jako okulistka.

**SK** – Pana matka studiowała w Kijowie na Uniwersytecie Świętego Włodzimierza. Tam były okresy, że połowa studentów to byli Polacy.

**RSI** – Mój ojciec natomiast był urodzony w Krakowie. Studia rozpoczął we Lwowie u Kazimierza Twardowskiego. Po pierwszym roku uznał, że jakoś za mało w tej filozofii lwowskiej jest nowoczesnych wówczas prądów i postanowił wyjechać do Niemiec, zresztą za radą Twardowskiego. Udał się do Getyngi, która była wówczas jednym z głównych centrów ówczesnej nauki, nie tylko niemieckiej. Tam był Edmund Husserl, do którego mój ojciec się wybrał, wybitny filozof, wówczas w sile wieku. W 1916 r. Husserl przeniósł się do Fryburgu Badeńskiego. I tam ojciec zrobił doktorat w styczniu 1918 r. Husserl coraz bardziej grawitował wówczas w kierunku idealizmu typu kantowskiego, transcendentalnego idealizmu. Natomiast ojciec był realistą, zgodnie z tendencją wczesnej szkoły Husserla. Ojciec napisał jedno ze swoich głównych dzieł pod tytułem *Spór o istnienie świata*, ale pełny tytuł miał brzmieć *Spór o istnienie świata między realizmem a idealizmem*. Ojciec mówił o sobie, że jest empirykiem, nie racjonalistą, i że jest przeciwny spekulacji filozoficznej oderwanej od rzeczywistości empirycznej w szerokim sensie. Nie był

materialistą, ale był realistą, co jest pojęciem szerszym.

**SK** – Panie Profesorze, doszliśmy już do okresu pierwszej wojny światowej.

**RSI** – Ojciec chciał koniecznie brać udział w walkach i zgłosił się do Legionów, ale go nie przyjęli. Potem to samo było w dwudziestym roku, kiedy zgłosił się znowu do wojska w czasie bitwy pod Warszawą. Wówczas, kiedy wojska sowieckie zbliżały się do Warszawy, właśnie miałem się urodzić. Ojciec zawiózł matkę do Zakopanego, żeby była możliwie daleko od frontu, natomiast sam pozostał w Warszawie. Urodziłem się w Zakopanem, 1 października 1920 r., ale potem, niedługo później, kiedy Toruń został oswobodzony od Niemców na początku 1921 r. mój dziadek przywiózł statkiem na Wiśle mnie tutaj do Torunia, w międzyczasie bowiem ojciec przeniósł się do Torunia.

**SK** – Ojciec Pana był profesorem w I Liceum im. Kopernika – prawda?

**RSI** – Tak, było to gimnazjum przy Zaułku Proszym, tam pracował od 1921 do 1925 r.

**Józef Szudy [JS]** – A czego uczył?

**RSI** – Uczył matematyki i propedeutyki filozofii, być może też niemieckiego, ale tego ostatniego nie jestem pewien. To było gimnazjum na dobrym poziomie, ale niestety były tam też pewne konflikty, między młodzieżą a niektórymi nauczycielami i dyrektorem. Dlatego, że ci ostatni to byli ludzie przeważnie z Warszawy lub z Galicji, a ludność miała przyzwyczajenia jakiegoś bardziej pruskie. Powstawały więc dziwne konflikty, które kończyły się często w sądzie, wzajemne obrazy i tak dalej.

**SK** – To była rzecz szersza, nie dotyczyła tylko Toruńskiego. Po prostu sytuacja była tego typu. Na Pomorzu w zasadzie polskiej inteligencji, rodzimej, było bardzo niewiele, a nawet ci, którzy uzyskiwali wyższe wykształcenie, czy to nauczyciele czy lekarze, nie otrzymywali tutaj pracy i musieli iść w głąb Niemiec. Władzom pruskim chodziło o to, żeby osłabić przywództwo inteligenckie w społeczeństwie. I teraz kiedy przyszła niepodległość, no to trzeba było obsadzić urzędnikami urzędy, szkoły, policję, sądownictwo. Najwięcej wykształconych ludzi w tym zakresie było przede wszystkim w Galicji, bo tam były polskie gimnazja, polskie uniwersytety. Ci ludzie tutaj przyszli, ale to było odbierane przez miejscową ludność jako pewnego rodzaju inwazja osób z zewnątrz.

**RSI** – W każdym razie ojciec się czuł tutaj może nie najlepiej ze względu na pewną izolację, ale miał jednak niewielki krąg kolegów, przyjaciół, tutaj w tym gimnazjum.

**SK** – Po 1920 r. do Torunia przybyło wiele wybitnych osób. Chociażby przypomnę, że tu wrócił Przybyszewski, który do tego samego gimnazjum uczył



przed I wojną światową, że była Konfraternia Artystów, gdzie m.in. działał Fałat, że grupa tej inteligencji była dość aktywna artystycznie. Ona stworzyła pewną polską tradycję artystyczną Torunia, która była kontynuowana również po II wojnie światowej.

**RSI** – Pan wspominał o tej Konfraterni. Otóż mogę również tutaj pewną rzecz dorzucić. Ojciec brał udział w niektórych imprezach tej Konfraterni Artystów. W szczególności przybył tutaj z odczytem Stanisław Ignacy Witkiewicz. Witkacy pokazywał swoje obrazy i robił portrety uczestników tego spotkania, m.in. zrobił portret ojca i mojej matki.

**SK** – Czy one się zachowały?

**RSI** – Zachowały się i są w naszym mieszkaniu. To są portrety – karykatury raczej, w stylu Witkacego, on tam pisze ile piw wypił i tym podobne. To było pierwsze zetknięcie ojca z Witkacym, potem ojciec się zaprzyjaźnił z nim w Zakopanem, gdzie często przebywaliśmy w czasie wakacji i tam ojciec prowadził ogromne dysputy filozoficzne z Witkacym, który uważał się również za filozofa.

**SK** – A czy Pan Profesor sam pamięta Witkacego?

**RSI** – Dobrze pamiętam.

**SK** – Jakie wrażenie robił na młodym chłopaku ten pan, to była dosyć malownicza postać?

**RSI** – Bardzo imponująca, malownicza postać, z tym, że on czasami uprawiał takie niesamowite dziwactwa. Na przykład zapraszał mego ojca z rodziną do willi swojej matki w Zakopanem. Przychodziliśmy, ojciec z żoną i z dziećmi (ja miałem jeszcze dwóch braci), no i wchodzimy do pokoju, nikogo nie ma. Nagle ktoś z rykiem wychodzi spod kanapy, to Witkacy.

**SK** – W którym roku Państwo wyjechaliście z Torunia i dokąd?

**RSI** – Ojciec w 1925 r. habilitował się, właśnie u Twardowskiego we Lwowie. Był tam najpierw nauczycielem gimnazjalnym, a potem został też tzw. prywatnym docentem na Uniwersytecie.

**SK** – Znaczący miał wykłady, ale bezpłatne.

**RSI** – Bezpłatne, względnie miał wykłady zleczone. Zleczone już były płatne, ale marnie. Pamiętam ten wyjazd z Torunia bardzo dobrze, i w ogóle Toruń z tamtego czasu.

Do Lwowa pojechaliśmy gdzieś w końcu stycznia 1926 r. Pamiętam pierwsze wrażenia ze Lwowa, jak przejeżdżaliśmy dorożką przed Uniwersytetem czyli dawnym Sejmem Galicyjskim. Uniwersytet był postrzelany z karabinów w czasie walk o Lwów z Ukraińcami w 1918 r. Później to oczywiście zostało załatane, te wszystkie ślady kul, ale wtedy to wyglądało dosyć makabrycznie. Więc to były moje

pierwsze wspomnienia ze Lwowa. Pamiętam też wypadki majowe we Lwowie, ale tam nie było żadnych walk ...

**SK** – A czy pański ojciec miał jakąś określoną orientację polityczną, czy też miał dystans do polityki?

**RSI** – Otóż mój ojciec stał z dala od polityki, nie był ani lewicowcem ani prawicowcem, miał pewne sympatie do Piłsudskiego, może nawet znaczne, ale to nie znaczy, że był stuprocentowym piłsudczykiem. Poglądy mego ojca charakteryzowały się całkowitą niezależnością, można powiedzieć, przy bardzo patriotycznej postawie. Tu przyniosłem mój pamiętnik z czasów szkolnych. Właściwie nie jest to pamiętnik, lecz „stambuch”, tu wpisywano się, wtedy była taka tradycja. Tutaj jest wpis mego ojca z 1931 r. Bardzo poważny, ale charakteryzuje jego pogląd: „Życzę Ci byś umiał w przyszłości być zawsze wierny swoim myślom i postanowieniom i byś umiał jasno i bezwzględnie myśleć nawet wtedy, gdyby to co pomyślisz miało by być dla Ciebie nieprzyjemne. Życzę Ci wreszcie aby to, co czuć będziesz szło w zgodzie z myślą Twoją. Wierzę, że kiedyś gdy dorośniesz zrozumiesz te słowa i będziesz w nich widział nie tylko gorące życzenie ale i wskazówkę. Twój ojciec. 4.5.31.”

**JS** – A kiedy ojciec Pana został zatrudniony na Uniwersytecie Jana Kazimierza?

**RSI** – Sprawa mianowania profesorów w tych latach była bardzo trudna. We Lwowie były dwie katedry filozofii na Uniwersytecie, jedną miał Twardowski, a drugą Wartenberg, mniej może znany, ale dosyć dobry filozof, kantysta. Otóż po przejściu na emeryturę Wartenberga ta katedra się zwolniła i ją otrzymał ojciec, a katedrę Twardowskiego otrzymał wcześniej Ajdukiewicz. Więc w 1933 r. ojciec został profesorem nadzwyczajnym, a w 1945 dopiero na Uniwersytecie Jagiellońskim, profesorem zwyczajnym.

**JS** – Jak Pan wspomina swoje lata gimnazjalne?

**RSI** – Ojciec posłał mnie do III Gimnazjum staroklasycznego, gdzie pracował jeszcze wtedy jeden z nauczycieli ojca, Maksymowicz, nauczyciel matematyki. Od pierwszej klasy uczyliśmy się łaciny, a od trzeciej greki. Przyznam się, że właściwie w tych czasach miałem za dużo tych języków klasycznych, nie za bardzo mnie to interesowało. Był jeszcze niemiecki, ale też mi on nie odpowiadał specjalnie jako język obcy. Interesowały mnie bardziej matematyka, fizyka, no częściowo też język polski.

**JS** – No właśnie, a jak Pan ocenia z perspektywy poziom przedmiotów ścisłych. Czy to mogło być zachętą do dalszej drogi, również naukowej?

**RSI** – Tak, niewątpliwie. To gimnazjum należało do jednych z najlepszych we Lwowie. W każdym razie mam jak najlepsze wspomnienia z

tego gimnazjum, z tym, że w siódmej klasie przenieśliśmy się do gimnazjum matematyczno-przyrodniczego. Musiałem szybko zdać chemię, której u nas nie było, musiałem też zdać geologię i z fizyki zdaje się też. No ale zrobiłem to z prawdziwą przyjemnością i ostatecznie skończyłem Gimnazjum im. Kopernika.

**SK** – I w którym roku Pan złożył maturę?

**RSI** – W 1938 r., na rok przed wojną.

**SK** – Co Pan postanowił robić po maturze?

**RSI** – Postanowiłem iść na fizykę.

**SK** – A dlaczego?

**RSI** – Aby to wyjaśnić muszę jeszcze wspomnieć o jednym profesorze, którym był Juliusz Schauder. To był słynny matematyk, później zamordowany przez Niemców. Był on moim nauczycielem w trzecim gimnazjum, a później uczył mnie jako docent i profesor na Uniwersytecie. Byłem członkiem jego seminarium z grup ciągłych czyli grup topologicznych na drugim i trzecim roku Uniwersytetu. Zaproponował mi, jako swemu byłemu uczniowi, żebym właśnie, mimo że byłem jeszcze na niższych latach, wziął udział w tych jego zaawansowanych seminariach. Właśnie wówczas to był nowoczesny temat z grup Liego, bardzo ważny dla fizyki. Więc w ten sposób zaczęło się moje zainteresowanie fizyką matematyczną.

**JS** – A czy zetknął się Pan z Banachem?

**RSI** – Owszem, to był mój profesor, ale w tych latach on już był dziekanem i mało wykładał. Tak, że nie słuchałem dużo jego wykładów, ale rozmawiałem z nim wiele razy. Byłem związany też z innymi profesorami, jak np. Steinhausem, który był też profesorem i kolegą Banacha. Kolegowałem się z synem Banacha, również Stefanem, który był uczniem III Gimnazjum, ale o jeden rok niżej ode mnie, byliśmy wspólnie w drużynie harcerskiej.

**SK** – Jaka była atmosfera Uniwersytetu Jana Kazimierza? W końcu był to znakomity uniwersytet.

**RSI** – Tak, był to znakomity uniwersytet. Rzeczywiście mam bardzo dobre wspomnienia z tego okresu. W 1938 r. zacząłem studia fizyki, ale równolegle studiowałem też filozofię, właśnie u ojca i Ajdukiewicza. Chodziłem na seminaria i proseminaria ojca i Ajdukiewicza, chciałem się trochę zorientować w filozofii, która zresztą już wcześniej była moim ulubionym przedmiotem. Na przykład, chyba już w VII klasie, przeczytałem oba tomy *Historii filozofii* Tatarakiewicza i to mnie bardzo zainteresowało.

**SK** – Tatarakiewicz był też uczniem Twardowskiego.

**RSI** – Tak, był uczniem Twardowskiego. Poznałem go zresztą, bo on przyjeżdżał na odczyty do Lwowa. Uniwersytet Jana Kazimierza miał bardzo wy-

bitną filozofię. Mówiliśmy o Twardowskim i Ajdukiewiczu. Ajdukiewicz był również bardzo znanym filozofem w skali światowej. Muszę powiedzieć, że istniała pewna kontrowersja między szkołą Ajdukiewicza a szkołą mojego ojca. Ojciec był zresztą wówczas dosyć osamotniony w filozofii polskiej, w której wówczas dominował neopozytywizm, reprezentowany przez Ajdukiewicza, a prócz niego także przez trzeciego filozofa, Leona Chwistka. On był profesorem logiki, ale na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym. Przyznam się, że bardzo mi się podobały zarówno wykłady Ajdukiewicza jak i Chwistka, obaj znakomicie wykładali. Chodziłem też na wykłady ojca. Ojciec także niezłe wykładał, ale nie mógł się równać z tymi dwoma jako wykładowca. Więc we Lwowie bardzo dobra była filozofia i matematyka. Jeżeli chodzi o fizykę, to szczególnie od czasu jak przyszedł prof. Rubinowicz, niewątpliwie był to jeden z lepszych uniwersytetów w dziedzinie fizyki. Profesor Loria był również wybitnym fizykiem, ale nie do tego stopnia co Rubinowicz. Szczególnie w ostatnich latach mało był czynny naukowo. Natomiast Rubinowicz stale pracował i miał nadzwyczajne i zdolności i umiejętności w tej dziedzinie. On był uczniem Sommerfelda, który jak wiadomo był z zawodu matematykiem. Ale, zabawna rzecz, Rubinowicz mi opowiadał, że jak przyjechał do Sommerfelda pierwszy raz i pokazał swoją pracę doktorską opartą na pierwszych pracach Sommerfelda o dyfrakcji, właśnie tych słynnych, to Sommerfeld mu powiedział: „Proszę Pana, Pan jest matematykiem, a nie fizykiem”. Bo Sommerfeld już się stał wtedy fizykiem. Pracował w teorii kwantów, opracował matematycznie teorię Bohra. To było najlepsze opracowanie w tych czasach.

**Andrzej Kossakowski [AK]** – Orbity eliptyczne, opis relatywistyczny.

**RSI** – Rubinowicz włączył się do tych prac i zrobił bardzo szybko oryginalną pracę o regułach wyboru, która jest bardzo głęboka matematycznie i fizycznie. Chodzi o to, że chociaż to dotyczy epoki tzw. dawnej teorii kwantów, wyniki te ściśle przechodzą do nowej mechaniki kwantowej, tej już prawdziwej jak gdyby, w której opiera się to na teorii grup. Rubinowicz nie używał metody teorii grup, ale przewidział ściśle jej wyniki. I potem przewidział szereg efektów doświadczalnych, efekty kwadrupolowe w promieniowaniu gwiazd itp. Profesor Mrozowski kontynuował te badania doświadczalnie. Tak, że Rubinowicz wywarł ogromny wpływ na spektroskopię atomową i molekularną. Zresztą ja z Rubinowiczem zetknąłem się dosyć późno, bo za czasów sowieckich, gdy uniwersytet we Lwowie został zukrainizowany.

**JS** – Panie Profesorze, wróćmy jeszcze na chwilę do początków Pana studiów, mówił Pan dużo o filozofii, o fizyce. A jak wyglądały zajęcia na fizyce, na pierwszym roku studiów? Oczywiście wówczas to był całkowicie inny typ uniwersytetu, to był uniwersytet liberalny, gdzie wybierało się pewną liczbę zajęć. Czy

Panu zostało coś ze wspomnień takiego studenta pierwszego roku? Kto wykładał na przykład podstawy fizyki?

**RSI** – Wykładał prof. Loria, ale to był wykład dla wszystkich, i dla medycyny i dla fizyków i dla matematyków. Ogólny wykład z fizyki. Loria wykładał bardzo ładnie, ale bardzo powoli posuwał się z materiałem.

**JS** – Czy były pokazy doświadczeń na tych wykładach?

**RSI** – Były bardzo piękne pokazy, w wielkiej sali wykładowej, te typu podręcznika Pohla, pokazywane na ekranie. Mnie najbardziej wtedy uderzyła jedna część jego wykładu. Wyłożył mechanikę, później przeszedł do optyki i zdaje się skończył na optyce geometrycznej. I ta właśnie optyka geometryczna bardzo mi zapadła w pamięć.

**JS** – Bo to była pierwsza dziedzina pańskiej pracy.

**RSI** – Tak, pierwsza dziedzina. Otóż chodziło wtedy o teorię Abbego-Gullstranda geometrycznego odwzorowania optycznego, o te odwzorowania kolinearne itd. On to ładnie wykładał i mnie to się szalenie spodobało. I później, w pewnym sensie dzięki Lorii zostałem optykiem.

**JS** – A kto wykładał analizę matematyczną?

**RSI** – Analizę – kilku profesorów: Żyliński początkowo wykładał, potem Szpilrajn-Marczewski, Steinhaus, Saks i inni. Na Politechnice był Łomnicki, był też jego podręcznik, bardzo dobry podręcznik rachunku różniczkowego i całkowego, kilkutomowy, przeznaczony raczej dla politechniki, ale myśmy go też używali. Ja używałem głównie niemieckiego podręcznika G. Kowalewskiego z biblioteki ojca. Był też podręcznik Banacha, bardzo dobry, też go używałem.

**JS** – Banach napisał też podręcznik mechaniki teoretycznej. Czy on wykładał u was mechanikę?

**RSI** – Nie, on kiedyś wykładał mechanikę na Politechnice. Był asystentem na Politechnice. W ogóle Banach chciał być bardziej na Politechnice niż na Uniwersytecie.

**JS** – Czy bywał Pan w kawiarni Szkockiej?

**RSI** – Oczywiście, że byłem z ojcem w Szkockiej, także w Romie. To były dwie słynne kawiarnie, ale ojciec nie należał do ich stałych bywalców. Szkocka to była ulubiona kawiarnia Banacha. On po prostu lubił pracować w kawiarni lub w restauracji. W Szkockiej była ta słynna „księga szkocka”. Banach to był człowiek niewątpliwie genialny, po prostu o niesłychanej dynamice naukowej i życiowej. Był szalenie pracowity, napisał mnóstwo podręczników, m.in. ten podręcznik mechaniki, którego zresztą Rubinowicz bardzo nie lubił. Chodziło mu o

to, że ten podręcznik się kończył, a nie zaczynał na równaniach Hamiltona. Ale jest to podręcznik dobry.

**AK** – On jest napisany raczej dla matematyków.

**RSI** – Dla matematyków oczywiście i matematycy się nim zachwycali, ale fizycy się krzywili. Jest tam szereg dobrych sformułowań, np. zasady wariacyjne są tam dużo lepiej napisane niż gdzie indziej.

**SK** – We wrześniu 1939 r. Sowietci zajęli Lwów, ale Uniwersytet wznowił swoją działalność. Jak Pan powiedział, był on potem ukrainizowany, ale rozumiem, że jednak spora część profesorów nadal mogła wykładać. Czy pański ojciec mógł wykładać? Jak było z profesorem Rubinowiczem i z Panem jako studentem w tym okresie: jesień 1939 – lato 1941?

**RSI** – To był bardzo oryginalny okres. Mój ojciec mógł wykładać, ale nie na filozofii. Wykładał filozofię jeszcze tylko parę tygodni, a później został przeniesiony na Katedrę Germanistyki, na teorię literatury niemieckiej. Niemieckiej, no bo umiał po niemiecku, studiował w Getyndze, tzn. nadawał się. I tam wykładał po niemiecku, u prof. Stanisława Łempickiego. Jako profesor miał normalne pobory. Natomiast Ajdukiewicz wykładał na medycynie fizykę. Bo wtedy rozbito fizykę na różne wydziały. Zresztą ojciec miał też pewne kwalifikacje fizyczne, kończył filozofię, ale miał dwa przedmioty uboczne – zdawał przy doktoracie matematykę i fizykę. Mógł uczyć matematyki i fizyki w szkole, tak samo Ajdukiewicz. Zresztą Ajdukiewicz jako neopozytywista interesował się trochę bardziej fizyką. Pamiętam, że przychodził do mnie pytać się, nie rozumiał pewnych rzeczy z podręcznika Pohla *Fizyka*, takiego dla doświadczalników. Chodziło o jakieś dziwne współczynniki we wzorach, związane z jednostkami. Przyznam się, że ja mu też wtedy nie za bardzo potrafiłem wytłumaczyć, gdyż byłem przyzwyczajony do wzorów niezależnych od jednostek. Pod wpływem Schaudera, Banacha, Steinhausa, coraz bardziej interesowałem się fizyką matematyczną, optyką geometryczną i mechaniką kwantową, i miałem mniejsze zrozumienie dla fizyki doświadczalnej.

Ale jeszcze o czasach sowieckich na uniwersytecie. Rubinowicz, podobnie jak wszyscy profesorowie polscy, matematycy i fizycy, wykładał po polsku. Ale np. prof. Miliańczuk, uczeń Rubinowicza, Ukrainiec, wykładał po ukraińsku. Choć była instrukcja, aby stopniowo przejść na ukraiński, nie doszło do tego aż do 1941 r. i Ukraińcy wykładali po ukraińsku, a Polacy po polsku. Wykłady kursowe prowadził na fizyce Miliańczuk, natomiast Rubinowicz prowadził seminaria i wykłady na wyższych latach, do których ja jeszcze nie należałem, bo skończyłem dopiero trzy pierwsze lata do momentu wybuchu wojny niemiecko-sowieckiej.

Chcę jeszcze powiedzieć, że sytuacja polityczna wpłynęła o tyle pośrednio

na sytuację Uniwersytetu, że dużo profesorów i docentów z Warszawy uciekło do Lwowa i wykładało, szczególnie matematycy. Na przykład prof. Saks, później zamordowany przez Niemców, bardzo dobry matematyk (były to kapitalne wykłady, które dobrze pamiętam). Później Marczewski (wówczas noszący nazwisko Szpilrajn, które potem zmienił w czasie okupacji na Marczewski), także bardzo dobry matematyk, był potem we Wrocławiu. Jego piękne wykłady z analizy też dobrze pamiętam. Wreszcie prof. Knaster, też później we Wrocławiu. Pamiętam też Rayskiego jako studenta fizyki. Przyjechał z Krakowa, ale tylko na krótko, później wrócił do Krakowa.

Co jeszcze z tego czasu? Była oczywiście silna presja polityczna. Były zorganizowane wykłady marksizmu-leninizmu, była „podgotowka” wojskowa, powstały organizacje polityczne, tak jak potem na naszych uniwersytetach. No, ale Uniwersytet Lwowski był może pewnym wyjątkiem, mimo wszystko tam dosyć tolerowano działalność naukową. Nawet *Studia Mathematica* wychodziły, zdaje się z ukraińskim streszczeniem, ale artykuły były w językach obcych. Wydano też książkę Banacha o operacjach liniowych, w języku ukraińskim. Banach był dziekanem w tym czasie. Więc w tym sensie chwalono się Banachem. Poza tym zapraszano niektórych profesorów do Moskwy. Była taka wycieczka profesorów z Bartlem, Loria, Boyem-Żeleńskim i innymi do Moskwy. Działała też Wanda Wasilewska we Lwowie i Boy-Żeleński. Oni zorganizowali np. jakąś rocznicę Mickiewicza na Uniwersytecie Lwowskim. Pamiętam Boya-Żeleńskiego na tej akademii ku czci Mickiewicza w auli Uniwersytetu, dawnej sali Sejmu Galicyjskiego.

**SK** – Czy on równie dobrze mówił jak pisał?

**RSI** – Nie, właśnie podobno raczej źle wykładał, był profesorem filologii francuskiej w tym czasie.

**SK** – Czy po zajęciu Lwowa przez Niemców było prowadzone jakieś tajne nauczanie na poziomie uniwersyteckim?

**RSI** – Tak jest, ja chodziłem do domu prof. Rubinowicza, ale przyznam się, że tych zajęć było niewiele. Nie chciałem narażać jego domu, jego żona zawsze się trochę denerwowała, chociaż prowadziła sama jakąś działalność podziemną. Myśmy wówczas niedaleko mieszkali przy ul. Pawlikowskiego. Ojciec przyjaźnił się z Rubinowiczem i często tam do niego także zachodził. W tym czasie znaleźliśmy się w trudnej sytuacji finansowej, Uniwersytet został zamknięty, ojciec nie miał żadnego zajęcia. Ja więc przez pewien czas trochę utrzymywałem rodzinę pracując w ogrodach miejskich jako strażnik. Przynosiłem kapustę, bo tam były ogrody warzywne i można było tam takie deputaty dostawać. Potem ojciec został nauczycielem w jakiejś szkole chemicznej, a ja zacząłem pracować w firmie Jana Bujaka, gdzie ojciec mnie zaprotegował przez prof. Franciszka Bujaka.

**SK** – Tego słynnego historyka gospodarczego?

**RSI** – Tak. Otóż jego brat, Jan Bujak, był właścicielem małej fabryczki optycznej, która przed wojną produkowała we Lwowie urządzenia do celów geodezyjnych, teodolity itp. Ten zakład został w okresie sowieckim rozbudowany, bo oni tam produkowali dla wojska aparaturę geodezyjną, lunety, lornetki. Niemcy, gdy zajęli Lwów, zaczęli produkować szczepionkę przeciwko tyfusowi prof. Weigla z Uniwersytetu, który odkrył zarazek tyfusu i szczepionkę, gdyż bali się, że na froncie wschodnim nastąpi epidemia tyfusu. (W fabryce tych szczepionek pracowali przy karmieniu wszy m.in. lwowscy profesorowie, jak Banach, Knaster i inni.) Do tej produkcji potrzebowali binokularów, które były produkowane w fabryczce Jana Bujaka. I w ten sposób mogła ona egzystować.

**JS** – A co Pan robił w tej fabryce?

**RSI** – Ja byłem tam technikiem-optykiem do pomiarów, a potem do obliczeń optycznych. I tam pracowałem przez całą okupację od 1941 do 1945 r. Jeszcze też za tych drugich sowieckich czasów. Początkowo moim zadaniem był pomiar kątów na spektrometrze, kątów pryzmatów, bo to jest pryzmatyczny binokular i są podwójne odbicia. Kąt ten, tzw. dachowy, musi być bardzo dokładnie co do sekund wykonany. Nie było innej metody jak mierzyć na spektrometrze, więc ja mierzyłem te kąty, co było niesłychanie żmudne, kłopotliwe. Więc początkowo to robiłem, a później zacząłem myśleć o jakiejś teorii, zacząłem obliczać układy optyczne i oni zaczęli wykonywać te układy. Obliczyłem coś ok. 20 układów optycznych, obiektywy do mikroskopów, do aparatów fotograficznych, do projekcji kinowej i inne. Nauczyłem się tej teorii od inż. Zygmunta Bodnara, który też był uczniem Rubinowicza z Politechniki Lwowskiej i pracował w tej fabryce od wielu lat. On sobie sprowadził kapitalną literaturę na temat optyki geometrycznej, ale szczególnie o metodach obliczania układów optycznych. Ja to wszystko stopniowo opanowałem i liczyłem na ręcznych maszynach, takich „kręciołkach” i przy pomocy 7- i 9-ciocyfrowych tablic logarytmicznych i trygonometrycznych. To były szalenie żmudne obliczenia i robiłem to przez wiele lat.

We Lwowie Uniwersytet został uruchomiony przez sowieckie władze już w 1944 r. i ja jeszcze tam chodziłem. Byłem we Lwowie aż do końca kwietnia 1945 r.

**JS** – To kto wówczas, w 1944/45 prowadził tam wykłady z fizyki?

**RSI** – Rubinowicz i Miliańczuk. Wówczas o mało co nie wywieźli mnie do Donbasu, bo nie przyszedłem na jakieś wykłady. Było to wtedy, gdy już zapisałem się na wyjazd do Krakowa. W pewnej chwili przyszło do mego mieszkania NKWD, chcieli mnie zabrać, ale stwierdzili, że ja jestem już spakowany na wyjazd: „no, jak Pan już wyjeżdża, to niech Pan jedzie”. W ten sposób wyjechałem ze Lwowa i 30 kwietnia 1945 przyjechałem do Krakowa w jednym z transpor-



tów tzw. repatriacyjnych i od razu wstąpiłem na Uniwersytet Jagielloński dla skończenia swoich studiów.

**SK** – Czy przyjechał Pan z rodziną?

**RSI** – Ojciec, matka i najmłodszy brat wyjechali wcześniej. Ja jeszcze zostałem, bo pracowałem w tej fabryce i brałem też trochę udział w AK i PPS, więc oni mnie skłaniali żeby zostać. Ojciec wyjechał na wiosnę 1944 kilka miesięcy przed tym frontem, czyli jeszcze za Niemców. Pracował później w Pieskowej Skale pod Krakowem nad swoją książką *Spór o istnienie świata*. Moja matka prowadziła tam mały szpital dla dzieci.

**SK** – Zamieszkał więc Pan w Krakowie i kontynuował studia na Uniwersytecie Jagiellońskim?

**RSI** – W Krakowie zrobiłem magisterium u Weyssenhoffa. Już w czerwcu 1945 miałem napisaną pracę magisterską, ale jeszcze musiałem się przygotować do egzaminu końcowego. Robiłem to we Wrocławiu, gdyż w sierpniu 1945 r. wyjechałem z Krakowa do Wrocławia zaproszony przez prof. Lorie, który tam już organizował fizykę. Chciałem wszelkimi siłami jakoś wpłynąć, żeby sprowadzić również Rubinowicza do Wrocławia. Loria na moją prośbę, ale i z własnej inicjatywy, napisał specjalne zaproszenie do Rubinowicza, który został jeszcze we Lwowie. Nawet pani Rubinowiczowa przyjechała w jesieni do Wrocławia, zobaczyć jak to tam wygląda, ale widocznie jej się nie spodobało.

**SK** – No, bo Wrocław był strasznie zniszczony.

**RSI** – Właśnie, Rubinowicz nie zdecydował się więc i przeszedł do Warszawy w 1946 r. Przygotowałem się do tego egzaminu pracując już jako asystent, jeszcze przed magisterium, u prof. Lorii. Pojechałem na egzamin w styczniu 1946 r. i otrzymałem dyplom w lutym.

**SK** – W Krakowie, czyli jest Pan magistrem Uniwersytetu Jagiellońskiego.

**RSI** – Tak.

**JS** – A jaki był tytuł pracy magisterskiej?

**RSI** – O, to dotyczyło neutrina. Chodzi o to, że były takie eksperymenty przedwojenne, Wertensteina i Halperna, które wykazywały istnienie neutrina w komorze Wilsona z odrzutu jądra przy rozpadzie  $\beta$ . Ale były pewne wątpliwości w interpretacji teoretycznej i ja tę sprawę właśnie wyjaśniłem na drodze statystycznej. Była to moja pierwsza praca z fizyki statystycznej. Miałem bardzo zaszczytnych recenzentów, byli to profesorowie Weyssenhoff, Blaton i Sołtan. Kilka lat później Blaton zginął w Tatrach. Rubinowicz uważał Blatona za najwybitniejszego swojego ucznia lwowskiego.

**JS** – Jak Pan wspomina pierwsze lata we Wrocławiu?

**RSI** – Przyjechałem do Wrocławia dopiero w końcu sierpnia 1945. Przez lipiec i sierpień pracowałem jeszcze na Politechnice Lwowskiej, obecnie Śląskiej, z tymczasową siedzibą w Krakowie, gdzie zaangażował mnie prof. Puchalik, dawny asystent prof. Lorii. W końcu sierpnia jednak, na zaproszenie Lorii, pojechałem do Wrocławia, bo tam się przeniósł Uniwersytet Lwowski, większość profesorów tego Uniwersytetu z rektorem Kulczyńskim na czele. Zakładał on Uniwersytet we Wrocławiu już w maju 1945 r., zaraz po poddaniu się twierdzy Wrocław. Miasto było potwornie zniszczone. Budynek fizyki przedwojennego Uniwersytetu Wrocławskiego został zniszczony całkowicie. Wprawdzie główny budynek Uniwersytetu (humanistyka) stał, ale była w nim w wyniku bombardowania ogromna wyrwa. Fizyka była doszczętnie wypalona, jedynie w piwnicach znaleziono resztki aparatury do ciekłego powietrza, którą prof. Loria kiedyś montował, bo on studiował we Wrocławiu. (We Wrocławiu przed wojną był Max Born i Kuhn na Politechnice, a także słynny Simon z niskich temperatur.) Książek prawie nie było. Książki były zbierane, m.in. przez prof. Marczewskiego i jego grupę, z prywatnych mieszkań opuszczonych przez profesorów matematyki i fizyki.

Jeśli chodzi o fizykę teoretyczną, to był tylko prof. Loria, ale miał już prawie siedemdziesiąt lat i był bliski emerytury. Innych teoretyków nie było, a jednak fizyka teoretyczna szybko została zorganizowana. Ja skończyłem studia w 1946 r. i byłem asystentem.

**JS** – Ile było wówczas katedr fizyki na Uniwersytecie Wrocławskim?

**RSI** – W 1946 r. utworzono dwie katedry, ale katedra fizyki teoretycznej była nie obsadzona. Ja byłem asystentem prof. Lorii na fizyce doświadczalnej i nawet prowadziłem wykład, mimo że dopiero co skończyłem studia (prowadziłem wykład z fizyki doświadczalnej dla medyków). W roku 1948 zrobiłem pracę doktorską.

**JS** – A jaki temat?

**RSI** – „O idealnym odwzorowaniu optycznym w mikroskopie elektronowym”, a raczej o niemożliwości tego odwzorowania. Chodziło o to, że wydawało mi się przez pewien czas, że w optyce elektronowej istnieje więcej możliwości idealnego odwzorowania niż w optyce świetlnej. Optyka świetlna operuje na ogół dyskretnymi powierzchniami załamującymi, szkło musi być jednorodne, trudno wyprodukować niejednorodne szkło. A mimo to w optyce świetlnej teoretycznie istnieje możliwość idealnego odwzorowania. Jest to mianowicie przykład podawany przez Maxwella, tzw. „oko rybie”. Jest to ośrodek niejednorodny, współczynnik załamania jest zależny od odległości od środka w sposób ciągły według pewnego prawa i wtedy mamy idealne odwzorowanie nawet całej przestrzeni wszystkich kul na kule. Ponieważ w optyce elektronowej tym ośrodkiem jest pole elektromagne-

tyczne, sądziłem wówczas, że jest tyle samo, a może więcej możliwości skonstruowania idealnego odwzorowania. Tymczasem udowodniłem, że jest to niemożliwe. Użyłem do tego metod geometrycznych, mianowicie naprzód geometrii Riemanna a później geometrii Finslera. Po raz pierwszy chyba wystąpiła w fizyce tzw. geometria Finslera, to jest geometria taka, w której odległość zależy nie tylko od punktu, jak w przestrzeni Riemanna, ale też od kierunku z danego punktu.

**JS** – A kiedy się Pan po raz pierwszy zetknął z geometrią Finslera? Czy dopiero we Wrocławiu?

**RSI** – Tak. Wcześniej znałem geometrię Riemanna i początkowo moja praca dotyczyła metod geometrii Riemanna, ale później zorientowałem się, że pole magnetyczne wprowadza anizotropię, wprowadza możliwość zależności od kierunku. Przyszło mi do głowy, że trzeba zastosować geometrię ogólniejszą niż Riemanna i właśnie wtedy natknąłem się na geometrię Finslera. Ta moja praca doktorska została opublikowana we Wrocławskim Towarzystwie Naukowym, jako stosunkowo gruba książeczka, 60 stron. Japończycy nawet nazwali ją później monografią, ale to nie jest żadna monografia, chociaż tam przedstawiam zasady geometrii Finslera i podaję te zastosowania, w których okazuje się, że równania Maxwella uniemożliwiają niestety to odwzorowanie idealne.

**JS** – A gdzie i kiedy odbyła się obrona pracy doktorskiej oraz kto był promotorem?

**RSI** – Obrona odbyła się w Warszawie na początku stycznia 1949 r. Promotorem był Rubinowicz, a jednym z recenzentów Biało-brzeski. W skład Komisji Egzaminacyjnej wchodził też prof. Pieńkowski, fizyk doświadczalny. Nawiasem mówiąc dostałem niezręczne dla mnie pytanie z fizyki doświadczalnej; pamiętam, że chodziło o to, jak udowodniono doświadczalnie istnienie neutronu. Chodziło o jakieś dwa warunki doświadczalne, ale ja pamiętałem tylko jeden.

**JS** – A to Pieńkowski o to pytał?

**RSI** – Tak, i nie zgodził się żeby wynik egzaminu był bardzo dobry, tylko dobry (*cum laude* na łacińskim dyplomie, nie *summa cum laude*). Potem odbyła się uroczysta promocja, chyba 1 kwietnia 1949 r., w Auli Uniwersytetu Warszawskiego, na której Rubinowicz wygłosił coś w rodzaju mojej laudacji, bardzo przychylniej dla mnie, bo ta praca bardzo mu się podobała.

**JS** – Czy po doktoracie nadal pracował Pan w optyce geometrycznej?

**RSI** – Tu muszę powiedzieć, że tuż po przyjeździe ze Lwowa do Krakowa zastanawiałem się czy nie przenieść się do Katowic, gdzie dyrektor fabryki Bujaka ze Lwowa, pan Głowiński, kontynuował w jednej z fabryk okularów (IWOKA) produkcję aparatury optycznej i proponował mi, żebym ja tam pracował dalej. Jeździłem też do Jeleniej Góry, gdzie była przed wojną niemiecka fabryka szkła

optycznego Schotta i po wojnie uruchomiono zakłady optyczne. Również zapraszali mnie do PZO do Warszawy. W końcu zdecydowałem się jednak na fizykę, ale założyłem we Wrocławiu, za zgodą prof. Lorii, Biuro Obliczeń Optycznych przy Zakładzie Fizyki. W tym Biurze pracowałem przez kilka lat, ale potem się z tego wycofałem, gdyż organizowałem Katedrę Fizyki Teoretycznej we Wrocławiu. Biuro Obliczeń Optycznych nie zostało zlikwidowane, tylko przeniesione do Warszawy, ja wykształciłem dla niego pewnych ludzi, jak pani Bartkowska i jej mąż, także pan Gaj, który został potem profesorem i redaktorem *Optica Applicata*. Oni wszyscy byli moimi uczniami. Natomiast gdzieś ok. 1950 r. profesorowie Marczewski i Kuratowski prosili mnie, żebym zorganizował w założonym wówczas Państwowym Instytucie Matematycznym, późniejszym Instytucie Matematycznym PAN, Grupę Optyki Geometrycznej. Prowadziłem ją przez kilka lat we Wrocławiu i tam właśnie pracował ówczesny mgr Miron Gaj.

**JS** – Czyli to już byli absolwenci wrocławscy?

**RSI** – Tak, już moi uczniowie. Grupę Optyki Geometrycznej zlikwidowałem po pewnym czasie, kiedy prof. Leonard Sosnowski poprosił mnie, żebym zorganizował Zakład Niskich Temperatur we Wrocławiu dla Instytutu Fizyki PAN.

**JS** – Który to był rok?

**RSI** – Gdzieś ok. 1954 r.

**JS** – Wróćmy jeszcze do pierwszych lat powojennych we Wrocławiu.

**RSI** – Po zrobieniu doktoratu w Warszawie zostałem adiunktem w Katedrze Fizyki Teoretycznej UW. Już wcześniej byłem w tej Katedrze asystentem, a od września 1949 r. zostałem zastępcą profesora fizyki teoretycznej. I tym zastępcą profesora byłem przez pięć lat.

**JS** – A kto był kierownikiem tej Katedry?

**RSI** – To ja już byłem, bo nikogo innego jeszcze nie było. Dojeżdżał czasami prof. Szczeniowski z Poznania na wykłady, ale ja prowadziłem już wykłady i ćwiczenia i zorganizowałem tę Katedrę Fizyki Teoretycznej, której regularnym profesorem zostałem w 1954 r. jako profesor nadzwyczajny. Otóż tam moimi uczniami, pierwszymi magistrami fizyki teoretycznej byli dzisiejsi profesorowie Jan Łopuszański i Zygmunt Galasiewicz, później Władysława Szczurówna-Rybarska i Andrzej Pawlikowski, który był potem w Katowicach profesorem i niestety już zmarł. Było też wielu innych magistrów mniej znanych.

**JS** – Jaka była tematyka naukowa tej Katedry w owych latach?

**RSI** – Początkowo tematyką tą była właśnie optyka geometryczna i dyfrakcyjna. Zrobiłem pracę z teorii dyfrakcji, uogólniłem teorię Rubinowicza. Jak wiadomo Rubinowicz stworzył teorię tzw. brzegowej fali ugięcia według zasady



Wrocław, czerwiec 1951. Od lewej: Z. Sidorski, Z. Galasiewicz, J. Łopuszański, W. Szczurówna, R.S. Ingarden

Younga, tzn. że dyfrakcja nie pochodzi, tak jak wg Fresnela, z powierzchni lecz z brzegu otworu, tzw. fala brzegowa. Ale Rubinowicz przeprowadził to tylko dla dwóch przypadków, mianowicie dla fali płaskiej i kulistej. A ja zrobiłem to dla dowolnej fali, wprowadzając dowolne aberracje geometryczne, zdefiniowane metodą Focka według pewnej jego ówczesnej pracy, i pokazałem, że wzory Rubinowicza dają się uogólnić do dowolnego rzędu. Znaczący wzory Rubinowicza były pierwszym wyrazem, a ja podałem następne.



Konferencja w Spale, wrzesień 1952. Od lewej: R.S. Ingarden, S. Pieńkowski, pani Pieńkowska, J. Rzewuski

**JS** – Czy pierwsze prace magisterskie też dotyczyły optyki?

**RSI** – Częściowo tak. Potem stopniowo zaczęliśmy się zajmować fizyką statystyczną. Chciałbym jeszcze dodać, że te moje prace z optyki geometrycznej i teorii dyfrakcji wywołały pewne zainteresowanie za granicą i dzięki temu dostałem zaproszenie do Ameryki do tzw. Instytutu Couranta Nauk Matematycznych. To jest słynny instytut założony przez Richarda Couranta, który przed wojną był w Getyndze następcą Feliksa Kleina, i będąc pochodzenia żydowskiego musiał uchodzić z Niemiec. Gdy spotkał mnie w Nowym Jorku, to powiedział mi, że znał w Getyndze mego ojca.

**JS** – W którym roku pojechał Pan do Stanów?

**RSI** – Jesienią 1961 r. Dostałem stypendium Fundacji Forda oraz profesurę gościnną w Instytucie Couranta na Uniwersytecie Nowojorskim. Akurat był tam Łopuszański, który przyjechał nieco wcześniej. On jeszcze jako magister zajmował się we Wrocławiu fizyką statystyczną. Ja go zachęciłem do tego i zaproponowałem mu, żeby zajął się statystyczną teorią kaskad promieniowania kosmicznego i skontaktowałem go z prof. Mięgowiczem w Krakowie. Łopuszański do pewnego stopnia zrobił teorię do prac Mięgowicza, to były bardzo dobre prace. Po przyjeździe do Instytutu Couranta spotkał się z Zuminem, który zajmował się teorią pola. Spowodowało to, że Łopuszański przeszedł z fizyki statystycznej do teorii pola. A ja przeszedłem do termodynamiki. Termodynamiką i fizyką statystyczną interesowałem się już dużo wcześniej. Zresztą już moja praca magisterska była statystyczna. Chodziło tam o statystykę zderzeń w komorze Wilsona. Później statystykę łączyłem z optyką, gdyż chciałem przejść do tzw. optyki statystycznej, do optyki częściowo koherentnej. Wówczas zetknąłem się w optyce instrumentalnej z teorią informacji. Teoria ta zawiera entropię statystyczną jako podstawowe pojęcie informacji i to jest genetycznie związane z termodynamiką. I tak stopniowo przeszedłem z optyki do termodynamiki. Nawiasem mówiąc zachęciłem też Galasiewicza, żeby zajął się fizyką statystyczną nadprzewodnictwa i on zrobił pracę, a potem napisał książkę o nadprzewodnictwie.

**JS** – Wiemy, że Pan Profesor brał udział w organizowaniu Instytutu Niskich Temperatur we Wrocławiu. Czy mógłby Pan trochę opowiedzieć o początkach tego Instytutu?

**RSI** – Zaczęło się od tego, że prof. Leonard Sosnowski jako dyrektor Instytutu Fizyki PAN zachęcił mnie, żebym zajął się fizyką niskich temperatur. W związku z tym w latach 1954 i 1955 byłem dwa razy po trzy miesiące w Charkowie, gdzie znajdował się znany Instytut Niskich Temperatur Ukraińskiej Akademii Nauk, tzw. Instytut Fizykotechniczny. Galasiewicz natomiast wyjechał do Dubnej i tam zaznajomił się z teorią nadprzewodnictwa i zrobił bardzo ładne

prace z tej dziedziny. Ale równocześnie chodziło o to, żeby stworzyć w Polsce doświadczalne badania w fizyce niskich temperatur. Wrocław miał tradycje w tej dziedzinie, bo kiedyś tam Simon założył jedno z pierwszych laboratoriów niskich temperatur na świecie, jeszcze grubo przed wojną. To było na Politechnice, w Instytucie Chemii Fizycznej, który potem objął prof. Trzebiatowski. Więc u prof. Trzebiatowskiego istniały pewne urządzenia niskotemperaturowe, niestety nie do helu, tylko do skroplonego powietrza. I ja wówczas wpadłem na pomysł, żeby objąć starą elektrownię prądu stałego, która była właściwie w likwidacji, w elektrowni wrocławskiej przy ul. Próchnika. Było to jedno z pierwszych urządzeń elektrycznych na prąd stały. Przed wojną Wrocław miał jeszcze sieć prądu stałego, którą po wojnie zlikwidowano. Okolice wokół była zniszczona wskutek bombardowań, ale ten budynek ocalał. Był tylko w takim stanie zaniedbania, że prof. Mendelssohn z Oxfordu określił go jako „dilapidated building”. Były tam dość duże urządzenia, bo przecież kiedyś zaopatrywały one całe miasto w prąd. To było kilka generatorów po kilka metrów wysokości, po ok. 1.2 MW (łącznie 3.5 MW). Wpadłem na pomysł, żeby ich użyć do silnych elektromagnesów dla badań niskotemperaturowych. Takie magnesy zostały zbudowane przez mgra Bazana i dra Cygana, który później wyjechał do Niemiec. Uzyskano pole 36 kOe w szczelinie o średnicy 100 mm. Jak na owe czasy był to silny magnes. Później zbudowano silniejsze, a Akademia Nauk zakupiła nowoczesną skraplarkę helową amerykańskiej firmy Little. Z Anglii został ściągnięty przeze mnie prof. Józef Mazur, przedwojenny uczeń i współpracownik Wolfkego. Przyjechał do Wrocławia i został kierownikiem zakładu. Ja zaś zrezygnowałem z kierownictwa i przeszedłem już tylko do prac teoretycznych.

**JS** – Czy Instytut Niskich Temperatur od samego początku był w randze instytutu?

**RSI** – Nie, najpierw była to samodzielna pracownia, a wkrótce potem zakład. Ja byłem kierownikiem tego Zakładu przez kilka lat aż do przyjazdu prof. Mazura. Później został nim Mazur, który jednak był już w podeszłym wieku i niedługo potem przeszedł na emeryturę. Po nim Zakładem kierował przez jakiś czas doc. B. Makiej i wreszcie prof. Trzebiatowski. Za mojego kierownictwa wyremontowano jeszcze duży basen przeciwlotniczy, zbudowany przez Niemców niedaleko tego budynku na Próchnika. Został on odnowiony i dostosowany do chłodzenia magnesu. Ja tam jeszcze pracowałem później jako kierownik działu teoretycznego, nawet już po moim przejściu do Torunia jeszcze przez pewien czas współpracowałem, ale potem zrezygnowałem.

**JS** – A kiedy Zakład Niskich Temperatur przeniósł się na Plac Katedralny?

**RSI** – To już w czasie gdy kierownictwo objął prof. Trzebiatowski. Zdobył



Konferencja Niskich Temperatur w Moskwie (1956). Od lewej: 1. rząd: L.D. Landau, E.M. Lifszic; 2. rząd: R.S. Ingarden, K. Mendelssohn; 3. rząd: A.B. Pippard

on dla Zakładu lokal przy Placu Katedralnym. To ja namówiłem prof. Trzebiatowskiego, żeby poprowadził ten Zakład. On połączył go ze swoim Zakładem Badań Strukturalnych. Jego interesowały badania magnetyczne, więc to się dobrze składało. Zakład został oddzielony od Instytutu Fizyki PAN jako Instytut Badań Strukturalnych i Niskich Temperatur i prof. Trzebiatowski został jego dyrektorem. Wielu z obecnych pracowników tego Instytutu, jak prof. Jan Klamut, doc. Walerian Ziętek, to moi uczniowie. Zaproponowałem Ziętkowi pewne metody kwazicząstek i on je pięknie rozwinął. Była tam bardzo dobra grupa fizyków. Przez jakiś czas pracowałem i na Uniwersytecie i w tym Instytucie Akademii. Później jednak gdy wszystkim powiedziano, że muszą się zdecydować albo tu albo tu, to ja wybrałem Uniwersytet. Wolałem być przy dydaktyce. To już były późne lata sześćdziesiąte.

**JS** – Ale potem Pan Profesor przeprowadził się do Torunia, wcześniej jednak z Torunia do Wrocławia przeniósł się prof. Rzewuski?

**RSI** – Tak, to było zaproszenie z mojej inicjatywy. Wiedziałem, że Wrocław to jest duży Uniwersytet, wymaga silniejszej grupy teoretycznej. Nie chciałem dominować sam jeden, a inni byli jeszcze bardzo młodzi, więc starałem się zaprosić



wybitnego profesora, Jana Rzewuskiego z Torunia. No i on się zgodził. Bardzo dobrze się nam współpracowało i współpracuje do dzisiaj.<sup>2</sup> Profesor Rzewuski jednak zajmował się tylko teorią pola, Łopuszański też, tak że ten ośrodek przeszedł powoli głównie na zagadnienia teorii pola, szczególnie po moim odejściu do Torunia. Natomiast w tej grupie PAN-owskiej fizyki statystycznej ciała stałego i niskich temperatur pozostały metody statystyczne. Galasiewicz też, choć początkowo nie chciał, zajął się teorią nadprzewodnictwa. Więc w ten sposób te dwie grupy powoli się rozwinęły, no i stały się bardzo silne, dynamiczne, o reputacji międzynarodowej – Łopuszański został szybko profesorem, Galasiewicz również, teraz jest tam duża grupa profesorów. Już nawet wszystkich młodszych nie znam osobiście.

**JS** – A czy Pan Profesor mógłby też trochę powiedzieć o tworzeniu fizyki doświadczalnej na Uniwersytecie?

**RSI** – Przede wszystkim był we Wrocławiu prof. Jan Wesołowski, zajmował się promieniami kosmicznymi. Nawiasem mówiąc ja też uczestniczyłem w ściągnięciu go do Wrocławia z Krakowa, a także z Torunia Bolesława Makieja, przedwojennego ucznia prof. Niewodniczańskiego. On właśnie przeszedł na niskie temperatury i jest tam do tej chwili. Tam był też prof. Jan Nikliborc, dobry fizyk, rozwinął badania w dziedzinie mikroskopii jonowej. Umarł właśnie niedawno w podeszłym wieku. Potem Wesołowski zaczął badania nad pozytonami. Chodziło o ciało stałe. Współpracował z nim Bronisław Rozenfeld. Cały ośrodek się stopniowo bardzo rozwinął. Teoretycy zaczęli organizować szkoły zimowe w Karpaczu, z inicjatywy Łopuszańskiego.

**AK** – Zanim zakończymy omawiać okres wrocławski chciałbym jeszcze nawiązać do pracy doktorskiej Pana Profesora, w której zostały zastosowane metody geometrii Finslera, bo te metody zaczęły później powracać.

**RSI** – W mojej działalności są trzy wątki: optyczny, geometryczny oraz termodynamiczny. Ten wątek geometryczny pochodził z optyki, ale rozwinął się dalej, nieco autonomicznie. W 1974 r., gdy byłem już w Toruniu, dostałem list z Japonii, że niejaki prof. Makoto Matsumoto z Uniwersytetu w Kyoto, matematyk, specjalista geometrii Finslera, chce poznać moją pracę doktorską, o której się dowiedział. W tej pracy zdefiniowałem pewien typ przestrzeni Finslera, którą nazwałem przestrzeniami Randersa (Randers to fizyk amerykański). Natknąłem się przypadkowo na jakąś jego pracę z okresu wojny, w której znalazłem podobne wzory, ale on nie wiedział wówczas, że jest to specjalny przypadek przestrzeni Finslera. On to traktował jako przestrzeń Riemanna, tylko więcej wymiarową. Profesor Matsumoto wprowadził to pojęcie do swoich prac i potem

---

<sup>2</sup> Profesor Jan Rzewuski zmarł 17 września 1994 r. (przyp. Red.).

w wielkiej monografii o geometrii Finslera zacytował zarówno moje prace, jak i prace Randersa. Od tego czasu są to słynne przestrzenie Randersa w teorii Finslera. W przestrzeni Randersa istnieje jakby potencjał wektorowy elektromagnetyczny, pole magnetyczne. Jeżeli pola magnetycznego nie ma, to przestrzeń redukuje się do przestrzeni Riemanna. Potem w 1975 r. prof. Matsumoto zaprosił mnie do Kyoto na 3 miesiące. Byłem pierwszym zaproszonym przez tzw. Fundację Kyoto, którą utworzono z okazji 75-lecia tego słynnego Uniwersytetu dla zapraszania naukowców z zagranicy. To były moje pierwsze kontakty z Japonią, które potem się bardzo rozwinęły. No i stąd powstał drugi wątek moich prac poświęconych przestrzeniom Finslera. Powiązałem potem przestrzenie Finslera z fizyką statystyczną i okazało się, że znowu to tworzy pewną nową klasę tych przestrzeni, które należą do tzw. przestrzeni Kropiny. Kropina to pewien rosyjski matematyk, który niezależnie sam coś podobnego, nieco ogólniejszego znalazł. Ja to nazwałem przestrzeniami parabolicznymi. Chodzi o to, że jest to przestrzeń, w której wymiarami są parametry termodynamiczne, jak np. temperatura, ciśnienie, objętość itd., a ja wprowadziłem jeszcze dodatkowy wymiar zwyrodniały, osobliwy, który odpowiada czasowi. Jest to według mnie czas termodynamiczny, nieodwracalny, podczas gdy czas mechaniczny jest odwracalny w tym sensie, że tzw. stożek świetlny w teorii względności jest symetryczny w stosunku do przeszłości i przyszłości. A tutaj, zamiast stożka świetlnego jest paraboloida, która idzie tylko w kierunku dodatnim czasu. Tym się zajmowałem w Toruniu już w latach osiemdziesiątych.

**JS** – Ale wcześniej, jeszcze we Wrocławiu, był ten okres, kiedy Pan stał się prekursorem termodynamiki informacyjnej.

**RSI** – Tak. Już we wczesnych latach 50-tych zacząłem coś słyszeć we Wrocławiu o teorii informacji.

**JS** – A kiedy Pan przeczytał prace Shannona?

**RSI** – Dopiero pod koniec lat 50-tych. Główna praca Shannona była z roku 1948. Słyszając o teorii informacji i zajmując się teorią przyrządów optycznych, gdzie chodzi przecież o przekazywanie informacji, już wiedziałem, że to jest jakiś los dla mnie, jakieś przekleństwo może, które mnie będzie prześladować i prędzej czy później będę musiał się tym zająć. No i w pewnej chwili się zająłem. Zacząłem się zastanawiać, co to jest właściwie informacja, jak to najlepiej zdefiniować. Informację definiuje się zwykle przy pomocy wzoru Boltzmana na entropię, że to jest minus średnia logarytmów prawdopodobieństw. Nie wiadomo jednak dobrze, dlaczego to tak ma być, zacząłem się więc zastanawiać, czy nie można tego jakoś inaczej sformułować. Wówczas przyszło mi do głowy, żeby to zdefiniować aksjomatycznie przez pewne własności, bez użycia jednak pojęcia prawdopodobieństwa,

ale tak żeby prawdopodobieństwo i wzór Boltzmann'a jakoś z tego wyniknęło, nie żeby było założone. Zacząłem już nawet to referować. Wtedy we Wrocławiu spotkałem późniejszego profesora Kazimierza Urbanika, który był wówczas bardzo młodym matematykiem, ale już bardzo wybijającym się, po prostu gwiazdą matematyki wrocławskiej. Tutaj była taka śmieszna sytuacja. Ja wyjechałem do Budapesztu, gdzie chciałem m.in. spotkać się z prof. Alfredem Rényi, który odkrył nowy rodzaj entropii. Rozmawiałem z nim i dyskutując o tym pomysłе powiedziałem mu, że chcę zdefiniować entropię bez prawdopodobieństwa. On powiedział, że jego zdaniem nie jest to możliwe. Nie jest możliwe, żeby istniała informacja bez prawdopodobieństwa. Byłem tym trochę speszony, przyjechałem do Wrocławia z powrotem i tam okazało się, że Urbanik ma już gotową teorię, w pewnym sensie alternatywną do mojej, ale bardzo podobną. Wspólnie ukończyliśmy tę pracę. Oczywiście on jest zawodowym matematykiem i łatwiej mu było to porządnie udowodnić, moje dowody były dosyć niezdarne. Zrobiliśmy wówczas wspólną pracę zatytułowaną „Information without probability”, która została najpierw opublikowana w *Biuletynie Polskiej Akademii Nauk* bez dowodów, a potem już z dowodami w *Colloquium Mathematicum*, czasopiśmie założonym już we Wrocławiu przez Marczewskiego, bardzo dobrym. W pewnym sensie jest ona dowodem na to, że można zdefiniować informację bez prawdopodobieństwa. Ale prawdopodobieństwo wynika z niej, wynika w ten sposób, że udowodniliśmy wzór Boltzmann'a jako twierdzenie. Informacja jest więc tu równocześnie z prawdopodobieństwem. W ten sposób miał rację do pewnego stopnia i Rényi, równocześnie i my mieliśmy rację. Praca ta wywołała później duże zainteresowanie, była cytowana w wielu miejscach. Została również przedstawiona w znanej monografii wybitnego znawcy teorii informacji, Silviu Guiaşu, wydanej w Nowym Jorku w 1977 r.

**AK** – Potem to już były takie prace, które szły w kierunku termodynamiki kwantowej.

**RSI** – Tak, ta praca z Urbanikiem to znowu taka „śmieszna rzecz”, bo ja już zrobiłem w zasadzie tę pracę i dyskutowaliśmy z Urbanikiem. Urbanik jeszcze poobliczał różne przykłady i wówczas ja mu powiedziałem o zasadzie maksimum entropii, z warunkiem średniej energii dla uzyskania temperatury. Wszystko to obliczyliśmy. Wówczas ja przypadkowo znalazłem pracę Jaynesa, w której to jest również pokazane, ale on ogranicza się do klasycznej termodynamiki. Ja to później spróbowałem rozszerzyć i wprowadziłem pojęcie tzw. temperatur wyższych rzędów i do dzisiaj nad tym pracujemy. Kolega Kossakowski bardzo mi tutaj pomógł.

**JS** – Pan napisał na ten temat kilka artykułów do *Fortschritte der Physik*.

**RSI** – Tak, opublikowano dwa dość obszerne artykuły. Pierwszy, to był ten o informacji bez prawdopodobieństwa, drugi był na temat termodynamiki informacyjnej, trzeci miał być zastosowany do światła i do teorii laserów, ale przyznam się, że do dzisiaj jeszcze tego tematu nie zrealizowałem w pełni. Opublikowałem wtedy kilka prac na temat teorii laserów, wyszły te wszystkie efekty laserowe, ale jakoś ludzie się tym mniej interesowali. Prace te zostały opublikowane, ale chyba większość nie bardzo wie, o co dokładnie chodzi. Teraz piszemy wspólnie z prof. Kossakowskim i dwoma Japończykami większą monografię, w której wszystko to ma być szczegółowo przedstawione.

**JS** – W tym miejscu chciałbym jednak wtrącić, że te poglądy na temat zastosowania teorii informacji w teorii laserów nie były szeroko akceptowane. Wiem jednak, że ukazała się niedawno książka jednego ze znanych fizyków, Hakena, który dyskutuje wyniki kilkunastu Pana prac dotyczących tych spraw.

**RSI** – I mało tego, Haken zgodził się współpracować z naszym czasopismem, które myśmy niedawno powołali tu w Toruniu pod tytułem *Open Systems and Information Dynamics*. Ja napisałem taki rodzaj manifestu, który on do pewnego stopnia zaakceptował i teraz przysłał nam pracę zgodną z nim tak, że połączyliśmy tę naszą filozofię z tą jego synergetyczną. Filozofia synergetyczna polega na podkreślanii roli kolektywnego oddziaływania, kolektywnych stopni swobody. Mnie się zdaje, że to jest rzecz bardzo ważna, ale nie jedyna, bo przecież jest jeszcze termodynamika nawet bez oddziaływania, w granicy gazów idealnych.

**JS** – To o czym w tej chwili mówimy to już tematyka Pana prac wykonywanych w Toruniu. Chciałbym jednak zapytać Pana Profesora o to jakie były motywy, które skłoniły Pana do przejścia z Wrocławia do Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu.

**RSI** – O tym zadecydowały różne względy. Pierwszym względem była rzecz czysto zewnętrzna. Chodzi o to, że Wrocław ma fatalny klimat, klimat bardzo wilgotny. Zdawało mi się, że zarówno ja, jak i mój syn dostajemy reumatyzmu. Mieszkaliśmy w dosyć wilgotnej dzielnicy na ulicy Kochanowskiego w pobliżu Odry. Zacząłem się więc rozglądać za przeniesieniem do innego miasta. Profesor Jabłoński właśnie mnie zaprosił, bo tutaj również była trudność z profesorami fizyki teoretycznej. Profesor Jabłoński sam już niedługo odchodził na emeryturę. Rayski przeszedł do Krakowa, a Rzewuski do Wrocławia. Z chęcią przyjąłem to zaproszenie, tym bardziej, że pamiętałem Toruń z dzieciństwa i wydał mi się idealnym miastem, najpiękniejszym miastem w Polsce. Muszę tu powiedzieć, że obecny tutaj prof. Kossakowski wydawał mi się nadzwyczajnym współpracownikiem, to jeden z nielicznych, który naprawdę rozumiał o co mi chodzi, tak mi się wydaje.

**JS** – Pan Profesor przybył do Torunia w 1967 r.

**RSI** – Faktycznie przyjechałem dopiero w 1967, bo byłem jeszcze za granicą, ale już od 1.4.1966 byłem mianowany profesorem zwyczajnym tego uniwersytetu (we Wrocławiu byłem profesorem zwyczajnym od 1964 r.).

**JS** – Utworzono wówczas Katedrę Termodynamiki i Teorii Promieniowania.

**RSI** – Tak, ta nazwa to był pomysł prof. Jabłońskiego.

**JS** – Więc były dwie katedry teoretyczne?

**RSI** – Tak. Ponieważ ja mówiłem o termodynamice, prof. Jabłoński powiedział, że przecież Planck napisał książkę o termodynamice i teorii promieniowania i że to dobrze odpowiadałoby naszym zainteresowaniom optycznym. Ogłosiłem właśnie wówczas pracę o koherencji światła metodą teorii informacji. Myślałem, że będę się zajmował głównie termodynamiką światła, jednak najpierw trzeba było się zająć termodynamiką w ogóle. Bardzo cieszyłem się, że kolega Kossakowski bardzo mi w tym pomógł. Pierwsi pracownicy tej Katedry to Andrzej Kossakowski i pan mgr Czajkowski, obecnie profesor ATR w Bydgoszczy. Później przyszedł z Warszawy (po magisterium u prof. Plebańskiego) Andrzej Jamiołkowski (obecny rektor) i bardzo ożywił naszą katedrę. Trochę też współpracowałem z prof. Dembińskim, którego już wcześniej poznałem we Wrocławiu, gdy przebywał u Rzewuskiego na stażu i zajmował się teorią pola, a później metodami teorii pola w ciele stałym i teorią magnetyzmu.

Zostałem mianowany w kwietniu w 1966 r., ale miałem już wtedy zaproszenie do Stuttgartu, do prof. Hakena na 9 miesięcy; jeszcze później zaproszono mnie do Paryża i do Brukseli, tak że trwało to cały rok.

**JS** – Ale wcześniej był Pan w Instytucie Optyki w Rochesterze.

**RSI** – To było w ten sposób, że po 12 miesiącach pobytu w Instytucie Cooranta zostałem zaproszony przez prof. Emila Wolfa na dwa miesiące do Rochesteru, właśnie ze względu na tę pracę o teorii dyfrakcji Rubinowicza i pewne inne prace. Niedawno, w 1990 r. znowu odwiedziłem profesorów Wolfa i Mandela. Oni tam dalej pięknie pracują, ale z mego punktu widzenia ich prace mają trochę odcień konserwatywny. Wolf napisał praktycznie na nowo nowe wydanie *Optyki* Maxa Borna, gdzie skoncentrował się głównie na zagadnieniach dyfrakcji i znacznie to rozwinął. Bardzo to ładnie jest zrobione, ale zagadnienia kwantowe są tam na drugim planie. Przez pewien czas Wolf próbował obalić teorię Glaubera, twierdząc, że w optyce wystarczy ujęcie klasyczne, co oczywiście nie jest słuszne. Mam wrażenie, że on później się o tym sam przekonał, ale ma jeszcze takie nawroty do fizyki klasycznej.

**AK** – Zdaje się, że tak, jak Glauber kwantowo, tak Wolf to samo chciałby wyprowadzić klasycznie.

**RSI** – Ale to mu się chyba nie udało, to jest niemożliwe.

**AK** – Część wyników udało się.

**RSI** – Część tak, ale tylko te wyniki, które mają aspekt falowy, aspekt korpuskularny nie może być stąd wydobyty. Podobnie było z Jaynesem. Jaynes trzyma się także kurczowo aspektów klasycznych. On jest już teraz na emeryturze i należy do znanych, ale jakby trochę kontrowersyjnych fizyków. To on m.in. krytykował mechanikę kwantową, proponując jakieś klasyczne podejścia. Ciekaw jestem jak to dalej pójdzie, w każdym razie ja w tej chwili nie odczuwam już wrogości wobec moich temperatur wyższych rzędów, szczególnie od czasu gdy Haken i Prigogine się na nie zgodzili. Coraz częściej słyszę, że to jest możliwe, ale obliczenia są trudne. Dopiero niedawno z Japończykiem Nakagomi, który był u nas rok, opublikowaliśmy pracę „Uogólnienie stanów Gibbsa”, w której również zostały obliczone dwa konkretne modele z oddziaływaniami. To są dosyć proste modele, jeden liniowy i jeden trójwymiarowy. Ważne jest to, że wzory są w zasadzie podobne jak dla gazu idealnego. Znalazłem interpretację tych wyższych temperatur w tym sensie, że w wypadku dużych układów jednorodnych i niesterowanych (jak w laserach) one nie występują. To znaczy jest udowodnione, że tam wówczas dominuje tylko jedna temperatura, natomiast dla małych układów prawa wielkich liczb pozwalają jednak na wyższe temperatury. Podałem, w jakiej dziedzinie. Jest to dziedzina mezoskopowa sięgająca tysięcy a nawet miliona cząstek, to jest bardzo mało w stosunku do liczby Avogadra. Jest to więc dziedzina, którą nazywam, zresztą nie tylko ja, termodynamiką mezoskopową. Tu jest właśnie pewna nadzieja, także w układach złożonych hierarchicznych, jak biologiczne, takich, że liczba elementów na każdym poziomie jest mniejsza nie tylko od liczby Avogadra, lecz także od tej nowej liczby mezoskopowej, która jest rzędu znacznie mniejszego, 4-5-go dziesiątego, zależnie od dokładności pomiarów.

**JS** – Rozumiem teraz, dlaczego ostatnio Pan się interesuje fullerenami.

**RSI** – Tak, dlatego też, bo tam jest 60 atomów w molekule. Sądzę, że to powinny być efekty mierzalne.

**JS** – Panie Profesorze, wróćmy jednak jeszcze do przeszłości. Tak więc po powrocie ze Stuttgartu w 1967 r. Pan już na stałe zamieszkał w Toruniu. Potem zaś w 1968 prof. Jabłoński przeszedł na emeryturę, a w 1969 nastąpiła zmiana struktury instytucji. Powstał Instytut Fizyki UMK i Pan był jego pierwszym dyrektorem.

**RSI** – Tak, i to był rzeczywiście ciężki okres dla mnie. Okazało się przede wszystkim, że jest to kolosalny instytut, miał od razu 10 zakładów. Moja filozofia kierowania tym instytutem była taka, żeby postawić na młodych ludzi, żeby stworzyć nie tylko 1 czy 2 katedry, jedna doświadczalna, jedna teoretyczna, tak

jak bywało na uniwersytetach przed wojną, tylko żeby otworzyć więcej zakładów, które pozwolą na rozwój. W Toruniu znalazłem się w wielkim i prężnym środowisku naukowym stworzonym tu po wojnie przez profesorów Aleksandra Jabłońskiego, Jerzego Rayskiego i Jana Rzewuskiego. Toruń był znanym w świecie, dzięki Jabłońskiemu, centrum luminescencji i optyki atomowo-molekularnej. Ja się interesowałem wszelkimi działami optyki i to był jeden z motywów mojego przejścia z Wrocławia do Torunia. Zostałem dyrektorem Instytutu Fizyki UMK w 1969 r. i byłem nim aż do 1978 r. Z dawnej Katedry Fizyki Doświadczalnej prof. Jabłońskiego utworzyliśmy 5 zakładów doświadczalnych, w których kontynuowano tradycyjne badania szkoły Jabłońskiego w luminescencji cieczy i gazów oraz spektroskopii atomowo-molekularnej, a także prowadzono badania w dziedzinach optyki kwantowej, fizyki laserowej i fizyki fazy skondensowanej. Oprócz tego dawna Katedra Elektroniki i Fizyki Ciała Stałego prof. Kazimierza Antonowicza przekształciła się w Zakład Radiospektroskopii i Fizyki Węgla. Był to szósty zakład. Zakładów teoretycznych było cztery, wśród nich Zakład Fizyki Statystycznej czyli moja dawna Katedra Termodynamiki i Teorii Promieniowania. Bardzo mi zależało na rozwoju badań doświadczalnych, szczególnie w zakresie fizyki laserowej. Rozwinął to prof. Bączyński w silnym powiązaniu z badaniami luminescencji, osiągnął ważne wyniki w dziedzinie laserów barwnikowych. Ja się stale interesowałem optyką laserową z racji mych zainteresowań optyką w ogóle.

**JS** – Pan Profesor zaczynał od optyki geometrycznej i potem wielokrotnie do niej nawiązywał. A czy obecnie jeszcze się Pan interesuje tą dziedziną?

**RSI** – Ostatnio byłem w Edmonton, w Kanadzie, gdzie brałem udział w opracowaniu książki na temat geometrii Finslera. Ja pisałem część dotyczącą zastosowań do fizyki, prof. Antonelli część dotyczącą zastosowań do biologii, a prof. Matsumoto część matematyczną. Ta książka jest już napisana.<sup>3</sup> Chciałem tam również napisać coś o zastosowaniu teorii Finslera do optyki i sięgnąłem po książkę Luneburga. Według mnie Luneburg był jednym z najgenialniejszych optyków geometrycznych w czasach nowożytnych. Był on emigrantem z Niemiec, wykładał na Uniwersytecie Browna, a później pracował w Instytucie Couranta. Luneburg stworzył teorię widzenia jako pewną geometrię Riemanna, a ja to teraz uogólniłem na geometrię Finslera. Książka Luneburga dotyczy zarówno optyki geometrycznej jak i falowej, ma wspaniałe rozwiązania dotyczące odwzorowań optycznych. Z ideami tymi zetknąłem się już wtedy gdy byłem w Instytucie Couranta, tam była wielka grupa optyki geometrycznej. Ale wówczas moje zainteresowania poszły w innym kierunku. Już wtedy wygłosiłem w Nowym Jorku

---

<sup>3</sup> P.L. Antonelli, R.S. Ingarden, M. Matsumoto, *The theory of sprays and Finsler spaces with applications in physics and biology* (Kluwer Academic Publ., Dordrecht 1993).



Symposium z okazji 80-lecia urodzin prof. W. Rubinowicza w Toruniu (1969). Od lewej: 1. rząd: R.S. Ingarden, pani Rubinowiczowa, W. Rubinowicz, A. Kujawski; 2. rząd: S. Łęgowski, W. Zacharewicz; 3. rząd: S. Dembiński, S. Pruski, K. Antonowicz, W. Hanusowa; 4. rząd: L. Wolniewicz; 5. rząd na końcu: A. Kossakowski

referaty na temat teorii informacji, na temat aksjomatycznej definicji informacji. To były te prace z Urbanikiem. Wszystkie dotychczasowe definicje informacji były przerabiane z definicji entropii Boltzmannna, natomiast nasza definicja jest istotnie nowa. Z Kossakowskim uogólniliśmy ją na przypadek kwantowy.

**JS** – Ważne miejsce w Pańskiej działalności zajmowała historia fizyki. Jak do tego doszło?

**RSI** – Otóż, to ojciec mnie do tego prawie że zmusił. Ojciec był redaktorem naczelnym *Kwartalnika Filozoficznego* w Krakowie. Chcieli tam wydać zeszyt na cześć 300-lecia śmierci Kartezjusza i ojciec powiedział, że taki zeszyt byłby niekompletny gdyby nie było artykułu o Kartezjuszu jako fizyku i matematyku. Ja napisałem taki artykuł, ok. 80 stron druku i tak się to zaczęło. Następnie zainteresowałem się tymi wątkami historycznymi, które wiązały się z moją pracą naukową, więc historią optyki, termodynamiki. Poza tym uważałem, że mam wobec moich mistrzów dług wdzięczności, że więc powinienem coś o nich napisać. Napisałem



głównie o młodym Rubinowiczu, choć nie potrafiłem napisać o współczesnym. To były trzy duże artykuły w *Postęпах Fizyki*, które wywołały zainteresowanie, bo później wciąż upominano mnie, żebym pisał dalsze.

**SK** – Ale obok tych bezpośrednich publikacji, Pan Profesor zainicjował kilka sesji poświęconych historii fizyki, do których Pan wciągnął historyków. Została przeprowadzona akcja nagrywania podobnych wywiadów, jak dzisiaj nagrywamy. Chociażby w tym pokoju sam nagrywałem obszerny wywiad z prof. Jabłońskim. Zrobiono w sumie kilkanaście wywiadów, z których większość jest przepisana i w różnych miejscach przechowywana. Dziś wielu z tych profesorów nie żyje.

**RSI** – Tak jest, ta akcja w tym sensie się udała, że zaczęła się rozwijać w Polsce. Niektóre wywiady wykorzystane zostały w *Postęпах Fizyki*. Potem zainicjowałem pracę nad manuskrypcem łacińskim Witelona o optyce z XIII w.

**SK** – Już wyszedł niedawno, ładnie wydany tom.

**RSI** – Tak, wydano niedawno tom złożony z kilku ksiąg (II, III) tego dzieła, które do dzisiaj nie było w pełni opracowane. W przygotowaniu do druku jest księga IV.

**SK** – To jest w pewnym sensie klasyczny przykład współpracy interdyscyplinarnej, bo tu brał udział i prof. Andrzej Bielski – fizyk i lekarz-okulista dr Lech Bieganowski i filozof klasyczny – profesor Witold Wróblewski, a patronował, oprócz Pana Profesora, prof. Paweł Czartoryski z Instytutu Historii Nauki i Techniki PAN.

**RSI** – W ramach Komisji Historii Fizyki przy Zarządzie Głównym PTF zorganizowaliśmy kilka małych konferencji. W Bibliotece UMK zorganizowaliśmy, dzięki pomocy i inicjatywie kustosa Mincera, gabinet historii fizyki, który dzisiaj nosi nazwę gabinetu historii nauki. Wydaliśmy też jeden tom z serii „Polish Men of Science” poświęcony Marianowi Smoluchowskiemu. Niestety, nie udało się więcej.

**SK** – Jest jeszcze jeden nurt Pańskiej działalności: Pańska fascynacja kulturą, historią i językiem japońskim. Jakie były źródła tych Pańskich zainteresowań?

**RSI** – Zaczęło się to w 1975 r., kiedy zostałem zaproszony, jak już mówiłem, przez prof. Matsumoto, specjalistę od geometrii Finslera. W ten sposób pierwszy raz zetknąłem się wtedy z Japonią. Ku memu wielkiemu zdziwieniu, po przyjeździe do Japonii miałem pewne trudności w rozmowie z prof. Matsumoto. Okazało się, że on nie ma po prostu wprawy w rozmowie po angielsku. Ku mojemu drugiemu zdziwieniu, zauważyłem w jego szafie książki pisane po rumuńsku, francusku, włosku. Zapytałem go „Pan zna tyle języków?” – „Nie, ale mogę czytać we wszystkich tych językach”. Dla niego różnica między rumuńskim a francuskim a nawet angielskim jest bardzo mała.

**SK** – Coś w tym jest, póki się siedzi w Europie to się wydaje, że to są bardzo odległe języki. Jednak jak się patrzy z perspektywy Dalekiego Wschodu, to okazuje się, że bardzo dużo słów jest podobnych, wręcz takich samych, podobne struktury gramatyczne.

**RSI** – Zacząłem się zastanawiać wobec tego, czy nie zacząć się uczyć japońskiego, może też byłoby podobnie. Niestety, rozczarowałem się. Język ten jest zupełnie inny niż nasz, ale właśnie dlatego szalenie mnie on zainteresował.

**SK** – Ile razy Pan Profesor był w Japonii?

**RSI** – Byłem 5 razy, to było w sumie ok. trzech lat, ale mimo to nie było łatwo się nauczyć języka. Rozmawiałem po japońsku ze studentami, z profesorami nie, bo oni za każdym razem chcieli się pochwalić, że umieją po angielsku, co nie zawsze było prawdą.

**JS** – Spośród wielu Pańskich inicjatyw jedną z najważniejszych było założenie czasopisma *Reports on Mathematical Physics (ROMP)*. Może w paru słowach zechciałby Pan opowiedzieć o tej sprawie.

**RSI** – Z tym też były duże trudności. Skąd w ogóle przyszedł ten pomysł? Profesor Rzewuski, na przykład, powiedział mi, że ostatnią rzeczą jaką zrobiłby w życiu, to założył nowe czasopismo. Ja jako taki amatorski historyk, przeprowadziłem sobie jednak takie wniosowanie. Wiedziałem mianowicie, że polska matematyka powstała nie tylko dzięki Sierpińskiemu i Banachowi i kawiarni Szkockiej, ale przede wszystkim dzięki czasopismom międzynarodowym: pierwszemu międzynarodowemu czasopismu w Polsce, *Fundamenta Mathematicae* założonemu przez Janiszewskiego i potem *Studia Mathematica* założonemu przez Steinhaus. Chodzi o to, że czasopismo łączy się z pewną szkołą, stwarza szansę uformowania się, wyjścia na świat. Uważałem, że fizyka polska, przynajmniej ta teoretyczna, jest jeszcze trochę za mało znana, nie ma jeszcze takich środowisk. A chodziło przede wszystkim o nowy kierunek, mianowicie o fizykę matematyczną. Naszą inicjatywę poparł Rubinowicz, który – jako uczeń Sommerfelda, matematyka z wykształcenia – był pionierem fizyki matematycznej w Polsce. Również Weysenhoff nas poparł, a także prof. Gołąb, matematyk z Krakowa. Po wielu staraniach i wizytach na najwyższych szczeblach – u ówczesnego ministra, a potem przewodniczącego Rady Państwa Henryka Jabłońskiego, udało się uzyskać zgodę tak, że w 1970 r. wyszedł pierwszy zeszyt *ROMP*. Uzyskanie tej zgody wcale nie było łatwe. Bo to była herezja tworzyć nowe czasopismo, po co, skoro przecież są już czasopisma, jest *Acta Physica Polonica*, są czasopisma matematyczne. Były więc takie różne argumenty kontra, że to w ogóle nie jest potrzebne, a poza tym, po co zajmować się taką administracją, przecież to była bardzo ciężka praca. Szczególnie właśnie ucierpieli moi współpracownicy, kolega Jamiołkow-

ski, który prowadził korektę, potem kolega Mrugała, który prowadził większość pracy wydawniczo-administracyjnej jako sekretarz naukowy. Wydawanie czasopiśma przejęło PWN, stale jednak mieliśmy różne trudności. *ROMP* jednak nadal wychodzi, dotąd wyszły 32 tomy.



V Sympozjum Fizyki Matematycznej *ROMP* w Toruniu (1972). Od lewej: A.J. Coleman, S. Pruski, J. Fiutak, ?, A. Uhlmann, R. Mrugała, S. Dembiński, W. Weidlich, ?, L. Wolniewicz, ?, Hoffmann, A. Kossakowski, S.L. Woronowicz, J. Łopuszański, J. Klaunder, Niederle, G. Lassner, A. Jadczyk, J. Plebański, J. Berezanski, A. Wulenkin, ?, F. Schlogl, R.S. Ingarden

**JS** – Musimy już niestety kończyć naszą rozmowę. Na koniec jeszcze jedno pytanie. Załóżmy, że mógłby Pan jeszcze raz zacząć życie od nowa. Jaką drogę wybrałby Pan Profesor tym razem?

**RSI** – Trudno to sobie wyobrazić, bo czas historyczny, niestety, się nie powtarza. Wszystko się zmienia, cały czas zaczyna się inna epoka. Nie wiem jak bym się zachował w innej epoce, w przyszłości z XXI w. Myślę jednak, że droga moja byłaby podobna. Chodzi o to, że ja byłem fizykiem, ale o zainteresowaniach trochę filozoficznych i historycznych; później nawet okazało się, że językowych, ale

to raczej jako narzędzie. Jednak i to mnie wciągnęło. Język to przecież narzędzie informacji. W ten sposób te zainteresowania się powiązały. Wśród kolegów często ujawniają się pewne różnice usposobień, tak że może mnie trochę nie rozumieją. Są fizycy, którzy lubią matematykę i lubią filozofię. Są to tacy, którzy to łączą, ale są tacy, którzy tego nie znoszą i nie rozumieją mnie. Mimo wszystko istnieją ludzie, jak np. obecny tu kolega Kossakowski i kolega Jamiołkowski, którzy jak gdyby potrafili mnie zrozumieć w 100%. My współpracowaliśmy i współpracujemy nadal bardzo dobrze, ale to są może jednak wyjątki. Zdaję sobie sprawę z tego, że jestem może trochę takim dziwakiem wśród fizyków. Byłem entuzjastą interdyscyplinarności, ale nie przez lekceważenie pracy i fachowości. To jest najtrudniejsza rzecz – jak powiązać dwie dyscypliny zachowując fachowość, nie stając się dyletantem.

**SK** – Tak, to jest zawsze niebezpieczeństwo, jak się jest na granicy kilku dziedzin nauki.

**RSI** – Właśnie, i na tym polegają też czasami takie konflikty osobowe. Ludzie uważają, iż ktoś, kto ma takie szerokie zainteresowania jest dyletantem.

**SK** – Myślę, że to istnieje od dawnych czasów. My często patrzymy z lekceważeniem na wyniki naukowe naszych poprzedników, a za kilkadziesiąt lat następne pokolenia już będą nad nami kiwały głowami z politowaniem, co będzie oczywiście przykładem myślenia ahistorycznego.

**RSI** – Coś jeszcze chciałbym powiedzieć. Tu pomogła mi trochę historia. Ona potwierdziła, że może nie jestem w błędzie. Kiedy zacząłem czytać o Kartezjuszu zrozumiałem, że gdyby nie było jego, nie byłoby nawet Newtona, nowoczesnej fizyki i filozofii. Po prostu fizyka jest pewną filozofią przyrody. Niewątpliwie bez tego filozoficznego spojrzenia istotne postępy samej fizyki nie byłyby możliwe, nawet przy odkryciach doświadczalnych, gdy brak koncepcji abstrakcyjnych. Co mnie najbardziej intryguje, to oddziaływanie koncepcji z doświadczeniem. Uważam, że filozofia w zupełnym oderwaniu od doświadczenia nie ma raczej sensu, ale sama fizyka w oderwaniu od refleksji również tego sensu nie ma, ponieważ to do niczego nie prowadzi, jest to z jednej strony czysty empiryzm i z drugiej czysty abstrakcjonizm. To są nonsensy. Współpraca jest bardzo trudna, ale jest koniecznością.

**JS** – Serdecznie dziękuję za rozmowę.

## NOWE URZĄDZENIA I TECHNIKI EKSPERYMENTALNE

**Jan Kownacki\***

*Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów  
Uniwersytet Warszawski  
Warszawa*

### Warszawski cyklotron i Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów

#### Warsaw Cyclotron and Heavy Ion Laboratory

*Abstract:* This article presents the status of the Warsaw Cyclotron as of September 1994. It contains the basic information on the cyclotron itself as well as on Heavy Ion Laboratory and its scientific and application programs.

Doprowadzenie do reakcji między jądrami atomowymi wymaga pokonania siły odpychania pomiędzy ich ładunkami elektrycznymi. W skali rozmiarów jąder siła ta – odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości między ładunkami – jest na tyle duża, że pokonanie jej wymaga nadaniu jądru-pociskowi prędkości mierzonej w tysiącach kilometrów na sekundę. Akceleratory ciężkich jonów, do których należy warszawski cyklotron, umożliwiają rozpędzenie naładowanych przez obdarcie kilku elektronów atomów, czyli jonów, do takich właśnie prędkości. W ogólności idea akceleratora opiera się na znanym fakcie, że ładunek elektryczny – a tak można traktować wytworzony jon – może być przyspieszony w zewnętrznym polu elektrycznym, uzyskując energię proporcjonalną do różnicy potencjału

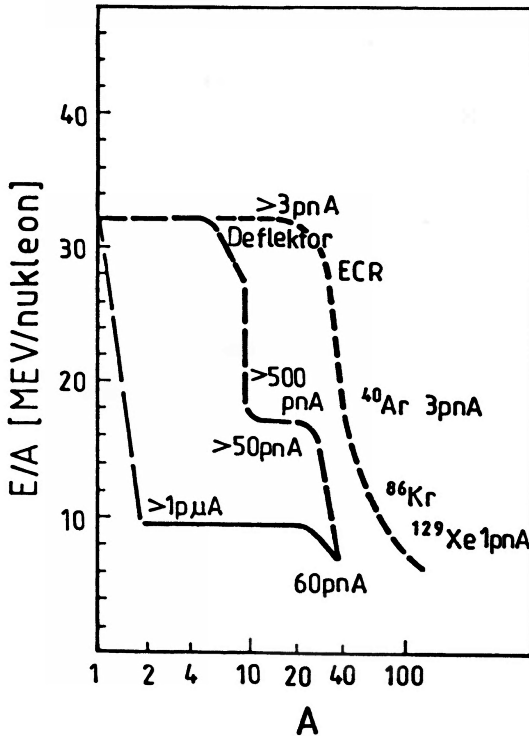
---

\*Profesor Jan Kownacki jest dyrektorem Środowiskowego Laboratorium Ciężkich Jonów (przyp. Red.).

(napięcia). Niezbędna różnica potencjału jest rzędu kilkudziesięciu milionów woltów, więc techniczna realizacja tej idei nie jest łatwa. W cyklotronie rozpędzane jony poruszają się po orbitach zbliżonych do kołowych pod wpływem prostopadłego do płaszczyzny ruchu pola magnetycznego i wielokrotnie przechodzą przez szczeliny przyspieszające, do których przyłożone jest napięcie kilkudziesięciu kilowoltów. Napięcie to jest zmienne w czasie, a jego częstość dobrana jest tak, by w każdej szczelinie jon „widział” przyspieszające pole elektryczne. Wykorzystuje się tu znaną własność ruchu cząstek w jednorodnym polu magnetycznym, zgodnie z którą prędkość kątowna jonu nie zależy od jego energii – wraz ze wzrostem prędkości liniowej rośnie promień orbity, natomiast czas potrzebny na wykonanie pełnego obrotu pozostaje stały. Dzięki temu źródło zmiennego napięcia o stałej częstości jednocześnie rozpędza jony na wszystkich orbitach. Ta prosta koncepcja przestaje jednak funkcjonować przy dużych prędkościach przyspieszanych jonów. Zgodnie z przewidywaniami teorii względności, wraz z energią rośnie nie tylko prędkość jonu, ale i jego masa. Wzrost masy powoduje zmniejszenie się prędkości kątownej jonu i utratę synchronizacji z przyspieszającym zmiennym napięciem. Kompensacja tego efektu może być uzyskana przez ukształtowanie pola magnetycznego tak, by rosło ono z promieniem. Niestety, taka konfiguracja powoduje, że wiązka – grupa przyspieszonych jonów – staje się rozbieżna, podobnie jak wiązka światła bez elementów ogniskujących. Utrzymanie stabilnej wiązki jest możliwe jeśli, zachowując średnie pole magnetyczne na danym promieniu, będziemy periodycznie zmieniać jego natężenie w funkcji kąta. Zmieniając rozmiary szczeliny pomiędzy biegunami magnesu można spowodować zmianę natężenia pola. W praktyce realizuje się to przez wprowadzenie żelaznych sekcji zwanych sektorami, symetrycznie względem płaszczyzny ruchu jonów. Sektory te tworzą „wzgórza magnetyczne” w obszarze nabiegunników, podczas gdy przestrzenie między sektorami stanowią „doliny magnetyczne”. Jon, poruszający się więc po orbicie o zadanym promieniu, napotyka w obszarze wzgórz odcinki o indukcji magnetycznej znacznie większej od indukcji panującej w obszarze dolin. Dzięki tym sektorom uzyskuje się taki kształt pola magnetycznego, który pozwala zarówno na izochronizm (stałość czasu obiegu jonów w cyklotronie), jak i na stabilność optyczną wiązki. Wzrostowi pola w kierunku radialnym musi towarzyszyć periodyczna zmiana w kierunku azymutalnym.

Warszawski cyklotron U-200P jest izochronicznym, czterosektorowym akceleratorem o średnicy 2 m, przeznaczonym w swej „podstawowej” wersji do przyspieszania ciężkich jonów o liczbie masowej  $A \leq 40$  do energii przewyższających barierę kulombowską dla najcięższej możliwej tarczy, tj. jąder uranu. Energia ta dla jonów o masach do  $A \approx 20$  wynosić będzie ok. 10 MeV na nukleon (tzn. np. dla jonów  $^{12}\text{C}$  maksymalnie ok. 120 MeV). Energię tę w funkcji masy ciężkiego

jonu w tej wersji „podstawowej” pokazuje dolna krzywa na rys. 1. Prąd wiązki wyrażony w pnA (particle-nA) to natężenie prądu poruszających się jonów (w nA) podzielone przez stopień ich jonizacji (dla wiązki jednakowo zjonizowanych jonów).

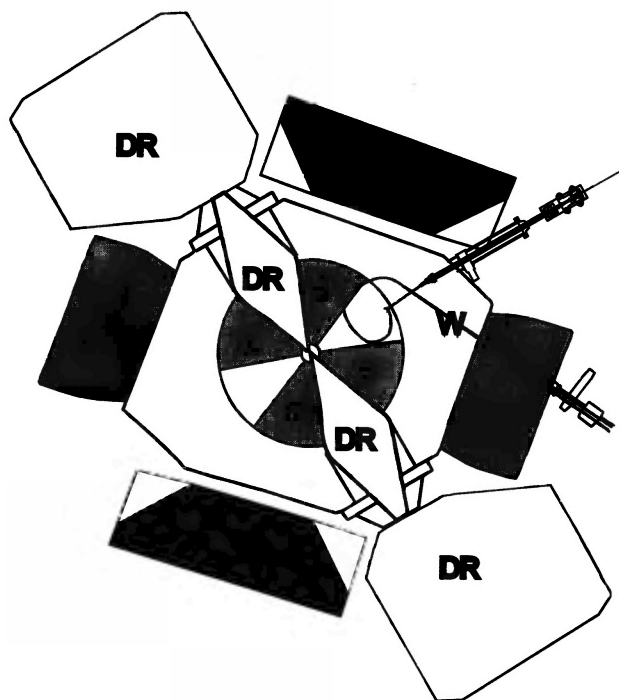


Rys. 1. Energia jonów na nukleon (MeV/nukleon) w funkcji masy przyspieszonego jonu w cyklotronie U-200P. Krzywa dolna przedstawia wartości tej energii dla „wersji podstawowej” cyklotronu i wyprowadzania jonów metodą zderzenia (*strippingu*). Krzywa środkowa obliczona jest dla wyprowadzenia jonów metodą deflektora. Krzywa górna obrazuje energię jonów, jaka będzie uzyskana przy zastosowaniu źródła jonów typu ECR [1]

Wersja „podstawowa” cyklotronu warszawskiego stanowi zmodyfikowaną wersję akceleratora pracującego od wielu lat w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych (ZIBJ) w Dubnej. Przy projektowaniu tej wersji decydującą rolę odegrali fizycy i inżynierowie z ośrodka warszawskiego, którzy w Dubnej spędzili wiele lat. Z tamtego ośrodka i ze współpracujących z nim fabryk i przedsiębiorstw pochodzą główne części cyklotronu: elektromagnes akceleratora o ciężarze 240 ton, dwa mniejsze magnesy pomocnicze, komora próżniowa i dwa generatory wysokiej częstotliwości. Wszystkie te części zakupione zostały w latach 1975–81 w ZSRR,

sprowadzone do Polski i częściowo zmontowane w pomieszczeniu tymczasowym.

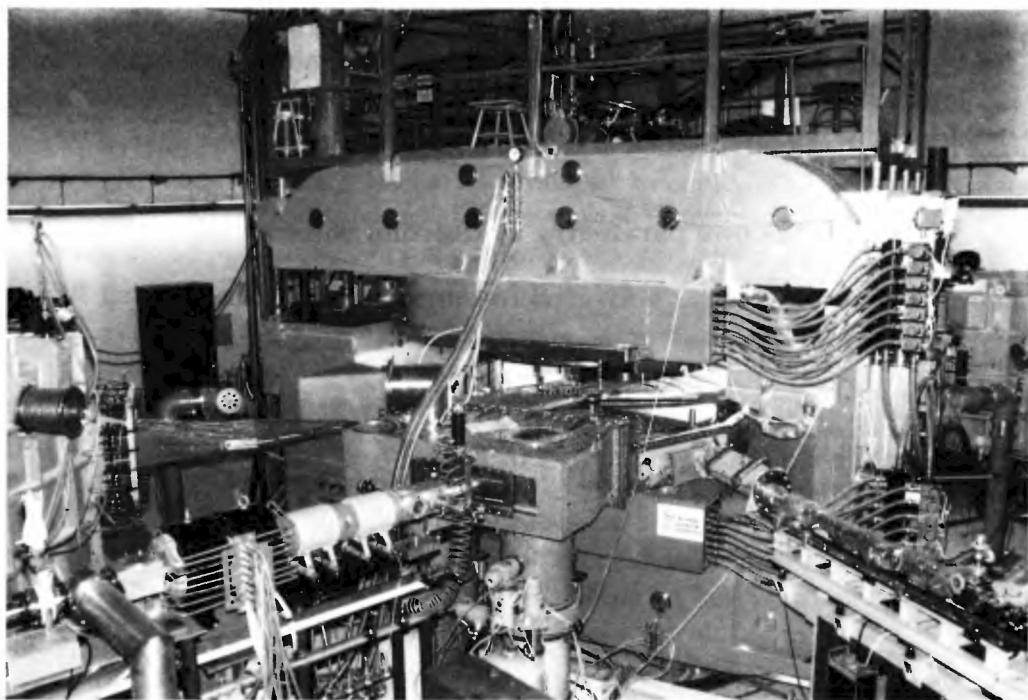
Równocześnie z przygotowaniem elektromagnesu w ZSRR, w Polsce w Instytucie Badań Jądrowych (IBJ) w Świerku, a później w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów (ŚLCJ) rozpoczęto prace projektowe pozostałych części urządzenia (takich jak rezonatory, struktury wewnętrzne, zasilacze, diagnostyka wiązki, trakty jonowe, sterowanie cyklotronu itd.). Części te sukcesywnie były i są wykonywane zarówno w warsztatach w Świerku, jak i w samym ŚLCJ oraz w wielu zakładach w Polsce. Po ich zamontowaniu warszawski cyklotron przedstawia się tak, jak pokazuje to rys. 2 i 3.



Rys. 2. Schemat blokowy warszawskiego cyklotronu: pole magnetyczne formowane jest przez sektory (S), natomiast zmienne wysokie napięcie wprowadzane jest przy pomocy elektrod zwanych duantami, połączonych z rezonatorami (układ elektryczny oznaczono literami DR). Literami PP oznaczone są pompy próżniowe. Linia (W) to schematyczne przedstawienie wiązki wyprowadzonej przez obdarcie jonów z kolejnych elektronów, na cienkiej folii węglowej

Cyklotron warszawski różni się od cyklotronu pracującego w Dubnej m.in. dodatkową możliwością wyprowadzenia wiązki z cyklotronu. W cyklotronie dubieńskim wyprowadzenie jonów odbywa się jedynie za pomocą metody zdercia stosowanej również w cyklotronie warszawskim. Zdercie jest dość prostą metodą





Rys. 3. Warszawski cyklotron

ekstrakcji wiązki polegającą na umieszczeniu cienkiej metalowej albo węglowej folii wewnątrz cyklotronu w miejscu odpowiadającym wybranej orbicie. Przejście wiązki jonów przez taką folię powoduje obdarcie jonów z kolejnych elektronów, co doprowadza do zmiany stosunku ładunku do masy i w efekcie do modyfikacji promienia krzywizny orbity, po której porusza się jon. Jony zataczają wówczas orbity o mniejszym promieniu i są wyprowadzone na zewnątrz. Cyklotron warszawski będzie też wyposażony w deflektor elektrostatyczny, umożliwiający wyprowadzanie jonów o wyższej jonizacji. Przyspieszanie jonów o wyższej jonizacji umożliwia uzyskanie wyższych energii przy tym samym promieniu ekstrakcji. Zysk w energii jonów uzyskany dzięki zastosowaniu deflektora pokazuje krzywa środkowa na rys. 1.

W ciągu ostatnich kilku lat nastąpił na świecie olbrzymi postęp w budowie nowego typu źródeł jonów dla cyklotronów, tzw. źródeł typu ECR (Elektron Cyclotron Resonance). Źródła te pozwalają na uzyskanie jonów o znacznie większym ładunku, tzn. o większej liczbie zdartych z nich elektronów niż tzw. źródła PIG (Penning Ion Gauge) [2], stosowane w wersji „podstawowej” naszego cyklotronu. Dzięki stosowaniu źródeł typu ECR (muszą to być źródła zewnętrzne), można w

istniejących cyklotronach znacznie podwyższyć energię przyspieszanych jonów, a ponadto uzyskać znacznie lepsze, stabilniejsze warunki pracy całej maszyny. Źródło typu ECR budowane jest w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów [3]. Jego zastosowanie do cyklotronu warszawskiego pozwoli na uzyskanie energii ciężkich jonów pokazanych górną krzywą na rys. 1.

### Podstawowe parametry cyklotronu warszawskiego

Typ cyklotronu:	izochroniczny, czterosektorowy
Ciężar elektromagnesu:	240 ton
Średnica nabiegunników:	200 cm
Promień ekstrakcji:	85 cm
Maksymalna średnia indukcja magnetyczna na orbicie ekstrakcji:	2.16 T
Pole przyspieszające:	
amplituda	75 kV
częstość	10–22 MHz
Źródło jonów:	typu PIG (w pierwszej fazie) typu ECR (docelowe)
Przyspieszane cząstki:	ciężkie jony od helu do ksenonu (docelowo)
Maksymalna energia jonów:	do 30 MeV/nukleon (ze źródłem ECR)

### Budynek cyklotronu

Budynek umieszczony jest pomiędzy ulicami: Banacha, Pasteura i Winnicką, w pobliżu innych instytutów badawczych Uniwersytetu Warszawskiego i Polskiej Akademii Nauk (Biologia, Geologia, Chemia) oraz w pobliżu szpitali. W trzypiętrowym budynku o całkowitej powierzchni użytkowej ok. 10 000 m<sup>2</sup> znajdują się m.in. hala cyklotronu (300 m<sup>2</sup>) i hala eksperymentów (900 m<sup>2</sup>). Obydwie hale wyposażone są w kilkunastotonowe dźwigi. Około 3000 m<sup>2</sup> zajmują części technologiczne cyklotronu i budynku, ok. 1800 m<sup>2</sup> mają zajmować (jeszcze nie oddane do użytku ze względów finansowych) pomieszczenia pomocnicze, takie jak: biblioteka, sala seminaryjna, pokoje gościnne. Pozostała część powierzchni to m.in. pokoje laboratoryjne i pokoje do cichej pracy.

### Laboratorium

Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów zostało powołane do życia zarządzeniem nr 29 MNSzWiT z dnia 29.08.1979 r. Sprecyzowano wówczas zada-

nia Laboratorium, z których najważniejsze to nadzór nad pracami montażowymi cyklotronu, przygotowywanie kadry do obsługi i eksploatacji cyklotronu, współudział w opracowywaniu programu wykorzystania cyklotronu oraz w badaniach naukowych.

W wyniku pewnych „przeciwności losu”, jak np. lata stanu wojennego i kilka lat następnych związanych z bardzo skąpym dopływem pieniędzy, inwestycja „Cyklotron Warszawski” postępowała bardzo powoli. Dopiero początek lat 90-tych doprowadził do przełomu, który zaowocował uruchomieniem cyklotronu.

W Laboratorium obok pracowni niezbędnych dla pracy samego cyklotronu, tj. pracowni elektrycznej, grupy źródeł jonów, warsztatów, pracowni eksploatacji cyklotronu i pracowni ECR, powstaje kilka pracowni (grup) specjalistycznych, niezbędnych do prawidłowego wykorzystania budowanego akceleratora, takich jak: pracownia cienkich folii, pracownia pomiarów o bardzo niskim tle, pracownia elektroniki nanosekundowej, pracownia radiochemiczna, pracownia separatora izotopów, pracownia detektorów promieniowania i inne. Podobnie jak dzieje się to w większości laboratoriów akceleratorowych na świecie, zarówno budowany cyklotron, jak i powstające dookoła niego pracownie znaleźć mogą zastosowanie w wielu dziedzinach badań spoza fizyki jądrowej.

Normalne funkcjonowanie cyklotronu umożliwi wykonywanie w kraju takich badań jakie dotychczas prowadzone być mogły przez naukowców polskich jedynie w ośrodkach zagranicznych. Będą to m.in. badania: oddziaływań ciężkich jonów z jądrami; jąder dalekich od ścieżki stabilności; struktury jądrowej metodami wzbudzeń kulombowskich i spektroskopii na wiązce; defektów wytworzonych w ciałach stałych pod wpływem ciężkich jonów; oddziaływań jądro – powłoka elektronowa i wielu innych [4]. Ponadto cyklotron będzie mógł być zastosowany do produkcji izotopów radioaktywnych, do badań biologicznych, medycyny i terapii oraz do produkcji tzw. filtrów jądrowych, ważnych w wielu zastosowaniach.

Cyklotron warszawski i Laboratorium Ciężkich Jonów będą również wykorzystywane w dydaktyce: w ramach prowadzonych prac badawczych uzyskiwane będą dyplomy magisterskie, doktoraty i habilitacje, oraz będą prowadzone praktyki studenckie i pracownie specjalistyczne.

## Pierwsze eksperymenty

W listopadzie 1993 r. uzyskano w cyklotronie pierwszą wewnętrzną wiązkę jonów  $^{20}\text{Ne}^{++}$  o energii 1.5 MeV/nukleon, tj. poniżej bariery kulombowskiej, aby uniknąć ewentualnych zanieczyszczeń produktami reakcji jądrowych. Następnie przyspieszono jony  $^{14}\text{N}^+$  przy częstotliwości generatora równej 12.78 MHz. Wiązka

jonów była prześlędzona aż do promienia  $r = 87$  cm, odpowiadającego maksymalnej orbicie ekstrakcyjnej.

Następnym krokiem było przeprowadzenie eksperymentów testowych (rozproszenie Rutherforda) z wiązką jonów  $^{14}\text{N}^{++}$  wyprowadzoną na zewnątrz cyklotronu (marzec 1994) do komory tarczowej. Przeprowadzono serię doświadczeń z tarczami (Au, Ag, Ta) o różnych grubościach. Rejestrację w funkcji kąta względem kierunku wiązki padającej prowadzono za pomocą detektorów krzemowych z barierą powierzchniową.

Niskoenergetyczna wiązka  $^{14}\text{N}^{++}$  pozwoliła również na przeprowadzenie eksperymentów prowadzących do wzbudzeń kulombowskich. Wykonano też pomiary mające na celu wyznaczanie przekrojów czynnych na jonizację (użytkownicy z Instytutu Problemów Jądrowych).

Kolejnym eksperymentem planowanym w najbliższym czasie są pomiary gigantycznego rezonansu dipolowego przygotowywane przez fizyków z Krakowa i Warszawy.

Podsumowując stwierdzamy, że realizowana inwestycja pozwoli na stworzenie w Warszawie ośrodka badawczego, niezbędnego do istnienia w Polsce całej gałęzi wiedzy – doświadczalnej fizyki jądrowej i stowarzyszonych z nią badań interdyscyplinarnych.

Kończąc ten krótki opis warszawskiego cyklotronu, pragnę szczególnie silnie podkreślić, że powstanie jego i całej związanej z nim inwestycji było możliwe tylko dzięki wielkiemu wysiłkowi i zaangażowaniu wielu ludzi. W szczególności, do uruchomienia cyklotronu w listopadzie 1993 r. doprowadził cały zespół Laboratorium pod kierunkiem ówczesnego jego dyrektora prof. Jerzego Jastrzębskiego. Obecnie zespół ten prowadzi intensywne prace zmierzające do poprawienia parametrów akceleratora i zapewnienia stabilnej jego pracy.

W trakcie przygotowywania niniejszego opracowania wiele korzystałem z uwag i sugestii prof. Jerzego Jastrzębskiego, dra Lucjana Zemły oraz dra hab. Tomasza Czosnyki, którym składam za to serdeczne podziękowanie.

## Literatura

- [1] T. Czosnyka, *Warsaw Cyclotron, Status Report* (1992).
- [2] K. Wójcik, *Stanowisko do badań źródeł jonów (U-200P)*, Raport wewnętrzny (1975).
- [3] K. Sudlitz, 10th Intern. Workshop on ECR Ion Sources, Knoxville, Tennessee, USA, Nov. 1990.
- [4] T. Czosnyka, *Nuclear Physics News Europe* 4, 6 (1994).

## ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

### XVI Międzynarodowa Konferencja Fizyki i Astrofizyki Neutrin

Między 29 maja a 3 czerwca 1994 r. odbyła się w Eilacie (Izrael) nad Morzem Czerwonym XVI Międzynarodowa Konferencja Fizyki i Astrofizyki Neutrin: Neutrino '94. Zgodnie z długoletnią tradycją, co dwa lata spotykają się badacze zaangażowani w fizykę neutrin. Tym razem konferencja zgromadziła ok. 400 fizyków z 21 krajów. Wśród wielu nazwisk będących żywą historią cząstek elementarnych, i oczywiście neutrina, nie zabrakło laureatów Nagrody Nobla: Sheldona L. Glashowa (1979) i Leona Ledermana (1988). Konferencja była niewątpliwie jednym z najwyższej rangi spotkań tego kręgu tematycznego w 1994 r. Organizatorzy postarali się zresztą o podkreślenie takiej wagi udziałem w otwarciu prezydenta Izraela Ezera Weizmana. Trzeba również podkreślić doskonałą organizację konferencji przez zespół fizyków z Izraelskiego Instytutu Technologicznego (Technion, Hajfa) kierowany przez Arnona Dara. Jedynym uczestnikiem z Polski był piszący te słowa. Udało mu się także odkryć Wojciecha Gajewskiego z Uniwersytetu Kalifornijskiego w Irvine oraz Tomasza Romanowskiego z Departamentu Energii w Waszyngtonie.

Konferencja w zasadniczym nurcie była poświęcona różnorodnym aspektom fizyki neutrina. Mimo że tematyka została potraktowana bardzo szeroko, organizatorzy zdecydowali poprowadzić obrady systemem „liniowym”, nie było więc równoległych sesji stawiających zawsze uczestników przed bolesnymi wyborami. Jedno z popołudni poświęcono sesji plakatowej, co umożliwiło przedstawienie wyników „narybkowi”, ale również przedstawienie rezultatów nieszablonowych, zaskakujących pomysłowością lub pochodzących z eksperymentów we wstępnej fazie realizacji. Było to swoiste działanie propagandowe obliczone na pozyskanie możliwych lub sławnych sponsorów. Przykładem propozycja młodzieży z MIT, która sugeruje użycie strumienia neutrin reaktorowych do poszukiwania złóż kopalin i ropy naftowej. Jeżeli do tego dołożyć sesję otwierającą, poświęconą pamięci zmarłego między spotkaniami Brunona Pontecorvo, sesje omawiające rezultaty poszukiwania nowych cząstek (w tym raport o odkryciu kwarka  $t$ ), zagadnienia ciemnej materii, struktury wielkoskalowej Wszechświata oraz astronomii gamma, a także niezwykle bogaty program towarzyszący, nie powinno dziwić, że obrady trwały od godzin rannych do wieczora. Obok interesującej tematyki, tłumnemu uczestnictwu w obradach do samego końca konferencji sprzyjało znakomite przygotowanie klimatyzowanego Centrum Kongresowego w Hotelu Króla Salomona i tropikalne upały.

Jak już podkreśliłem, tematyka dotyczyła przede wszystkim fizyki neutrina. Kolejne sesje poświęcono historii eksperymentów neutrinowych (L. Lederman, Yuval Ne'eman), własnościom neutrin (H. Harari, E.W. Otten, Michael K. Moe, Michael Turner), neutrinom słonecznym (K. Lande, Yochiro Suzuki, Vladimir Gavrin, T. Kirsten, E. Belloti, John N. Bahcall), eksperymentom neutrinowym przy użyciu akceleratorów (Peter Vogel,

Bernhard Zeitnitz), oscylacjom neutrin (K. Winter, William Louis, H. Wenninger), neutrinom atmosferycznym (Dennis Sciama, Koichiro Nishikawa, Barry Barish), roli neutrin w astrofizyce i ewolucji Wszechświata (David Schramm, H.-T. Janka, Veniamin Berezhinsky) oraz obserwacjom astronomicznym przy użyciu neutrin (John Learned).

Ze szczegółowych kwestii z wielkim zainteresowaniem przyjęto wystąpienia Paula Langackera (Penn University) i Grahama Rossa (Oxford) omawiające status Modelu Standardowego oraz przesłanki fizyki spoza tego modelu. Referenci podkreślali z jednej strony znakomite ugruntowanie modelu i wciąż rosnącą precyzję jego weryfikacji doświadczalnych, a z drugiej – słabości: 3 różne stałe sprzężenia, dużą liczbę pozostałych parametrów swobodnych, brak uzasadnienia dla kwantowania ładunku elektrycznego, niezadowolenie z mechanizmu (Higgsa) spontanicznego łamania symetrii i brak doświadczalnego potwierdzenia istnienia higgsonów, problemy z wyjaśnieniem źródeł łamania parzystości CP. Te „skazy” na wizerunku modelu są jednocześnie motorem poszukiwań nowych teorii. Badania takie niosą nie tylko ciekawe idee (modele z przywróconą symetrią lewy–prawy, supersymetryczne, kompozytowe, struny), ale w rękach pomysłowych eksperymentatorów stają się one remedium na mnogość propozycji dzięki dedukowanym ograniczeniom, np. masa higgsonu powinna być większa od 64 GeV, masa leptokwarłów jest szacowana na 200 GeV, leptogluonów – na 0.1–0.5 TeV, zaś pomiary szerokości połówkowej rozpadu bozonu pośredniczącego Z określają liczbę rodzin na  $3.04 \pm 0.16$ .

Kluczowym zagadnieniem fizyki wykraczającej poza Model Standardowy jest oczywiście kwestia natury neutrina i to stanowiło przedmiot gorących dyskusji w trakcie referatów oraz ekscytujących polemik kularowych. Ze względu na łamanie parzystości w oddziaływaniach słabych, klasyczne eksperymenty R. Davisa z połowy lat pięćdziesiątych nie mogą być traktowane jako definitywne rozstrzygnięcie czy neutрино jest fermionem Diraca czy Majorany. W Modelu Standardowym zakłada się, że jest ono cząstką tego pierwszego rodzaju, bezmasową i w odróżnieniu od elektronu nie występującą w stanie singletowym  $\nu_R$ . Gdyby było inaczej, może pojawić się bardzo ciekawa nowa fizyka: oscylacje prowadzące do „zamiany” neutrina jednego rodzaju (np. elektronowego) w neutrina innych rodzajów (np. mionowe lub taonowe), podwójny rozpad beta bez emisji neutrin (a więc łamiący prawo zachowania ładunku leptonowego), podwójny rozpad beta z emisją pojedynczego lub podwójnego bozonu Goldstone’a (majoronu). We wszystkich tych przypadkach neutрино musi mieć masę.

Spekulacje na temat natury neutrin są wciąż podsycane. Zagadką pozostaje bowiem niezgodność między obserwowanym strumieniem neutrin słonecznych a modelem Słońca i przebiegających w nim reakcji jądrowych. Są trudności z wyjaśnieniem anomalii natężenia strumienia neutrin powstających w trakcie rozpadu tworzonych w atmosferze pod wpływem promieniowania kosmicznego mionów. Coraz dokładniejsze metody detekcji pozwalają żywić nadzieję na odkrycie bezneutrinowego rozpadu beta. Odkrycie tego procesu oraz oscylacji neutrin byłoby bezpośrednim, najprostszy i najtańszym sygnałem fizyki spoza Modelu Standardowego. Postępy w technice detekcji neutrin zachęciły kilka grup, m.in. z Fermilab-u, moskiewskiego Instytutu Kurczatowa i CERN-u do planowania laboratoryjnych pomiarów stawiających sobie za cel weryfikację hipotezy o oscylacjach neutrin. Ponieważ prawdopodobieństwo zajścia transformacji jednego gatunku neutrina w inny zależy od różnicy kwadratów masy cząstek (a ta jest raczej mała) oraz od odległości źródła neutrin (np. reaktora) do detektora, planuje się eksperymenty o olbrzymiej

bazie, np. Fermilab (USA) i Gran Sasso (Włochy) lub Krasnojarsk (Rosja), w którym odtajniono eksperymentalny wojskowy reaktor, i CERN (Szwajcaria) lub Fermilab. W tych przypadkach baza wynosiłaby kilka tysięcy kilometrów!

Od czasu odkrycia w pomiarze laboratoryjnym podwójnego rozpadu beta z emisją neutrin (1987) wciąż trwają poszukiwania podobnego, ale wychodzącego poza Model Standardowy procesu bez emisji neutrin. W trakcie konferencji mówił o tym odkrywca rozpadu  $2\nu 2\beta$ , M. Moe. Obecnie największe szanse na definitywne przesądzenie, czy taki rozpad występuje, mają grupy dysponujące dobrymi urządzeniami rejestrującymi, np. komorami z projekcją czasową (ang. *time projection chamber*) lub detektorami kalorymetrycznymi, np. kriogenicznymi detektorami bolometrycznymi. Te ostatnie wyróżnia doskonała rozdzielczość i możliwość stosowania źródeł o dużej masie substancji rozpadającej się (np. ok. 1 t neodymu  $^{150}\text{Nd}$ ). Porównanie doświadczalnych oszacowań czasu życia ze względu na taki rozpad z rachunkami teoretycznymi pozwala określić ograniczenia nakładane na niektóre obserwabły: masę lekkiego i ciężkiego neutrina, masy pośredniczących bozonów  $W_{R}^{\pm}$ , masy higgsonów, na wielkość domieszek słabych prawoskrętnych prądów naładowanych. Wyniki przedstawione przez niżej podpisanego określały, że np. masa lekkiego neutrina elektronowego nie powinna przekraczać 0.3 eV.

Konferencję podsumowali Shmuel Nussimov (Uniwersytet w Tel Awiwie), Gyorgy Marx (Uniwersytet Loranda Eötvösa w Budapeszcie) oraz Sheldon L. Glashow (Uniwersytet Harvarda, Cambridge). Ponieważ każde dotychczasowe NEUTRINO przynosiło ważne odkrycia i ciekawe idee (w trakcie obecnej konferencji „objawił się” kwark t), życzone sobie równie ekscytujących rezultatów na kolejnej siedemnastej konferencji, która odbędzie się w 1996 r. w Helsinkach.

NEUTRINO '94 miało bardzo bogaty program towarzyszący: spotkanie towarzyskie, wieczór muzyki żydowskiej w nadbrzeżnym kanionie, safari jeepami po Synaju, pływanie jachtem po zatoce Akaba połączone z nurkowaniem w sławnej rafie koralowej, bankiet wydany przez mera Eilat u oraz tradycyjna kolacja szabasowa w piątkowy wieczór kończąca konferencję. Ponadto uczestnikom zafundowano dwie jednodniowe wycieczki. W drodze z Tel Awiwu do Eilat u zwiedzano kibuc Ben Guriona, Beer Szewę, krater powstały przed ok. 200 mln lat po upadku bolidu na Pustyni Negew i ruiny siedliska pradawnych Nabatejczyków. Droga powrotna do Jerozolimy przerwana została na kąpiel w Morzu Martwym, odwiedziny Masady i Qumran. Dodam, że w Jerozolimie na czas zwiedzania znalazłem prawdziwie polskie przytulisko w Nowym Domu Polskim prowadzonym przez dzielne i gościnne siostry elżbietanki.

Materiały Konferencji, pod redakcją A. Dara, G. Eilama i M. Gronaua, ukazały się w *Nucl. Phys. B* (Proc. Suppl.) **38** (1995).

Wiesław A. Kamiński

Instytut Fizyki UMCS  
Lublin

## RECENZJE

Andrzej Drzewiński i Jacek Wojtkiewicz: **Opowieści z historii fizyki**

Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995, s. 238

Wydawnictwo Naukowe PWN przygotowało swoim czytelnikom miłą świąteczną<sup>1</sup> niespodziankę, mianowicie *Opowieści z historii fizyki* pióra dwóch fizyków Andrzeja Drzewińskiego i Jacka Wojtkiewicza. Uprawiają oni zupełnie odmienne działy fizyki; Andrzej Drzewiński zajmuje się fizyką ciała stałego, a Jacek Wojtkiewicz teorią względności. Wynik współpracy dał zapewne dzięki temu harmonijną całość, gdzie komponenty doświadczalna i teoretyczna rozwoju fizyki zostały należycie wyważone. Andrzej Drzewiński pasjonuje się pozazawodowo fantastyką i jest autorem kilkudziesięciu opowiadań oraz współautorem dwóch powieści. Rzemiosło popularyzatorskie szlifował w *Młodym Techniku*. To widać! Książka jest napisana fachowo, łatwo i przyjemnie się czyta. Język jest współczesny, potoczny, sugerujący młody wiek Autorów, ale nigdy nie jest prymitywnie gazetowy pod publiczkę. Sądząc z podtytułu Autorzy świadomie starają się kontynuować piękną tradycję mistrza Arkadiusza Piekary. Podtytuł książki brzmi bowiem: „Opowieści ciekawe a prawdziwe z historii fizyki zaczerpnięte ku pouczeniu i przestrodze przytoczone”.

Autorzy mają nadzieję, że książka „będzie interesująca zarówno dla kilkunastolatka, jak i dla dorosłego czytelnika, który może usłyszy tym razem o rzeczach mu znanych w nowy sposób.” Tak więc w zamierzeniu Autorów jest to książka dla wszystkich. Z pewnością jest to doskonała lektura dla żon, mężów i latorośli czytelników *Postępów Fizyki*, czyli fizyków. Samemu nie zawsze ma się czas, by opowiadać o fizyce. Jest to doskonała książka dla licealistów, zarówno, a może przede wszystkim dla tych znudzonych szkolną fizyką, jak i dla tych zainteresowanych. Rozkoszna książka zarówno dla wszystkichwiedzących przedstawicieli nauk technicznych, jak i dla zakompleksiałyh humanistów. A już na pewno jest to bezcenna pozycja dla nauczycieli fizyki.

Andrzej Kajetan Wróblewski napisał (cytat z okładki książki) „[Książka] nie jest systematycznym wykładem historii fizyki, lecz zbiorem opowieści o różnych epizodach w poznawaniu natury.” Otóż książka wprawdzie nie jest ani systematycznym wykładem historii fizyki, ani krótkim kursem fizyki, lecz jest zdecydowanie czymś więcej niż zbiorem opowieści o różnych epizodach w poznawaniu natury. Autorzy książki w przedmowie obiecują czytelnikowi opowiedzieć o tym jak „działa” przyroda, jak można za pomocą niewielu praw opisać harmonię i różnorodność otaczającego nas świata – więc o tym, czym zajmuje się fizyka – bez całej matematycznej maszynerii. Autorzy chcą to pokazać poprzez przedstawienie rozwoju fizyki, wraz z meandrami tego rozwoju. Historię fizyki przedstawiają nie jako rozwój pewnych pojęć, lecz jako pewne wydarzenia, które odbywały się w określonym historycznie czasie i których aktorami byli ludzie z krwi i kości, na ogół

<sup>1</sup> Książka ukazała się w połowie grudnia 1994 r. (przyp. Red.).



zresztą oryginały. Jak już powiedziano, książka nie jest zbiorem opowieści, lecz ma swoją wyraźną dramaturgię, która doprowadza czytelnika prawie do czasów współczesnych. By ujrzeć koncepcję Autorów przyjrzyjmy się tytułom rozdziałów: „Filozofia przyrody, czyli jak człowiek począł kochać wiedzę dla niej samej”, „O gwiazdach, turbinkach i okrzyku »Heureka«, czyli jak od wielkich systemów zwrócono się ku szczegółom”, „O tym, że oprócz wlotów zdarzają się i upadki, czyli lata mniej owocne”, „O tym jak mnisi rozmyślali o magnezie, impetusie i tęczy, czyli odkrycia średniowiecza”, „Kwestionowanie autorytetów, czyli przygotowanie gruntu pod przełom”, „Jak jedno jabłko zadecydowało o kierunku rozwoju fizyki, czyli dlaczego uważamy, że Newton otworzył nową epokę”, „O tym, jak Leverrier zobaczył planetę na końcu swego pióra, czyli o astronomii”, „O tym jak ciepłik i flogiston na banicję skazano, czyli jak ciepło okazało się szczególną odmianą ruchu”, „O tym, jak widzialne skomplikowane zastąpiono niewidzialnym prostym, czyli co przyniosła fizyce hipoteza atomistyczna”, „O tym, jak Franklin nabił piorun w butelkę, czyli o elektryczności i o tym, jak ją z magnetyzmem nierozzerwalnie związane”, „O tym, jak nie umiemy zamknąć wody w dłoni ani w układzie równań, czyli o niespodziankach, które nam płatają gazy i ciecze”, „O narodzinach nowej epoki”, Dodatek: „O tym, że nieskończenie małe nie znaczy zerowe, czyli o różniczkowaniu i całkowaniu”.

Nie można mówić o historii fizyki bez objaśnienia pojęć fizyki, często trudnych i abstrakcyjnych. I tu jest jeden z sukcesów książki. Autorzy bardzo przystępnie, lekko, niejako *en passant* wprowadzają pojęcia uchodzące za trudne. Dynamika Newtona jest bardzo zgrabnie przedstawiona, jedność opisu elektryczności i magnetyzmu również. Wprawdzie Autorzy obiecali czytelnikom poprowadzenie ich przez historię bez „tej całej maszynerii matematycznej” to jednak, ponieważ cała fizyka klasyczna opiera się na równaniach różniczkowych, w ostatnim rozdziale swej książki dali modelowe przedstawienie dla laików pojęcia pochodnej i całki. Bardzo dobry rozdział! Pewien niedosyt czułam przy czytaniu rozdziału IX poświęconego termodynamice. Moim zdaniem Autorom nie udało się równie dobrze, jak w przypadku np. zasad Newtona, wytłumaczyć laikom II zasady termodynamiki, jej równoważnych sformułowań (m.in. sformułowania *perpetuum mobile*). Entropia jest wprowadzona jako słowo, nazwa, i ma słaby związek z resztą rozumowania. Gwoli uczciwości przyznam, że nie widziałam na poziomie elementarnym jasnego przejścia pomiędzy statystycznym sformułowaniem II zasady termodynamiki a fenomenologicznym.

Autorzy uniknęli bardzo częstego błędu opracowań popularnych, tj. takich, w których po elementarnym wstępie dla słabo zaawansowanych czytelników następuje przeskok – i dalszy ciąg w żargonie jest pisany dla kolegów autora.

Niewątpliwie Autorzy mają talent dydaktyczny. Język używany jest językiem potocznym, nie nadmiernie ścisłym. Autorzy szczęśliwie unikają żargonu fizyków. Niektóre potoczne sformułowania są bardzo zgrabne, jak np. na s. 95: „Ciało może poruszać się bez działania żadnej siły – byle mu w tym nie przeszkadzać”, czy dalej na s. 99: „Jak ty komu, tak on tobie”. Są to sformułowania chwytliwe, zapadające w pamięć i oddające sedno zagadnienia. Autorzy wybrali bardzo trafne cytaty. Zebrali doskonałe anegdoty, zarówno ilustrujące postępowanie uczonych i ich środowiska (np. o żonie Joule’a, s. 139) jak i ich sposób myślenia i poczucie humoru (o Gaussie, s. 146). Doskonałe są ilustracje. Dowcipne i pouczające (np. świetna rycina ilustrująca prawo składania ruchów, s. 73).

W książce, zgodnie z założeniem Autorów, jest mało zastosowań technicznych. Te nieliczne są oryginalne (np. skraplacz do odzysku ciepła przy skraplaniu pary wodnej, s.

141). Fizyka ujawniana w niej bliższa jest filozofii niż technice. W tekście jest pełno wstawek natury filozoficznej, metodologicznej, Autorzy przemycają paradygmaty metodologii współczesnej fizyki.

Jeśli coś mam do zarzucenia Autorom, to może pominięcie Leibniza i tak barwnej postaci jak markizy du Châtelet, przyjaciółki Voltaire'a. Może też za słabo rozprawiają się z mechanycyzmem. Wprawdzie pochwaliłam ilustracje, to jednak stwierdzam, że książka zyskałaby bardzo, gdyby miała znacznie większy materiał ilustracyjny, np. fotografie. Wprawdzie dobrze, że książka jest w papierowej okładce i może w miarę tania, to jednak wydanie albumowe mogłoby być przebojem.

Wyobrażam sobie, że każdy nauczyciel nie tylko kupi sobie do swojej prywatnej biblioteki tę książkę, ale poleci ją uczniom. Niektóre fragmenty książki i pomysły dydaktyczne są wprost do wykorzystania na lekcjach. Fizycy sami powinni ją przeczytać z przyjemnością, a potem sprezentować swoim żonom, dzieciom, ciociom i mamom. Będzie im łatwiej wtedy odpowiedzieć na pytanie „A czym ty się właściwie zajmujesz?”. Moja córka, studentka ekonomii, przeczytała ją jednym tchem, i stwierdziła, że nie wiedziała, że fizyka jest taka ciekawa i tak się dramatycznie rozwijała. Byłoby dobrze, gdyby Autorzy napisali następną książkę o nowej epoce.

*Zofia Gołąb-Meyer*

Instytut Fizyki UJ  
Kraków

### **Richard Zallen: Fizyka ciał amorficznych**

z jęz. angielskiego tłumaczyli Marta Kozioł i Zbigniew Kozioł  
Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1994, wyd. I, str. 283

Na niespełna trzystu stronach *Fizyka ciał amorficznych* Richarda Zallena zawiera wprowadzenie do zagadnień otrzymywania, budowy wewnętrznej i własności amorficznych ciał stałych. Wykład przytaczający wiele szczegółowych wyników doświadczalnych skoncentrowany jest wokół kilku podstawowych koncepcji z zakresu fizyki statystycznej i teorii ciała stałego, co nadaje mu dużą przejrzystość i jednocześnie podkreśla głębsze związki omawianych zagadnień z głównymi kierunkami badań fizyki i chemii.

Autor rozpoczyna od wyjaśnienia różnic między przejściem do stanu szklistego a krystalizacją oraz od opisu typowych metod produkcji szkieł i ich najważniejszych zastosowań technologicznych – od szyb okiennych po warstwy światłoczułe ogniw słonecznych. Następnie, w rozdziale drugim, przechodzi do analizy wewnętrznej struktury szkieł i szczegółowo omawia pojęcia przypadkowego ciasnego upakowania i ciągłej sieci przypadkowej. W rozdziale trzecim omawiane są własności ciał o sieciach jedno- i dwuwymiarowych oraz model przypadkowego kłęбка (dla szkieł organicznych) i jego związek z zagadnieniem błędzenia przypadkowego. Omówienie własności elektrycznych i optycznych szkieł (rozd. 6) poprzedzone jest wykładem głównych idei teorii perkolacji (rozd. 4) oraz teorii przejścia od zlokalizowanych do rozciągniętych stanów elektronowych w ciałach amorficznych (rozd. 5).

Całość pomyślana jest jako podręcznik uzupełniający standardowy kurs fizyki ciała stałego, ograniczany zwykle do zagadnień związanych z własnościami kryształów. Zadeklarowanym w przedmowie zamiarem Autora było dostarczenie książki dostępnej dla studentów pierwszego roku. Zamiar ten został w pełni osiągnięty. Zrozumienie wykładu wymaga znajomości matematyki na poziomie szkolnym, a potrzebne informacje z fizyki zawarte są na ogół w objaśnieniach Autora. W związku z tym znaczna część materiału (np. zagadnienia struktury przypadkowego ciasnego upakowania i pojęcie perkolacji) powinna być zrozumiała nawet już dla zainteresowanych fizyką uczniów polskich szkół średnich. Powtórzenie cytowanych obszernie w książce komputerowych symulacji prostych typów struktur ciał amorficznych również nie powinno wykraczać poza umiejętności programowania studentów pierwszego roku i zdolniejszych uczniów, a niektóre doświadczenia cytowane w tekście na pewno warto powtórzyć w pracowni szkolnej, np. badanie progu perkolacji dla przewodnictwa elektrycznego mieszaniny kulek szklanych i metalowych (opis na s. 176). Omawiając każde z wybranych zagadnień, Autor stara się przede wszystkim wyeksponować najważniejsze związane z nim problemy badawcze i sformułować właściwy język opisu teoretycznego. Dzięki temu, nie zmniejszając pogłębłości wykładu, jest w stanie wprowadzać tak zaawansowane pojęcia i zagadnienia jak np. skalowanie i metoda grupy renormalizacji, czy problem lokalizacji Andersona, a także (pomijając „nieistotne” szczegóły techniczne) zreferować najważniejsze wyniki teoretyczne i wskazać główne kierunki dalszych badań. Czytelnik ma przy tym wrażenie współuczestnictwa w pracy naukowej, a w wielu miejscach prowokowany jest nawet do stawiania własnych hipotez i samodzielnego odtworzenia lub uogólnienia omawianych wyników. Tak bezpośredni związek wykładu z logiką rzeczywistego procesu badawczego uważam za ogromną zaletę książki Zallena.

Zbędne utrudnienie stanowić może nie zawsze potrzebne posługiwanie się fachowym żargonem fizyki materii skondensowanej – część pojęć o znaczeniu oczywistym dla Autora i jego „kolegów po fachu” używana jest przed ich zdefiniowaniem w sposób zrozumiały dla niespecjalisty (np. pojęcie nieporządku topologicznego). Nieco denerwujące jest też dosyć częste przerywanie wywodu i odsyłanie do dalszych rozdziałów tekstu po bardziej szczegółową analizę i przykłady wyników doświadczalnych. Cierpliwym czytelnikiem znajdzie jednak prędzej czy później pogłębione objaśnienie wszystkich używanych pojęć i ważniejszych koncepcji teoretycznych.

Mimo wspomnianych wyżej drobnych utrudnień, książka napisana jest bardzo ciekawie i czyta się ją z dużą przyjemnością. Przekład polski jest poprawny, chociaż w kilku miejscach Tłumacze zbyt wiernie naśladowują angielskie konstrukcje stylistyczne. Główną wadą polskiego przekładu jest aż dziesięcioletni okres dzielący jego ukazanie się od wydania angielskiego oryginału (*The Physics of Amorphous Solids*, John Wiley and Sons, Inc., 1983).

Andrzej Majhofer

Instytut Fizyki Doświadczalnej UW  
Warszawa

## K R O N I K A

## PTF

**Wykładowcy Polskiego Towarzystwa Fizycznego  
na lata 1995–96**

Polskie Towarzystwo Fizyczne kierując się chęcią ułatwienia popularyzacji najnowszych osiągnięć wiedzy oraz ułatwienia organizowania spotkań naukowych z wybitnymi przedstawicielami polskiej fizyki, powołało z początkiem bieżącego roku Wykładowców PTF. Wykładowcy mianowani są na dwa lata. W tym okresie mogą być zapraszani w pierwszej kolejności przez Oddziały PTF, ale również przez inne towarzystwa lub organizacje do wygłoszenia wykładu z proponowanej listy tematów.

Bliższe dane o Wykładowcach i sposobie ich zapraszania można uzyskać w Zarządzie Głównym PTF, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa, tel/fax (0-2) 62-12-668, adres el. ptf@fuw.edu.pl lub od wiceprezesa PTF, prof. dra hab. Stanisława K. Hoffmanna, Instytut Fizyki Molekularnej PAN, ul. Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań, tel. (0-61) 612-407, fax (0-61) 684-524, adres el. skh@ifmpan.poznan.pl. Pod powyższe adresy można również kierować zaproszenia dla wykładowców.

Poniżej przedstawiamy sylwetki pięciu Wykładowców PTF powołanych na lata 1995–96, oraz tematy proponowanych wykładów.



**Prof. dr hab. Andrzej Z. Hrynkiewicz**  
Członek rzeczywisty Polskiej Akademii Nauk

*Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego*  
*ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków*  
*tel. 33-63-77, fax 37-54-41*

Profesor A.Z. Hrynkiewicz jest znanym specjalistą z zakresu spektroskopii jądrowej i zastosowań metod jądrowych w fizyce ciała stałego. Jest laureatem Medalu Smoluchowskiego (1989). Kieruje Zakładem Spektroskopii Jądrowej IFJ.

**1. Warunki powstania i rozwoju życia we Wszechświecie** (wykład dla szerokiego kręgu słuchaczy)

Pytanie czy prawa fizyki pozwalają wyjaśnić powstanie Wszechświata nurtuje od dawna filozofów nauki. Zasada antropiczna mogłaby być nadrzędną zasadą wyboru Wszechświata, w którym żyjemy. Wykład omawia kosmologiczne warunki powstania we Wszechświecie układów złożonych oraz warunki fizyczne, których spełnienie w Galaktyce, w układzie planetarnym i na Ziemi umożliwiło powstanie i rozwój życia.

## 2. Ekologiczne aspekty energetyki (wykład dla szerokiego kręgu słuchaczy)

Zapotrzebowanie na energię, a w szczególności na energię elektryczną, rośnie. Energetyka jest główną przyczyną katastrofalnych zmian środowiska naturalnego. W wykładzie porównane są skutki ekologiczne wykorzystywania różnych źródeł energii. Omawiana jest m.in. rola odnawialnych źródeł energii i przedstawione są perspektywy bezpiecznej energetyki jądrowej.

## 3. Bezpieczna energetyka jądrowa (wykład dla szerokiego kręgu słuchaczy)

Kolejne pokolenia reaktorów energetycznych cechują ulepszenia techniczne warunkujące bezpieczeństwo ich pracy. Głównym kierunkiem rozwoju reaktorów najnowszej generacji jest zaprojektowanie reaktora „całkowicie” bezpiecznego, opartego na nowej koncepcji systemów bezpieczeństwa. Wykład omawia różne typy reaktorów energetycznych i przedstawia nowe koncepcje, dzięki którym bezpieczeństwo energetyki jądrowej przestanie być podawane w wątpliwość. Omówione są również problemy związane z bezpiecznym składowaniem paliwa jądrowego.

## 4. Naturalna promieniotwórczość w środowisku (wykład dla szerokiego kręgu przyrodników)

Bardzo różnorodne są źródła promieniowania jonizującego w środowisku naturalnym. Oprócz radioaktywnych nuklidów występujących w skorupie ziemskiej, w atmosferze i w ciele ludzkim, promieniowanie kosmiczne również wnosi udział do napromienienia organizmów żywych. W wykładzie przedstawione są zasady dozymetrii i działanie biologiczne promieniowania jonizującego. Omówiona jest różnorodność źródeł promieniowania i zestawione wielkości otrzymywanych dawek.

## 5. Perspektywy wykorzystania wysokotemperaturowej syntezy termojądrowej (wykład dla pracowników naukowych i studentów z zakresu nauk ścisłych)

Przedstawione są podstawy fizyczne wytwarzania energii w procesie syntezy lekkich jąder atomowych. Dotychczasowe wyniki prac w tej dziedzinie nie rokują szybkiego zaspokojenia głodu energetycznego świata przez wykorzystanie energii termojądrowej. Sensacyjne doniesienia o uzyskiwaniu energii w procesie tzw. „zimnej fuzji” nie zostały potwierdzone. Międzynarodowe projekty urządzeń do opanowania syntezy wysokotemperaturowej wymagają bardzo wielkich nakładów finansowych i wielu lat intensywnych badań.



**Prof. dr hab. Jerzy M. Langer**

*Institut Fizyki Polskiej Akademii Nauk  
al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa  
tel. 43-70-01, fax 43-09-26*

Profesor J.M. Langer zajmuje się fizyką ciała stałego. Jest specjalistą w dziedzinie fizyki półprzewodników. Szeroko znane są jego prace na temat defektów i procesów rekombinacji w półprzewodnikach i kryształach jonowych. Jest laureatem nagrody im. Marii Skłodowskiej-Curie w dziedzinie fizyki.

### **1. Świecące półprzewodniki (wykład dla szerokiego kręgu słuchaczy)**

Tranzystor, obwód scalony, mikroprocesor – te wszystkie cuda współczesnej elektroniki zrobiono z półprzewodników. Najbogatszym nośnikiem informacji jest jednak światło i właśnie dzięki półprzewodnikom już niedługo możemy być świadkami kolejnej wielkiej rewolucji technicznej. Płaskie ekrany telewizyjne, mikrolasery, telekomunikacja światłowodowa i wreszcie komputery optyczne – to wszystko powstaje dzięki niezwykłym własnościom półprzewodników.

### **2. Niezwykła kariera półprzewodników (wykład dla szerokiego kręgu słuchaczy)**

W wykładzie autor postara się przekonać słuchaczy dlaczego właśnie półprzewodniki stały się centralnym elementem rewolucji elektronicznej drugiej połowy XX w. Spróbuje także odpowiedzieć, w którą stronę może ewoluować fizyka i technologia materiałów półprzewodnikowych, a zwłaszcza odpowiedzieć na dwa inne pytania. Jedno, to czy istnieje alternatywa dla krzemu, a drugie to czy układy niskowymiarowe mogą stać się motorem napędowym kolejnej generacji urządzeń elektronicznych i dlaczego.

### **3. Fizyka złącz półprzewodnikowych (wykład dla środowisk naukowych)**

Złącza pomiędzy różnymi półprzewodnikami (heterozłącza) oraz kontakty pomiędzy półprzewodnikami i metalami przyciągają uwagę zarówno fizyków jak i inżynierów od początku rozwoju fizyki ciała stałego. Nadal wiele problemów czeka na rozwiązanie. O tych problemach będzie wykład, a stopień jego zaawansowania zależy od potencjalnego audytorium.

### **4. Defekty w półprzewodnikach (wykład dla środowisk naukowych)**

Odstępstwa od idealnej stechiometrii są tym, co spowodowało, że wśród ogromnej grupy niemetalicznych ciał stałych można wyodrębnić półprzewodniki. Dzięki kontrolowanej obecności defektów (niekoniecznie domieszek) możemy zmieniać własności elektryczne i optyczne ciał stałych. Wykład poświęcony jest współczesnej wiedzy na temat defektów, w szczególności ich struktury elektronowej i związku ze strukturą pasmową ciał stałych.

### **5. Perspektywy współczesnej optoelektroniki (wykład dla środowisk naukowych)**

Współczesna telekomunikacja opiera się głównie na optycznej transmisji sygnałów. Stało się to możliwe zarówno dzięki rozwojowi ultraszybkich diod i laserów półprzewodnikowych jak i zaprzęgnięciu najnowszych zdobyczy fizyki rozchodzenia się światła w światłowodach. Wykład poświęcony będzie dyskusji podstaw fizycznych zjawisk warunkujących dalszy rozwój telekomunikacji optycznej oraz możliwości optycznego zapisu informacji w ciałach stałych.



**Dr hab. Maria Giller**  
**Profesor Uniwersytetu Łódzkiego**

*Uniwersytet Łódzki*  
*Wydział Matematyki, Fizyki i Chemii*  
*Instytut Fizyki*  
*ul. Pomorska 149, 90-236 Łódź*  
*tel. 78-56-22, fax 78-70-87*

Profesor M. Giller jest astrofizykiem, specjalistą w problematyce promieniowania kosmicznego. Zajmowała się promieniowaniem Czerenkowa wytwarzanym w atmosferze przez wielkie pęki promieniowania kosmicznego oraz propagacją promieni kosmicznych w Galaktyce.

**1. Pulsary i jaki mamy z nich pożytek** (wykład dla uczniów, nauczycieli oraz środowiska naukowego)

Pulsary to bardzo szybko wirujące gwiazdy neutronowe – obiekty o masie rzędu masy Słońca ale o bardzo małych rozmiarach ( $R \approx 15$  km). Fizyka tych gwiazd określona jest m.in. przez zjawiska kwantowe. Duża stabilność ich wirowania czyni z nich doskonałe zegary, dzięki którym możliwe było np. odkrycie układu podwójnego z pulsarem, wysyłającego fale grawitacyjne (Nagroda Nobla 1993), oraz odkrycie pulsara posiadającego planety, dokonane przez polskiego astrofizyka A. Wolszczana.

**2. Ciemna materia we Wszechświecie** (wykład dla uczniów, nauczycieli oraz środowiska naukowego)

Pytanie o średnią gęstość materii we Wszechświecie jest zasadnicze dla naszego zrozumienia jego ewolucji. Wiele danych wskazuje na to, że promieniujące gwiazdy, galaktyki i gaz to tylko „czubek góry lodowej”, której resztę stanowi ciemna materia. Co więcej, wydaje się, że większość jej nie może być „zwykłą” materią, z której zbudowane są gwiazdy i ludzie. Nie jest jasne czy występuje ona w postaci słabo oddziałujących, oddzielnych cząstek elementarnych, czy też w postaci makroskopowych zwartych obiektów. Przedstawione zostaną też najnowsze wyniki pomiarów z teleskopu Hubble’a, związanych z tym problemem (m.in. obecnej szybkości rozszerzania się Wszechświata).

**3. O mechanizmach przyspieszania cząstek promieniowania kosmicznego** (wykład dla uczniów, nauczycieli oraz środowiska naukowego)

Z kosmosu dociera do Ziemi strumień cząstek o energiach sięgających aż makroskopowych wielkości (ok. 30 J !). Możliwe miejsca, gdzie cząstki naładowane są przyspieszane, to fale uderzeniowe w ośrodku międzygwiazdowym powstające wskutek wybuchów gwiazd supernowych, pulsary, oraz jądra aktywnych galaktyk. Im wyższe energie, tym trudniej jednak wyjaśnić obserwowane strumienie. Wykład przedstawi sukcesy i trudności prawdopodobnych mechanizmów.



**Dr hab. Wojciech Nawrociak**  
**Profesor Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu**

*Uniwersytet im. Adama Mickiewicza*  
*Instytut Fizyki*  
*ul. Umultowska 85, 61-614 Poznań*  
*tel. 21-76-45, 21-70-11, fax 21-79-91*

Profesor W. Nawrociak jest specjalistą w dziedzinie fizyki ciała stałego i fizyki molekularnej. Zajmuje się badaniami ferroelektryków i ferroelastyków, kryształów plastycznych i ciekłych kryształów. Wiele prac poświęcił badaniu reorientacji molekularnych metodami rozpraszania neutronów i NMR. Jest dziekanem Wydziału Fizyki UAM.

**1. Zastosowanie neutronów w badaniach fazy skondensowanej (wykład dla środowiska naukowego a w uproszczonej wersji także dla nauczycieli i uczniów)**

Przedstawione zostaną podstawowe wiadomości o budowie neutronu, metodach otrzymywania neutronów w reaktorach jądrowych i źródłach spalacyjnych, oraz o sposobach oddziaływania neutronów z atomami. Omówione zostaną podstawowe rodzaje eksperymentów rozpraszania neutronów i sposoby ich realizacji. Podane będą przykłady zastosowania metod rozpraszania neutronów do rozwiązywania aktualnych problemów fizyki fazy skondensowanej, biologii i techniki. Przedstawione także zostaną sylwetki laureatów Nagrody Nobla '94 z fizyki – C. Shulla i B. Brockhouse'a – pionierów badań struktury i dynamiki fazy skondensowanej za pomocą rozpraszania neutronów.

**2. Ultra zimne neutrony (wykład dla środowisk naukowych)**

Ultra zimne neutrony są to neutrony o prędkości mniejszej od 10 m/s. Neutrony te wykazują wiele interesujących własności ujawniających ich naturę falową. Między innymi możliwe jest długotrwałe przechowywanie tych neutronów w metalowych pojemnikach. W wykładzie omówione zostaną sposoby otrzymywania ultra zimnych neutronów i przedstawione zostaną eksperymenty pokazujące ich niezwykle własności.

**3. Fizyka nanoukładów (wykład dla środowiska naukowego a w uproszczonej wersji także dla nauczycieli i uczniów)**

W ostatnich latach obserwuje się w fizyce i technice coraz większe zainteresowanie otrzymywaniem, badaniem własności i zastosowaniem układów o wymiarach nanometrów zawierających skończoną liczbę cząstek. Skończone wymiary układów w istotny sposób wpływają na ich własności. W wykładzie przedstawione będą sposoby otrzymywania i badania własności nanoukładów oraz ich zastosowania w nauce i technice.





**Dr hab. Henryk Z. Wrembel**  
**Profesor Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Słupsku**

*Wyższa Szkoła Pedagogiczna*  
*Instytut Fizyki*  
*ul. Arciszewskiego 22 B, 76-200 Słupsk*  
*tel. 27-221, fax 24-275*

Profesor H.Z. Wrembel jest specjalistą w zakresie spektroskopii atomowej i fizyki środowiska przyrodniczego. Jest kierownikiem Zakładu Spektroskopii Optycznej oraz grupy: Zespół Fizyki Morza. Jest członkiem Komitetu Ochrony Atmosfery przed Zanieczyszczeniem Metalami Ciężkimi przy Europejskiej Komisji Gospodarczej ONZ.

**1. Zagadnienia rtęci w przyrodzie i sposoby jej oznaczania** (wykład dla fizyków, chemików i osób zainteresowanych ochroną środowiska)

Związki rtęci używane są w ponad 80 gałęziach przemysłu do wytwarzania ponad 3 tys. produktów, w tym również przedmiotów codziennego użytku. Jednak zarówno sama rtęć jak i większość jej związków są niezmiernie toksyczne. Oznaczanie rtęci w przyrodzie było do niedawna bardzo utrudnione przez brak odpowiednio czułych metod analitycznych. Dopiero dramatyczne wydarzenia w Minamata (Japonia), gdzie w latach 1953–59 wystąpiła ostra postać epidemii w wyniku zatrucia pokarmowego metylortęcią, uświadomiły konieczność oznaczania bardzo małych stężeń tego pierwiastka. Opracowano szereg metod fizycznych do wykrywania ultraśladowych zawartości rtęci w atmosferze, wodach morskich i składnikach biosfery ziemskiej.

**2. Energia jako czynnik ograniczający rozwój cywilizacji** (wykład dla szerokiego kręgu słuchaczy)

Rozwojowi cywilizacji towarzyszy ciągły wzrost konsumpcji różnych form energii oraz związany z nim wzrost zużycia paliw kopalnych, których zapasy wystarczą na kilka dziesięcioleci. Towarzyszy temu powstawanie znacznych ilości odpadów powodujących gwałtowną eskalację degradacji środowiska przyrodniczego. W tej sytuacji rysują się trzy rozwiązania: wykorzystanie alternatywnych źródeł energii, racjonalne wykorzystanie energii lub ograniczenie wzrostu zużycia energii. Pierwsze dwa rozwiązania poprawiające gospodarowanie dostępnymi zasobami energii nie dają wielkich nadziei na zaspokojenie „głodu” energetycznego i realne staje się zagrożenie zamrożenia rozwoju cywilizacyjnego. Celem wykładu jest przybliżenie słuchaczom problemu racjonalnego gospodarowania energią.

**3. Efekt cieplarniany i jego potencjalne skutki** (wykład dla szerokiego kręgu słuchaczy)

Równowaga wymiany energii między Ziemią i Kosmosem oraz materii i energii między podstawowymi składnikami ekosfery ziemskiej – atmosferą, hydrosferą, litosferą i biosferą – ukształtowała się w długotrwałym procesie ewolucyjnym. Ważnym elementem równowagi wymiany energii jest efekt cieplarniany. Nasilenie się tego zjawiska w ostatnim stuleciu wskutek rewolucji przemysłowej i eksplozji demograficznej prowadzi do groźnych

zaburzeń bilansu energetycznego w atmosferze ziemskiej, a w konsekwencji do ocieplania klimatu. W ostatniej dekadzie opracowano liczne scenariusze zmian w ekosferze ziemskiej powodowanych przez pojawiające się zmiany klimatyczne. Celem wykładu jest przybliżenie słuchaczom potencjalnych skutków przyrodniczych, gospodarczych i społecznych efektu cieplarnianego.

#### 4. Kształcenie fizyków w Polsce i w Niemczech (wykład dla fizyków, studentów fizyki i osób zainteresowanych polityką kształcenia uniwersyteckiego)

W krajach o rozwiniętej gospodarce występuje duże zainteresowanie zatrudnianiem fizyków w różnych dziedzinach współczesnego życia. Na tle tych krajów struktura zatrudnienia fizyków w Polsce ukształtowała się niewłaściwie. Zasadniczą przyczyną tego zjawiska jest znaczny niedobór fizyków w kraju. Niedobór ten pogłębi się i w końcu bieżącego stulecia może ukształtować się na poziomie 20 – 30 tys. osób. W najbliższych latach, wobec nikłej liczby zapisów na fizykę i ograniczenia studiów magisterskich, liczba nowych absolwentów nie przekroczy 500 – 700 osób rocznie, podczas gdy w Niemczech kształtować się będzie na poziomie 4 – 5 tys. rocznie. Do tego aż 30 – 40 % magistrów fizyki uzyskuje w naszym kraju ten tytuł w trybie mało wartościowych studiów zaocznych. Celem wykładu jest porównanie systemu kształcenia fizyków w Polsce i w Niemczech oraz określenie wynikających z tego elementarnych skutków społecznych i gospodarczych.

*Stanisław K. Hoffmann*  
Wiceprezes PTF

#### Oddział Częstochowski

Dnia 9 marca 1995 odbyło się Walne Zebranie Oddziału Częstochowskiego PTF. Rozpoczęło się od miłej uroczystości przyjęcia 7 nowych członków PTF. W ten sposób Oddział Częstochowski liczy obecnie 66 członków.

Następnie podsumowano działalność Oddziału w okresie ostatnich dwóch lat. Odbyło się 11 posiedzeń naukowych, na których wygłaszali referaty członkowie Oddziału i zaproszeni goście: W. Stoeger (USA), S. Novak (Czechy), R. Merwiński i J. Kityk (Ukraina).

Znaczącym wydarzeniem w życiu środowiska fizyków Częstochowy była, zorganizowana przez Instytut Fizyki WSP, IV Międzynarodowa Otwarta Interdyscyplinarna Konferencja Nauczycielska pt.

„Światło w nauczaniu przyrodniczo-technicznym” (17 – 19 września 1994).

W ramach działalności popularyzacyjnej członkowie Oddziału prowadzili zajęcia dla młodzieży szkół średnich i podstawowych. Katedra Fizyki Politechniki Częstochowskiej zorganizowała cykl wykładów i pokazów zjawisk fizycznych (10 spotkań) pod wspólną nazwą „Cyrk Fizyków”. Cykl ten cieszył się ogromną popularnością, gromadząc ponad 300 słuchaczy na każdym spotkaniu.

Kontynuowano współpracę w popularyzacji wiedzy przyrodniczej z Częstochowskim Oddziałem Towarzystwa Miłośników Astronomii oraz z Częstochowskim Towarzystwem Naukowym. Członkowie Oddziału Częstochowskiego PTF wygłaszali również referaty popularyzujące wiedzę fi-

zyczną w ramach Seminarium Interdyscyplinarnego, organizowanego przez Katedrę Fizyki PCz i Katolicki Związek Akademicki „Emaus”.

Kontynuowano także organizowanie dla uczniów woj. częstochowskiego, kieleckiego i opolskiego zawodów I i II stopnia Olimpiady Fizycznej. Walne Zebranie upoważniło Zarząd Oddziału do wystąpienia do Zarządu Głównego PTF o nagrodzenie osób pracujących w Okręgowym Komitecie Olimpiad Fizycznych: Ewy Jakubczyk, Zygmunta Olesika i Henryka Kołodzieja.

W dalszym ciągu prowadzono szeroką współpracę z nauczycielami fizyki, także wspólnie z Wojewódzkim Ośrodkiem Metodycznym (pokazy pomocy dydaktycznych, udział w organizowaniu konferencji naukowo-metodycznych, protektorat nad eksperymentalną klasą uniwersytecką w Liceum im. C.K. Norwida w Częstochowie).

Po zapoznaniu się ze sprawozdaniem z działalności Oddziału oraz Komisji Rewizyjnej, a także po interesującej dyskusji, zebrani jednogłośnie udzielili absolutorium ustępującemu Zarządowi. Zarząd na kadencję 1995–97 wybrano w następującym składzie: Jerzy J. Wystocki (przewodniczący), Ewa Jakubczyk (wiceprzew.), Wanda Ciurzyńska (sekretarz), Piotr Pawlik (skarbnik), członkowie – Bogdan Całusiński, Marian Głowacki, Bolesław Wystocki i Henryk Kołodziej (Komitet Olimpiad Fizycznych).

*Jerzy J. Wystocki*

### Oddział Warszawski

W dniu 28 września 1994 odbyło się Walne Zebranie Oddziału Warszawskiego PTF. W pierwszej części dr hab. Tomasz Czosnyka wygłosił wykład „Cyklotron ciężkojonowy U 200-P – co to będzie”. Przedstawił w nim prace nad konstrukcją cyklotronu w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego. Laboratorium to (jako jeden z

dwóch ośrodków w Polsce) zostało zakwalifikowane w 1994 r. jako „Center of Excellence” – status przyznawany wyróżniającym się ośrodkom w Europie Środkowej przez Central European Initiative (CEI) i UNESCO Physics Action Council (PAC).

Następnie przewodniczący Zarządu Oddziału, Ireneusz Strzałkowski, przedstawił sprawozdanie z działalności Oddziału w okresie 1993–94. Głównym kierunkiem działania była pomoc naukowa dla szkół i nauczycieli w postaci wykładów dla uczniów szkół średnich i podstawowych oraz organizowanie seminariów dla nauczycieli, a także opieka nad konkursem fizycznym dla uczniów szkół średnich. Poza tym, poszukując nowych form działania, Zarząd zapoznał się z działalnością niektórych towarzystw zagranicznych (brytyjski Institute of Physics i Belgijskie Towarzystwo Fizyczne). W okresie tym Zarząd wydał i rozkolportował wśród członków i sympatyków 2 biuletyny informujące o działalności Oddziału i istotnych wydarzeniach w środowisku fizyków. Przewodniczący wyraził zaniepokojenie malejącą systematycznie liczbą prenumeratorów *Postępów Fizyki* wśród członków PTF.

Dyskusja skoncentrowała się wokół trudności finansowych. Podniesiono sprawę członków wspierających – konieczność pozyskania nowych członków (także spoza środowiska fizyków) oraz egzekwowania składek od niektórych członków dotychczasowych. Wyrażono zaniepokojenie niepunktualnością uiszczania składek członkowskich. Zasugerowano włączenie prenumeraty *Postępów Fizyki* do składki członkowskiej. Poza tym padła propozycja szerszego propagowania fizyki w środkach masowego przekazu. Uczestnicy zebrania interesowali się również relacjami między PTF a Europejskim Towarzystwem Fizycznym.

Obecnie Oddział Warszawski liczy 396 członków. Zainteresowanie przynależnością

do Towarzystwa wyraziło ostatnio kilku fizyków z zagranicy (Francja, Niemcy, USA). Zostały wysłane do nich informacje o PTF i ankiety członkowskie.

*Ewa Jędryka*

### Nominacje profesorskie

Tytuł naukowy profesora nauk fizycznych, nadany przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej otrzymał w dniu 22 grudnia 1994 Adam Guła (AGH, Kraków). W dniu 4 stycznia 1995 tytuł otrzymali: Mieczysław Zbysław Budzyński (UMCS, Lublin) i Krzysztof Redlich (UWr, Wrocław).

*Sprawy Nauki*, nr 1 (1995)

### E P S

Rada Europejskiego Towarzystwa Fizycznego (EPS) na zebraniu w marcu 1995 wybrała nowy Zarząd na kadencję 1995/97. Prezesem został H. Schopper (Genewa). W skład Zarządu weszli również: wiceprezes – N. Króó (Budapeszt), sekretarz – J.-Ph. Ansermet (Lozanna), wicesekretarz – C. Sébenne (Paryż), skarbnik – J.L. Lewis (Malvern), wiceskarbnik – E. Osnes (Oslo), członkowie – G. Benedek (Mediolan), C.M. Ferreira (Lizbona), G.C. Morrison (Birmingham), I.F. Schegolev (Czernogółowka) i M.J. van de Wiel (Nieuwegein).

Na członków EPS przyjęto Łotewskie Towarzystwo Fizyczne i Towarzystwo Fizyków Republiki Macedońskiej.

Rada zaakceptowała trzyletnie porozumienie ze Springer-Verlag. Firma ta będzie wpłacać rocznie 50 000 DM, w zamian będzie mogła zamieszczać nieodpłatnie ogłoszenia w *Europhysics News*. Rozważa się możliwość rozszerzenia umowy – Springer miałby przejąć wydawanie i prowadzenie tego czasopisma, redakcja pozostałaby w gestii EPS-u.

*Europhys. News* 26, nr 2 (1995)

*B. W.*

### Umowa FNP z Fundacją Humboldta

Fundacja na rzecz Nauki Polskiej (FNP) zawarła ostatnio z Fundacją Aleksandra von Humboldta umowę dotyczącą przyznawania tzw. Honorowych Stypendiów Naukowych Fundacji Humboldta (Humboldt Honorary Research Fellowship). Stypendia te przyznaje Fundacja Humboldta wybitnym uczonym zagranicznym o znaczącym dorobku na pobyt naukowy w Niemczech, przy czym wnioski o udzielenie stypendium mogą składać jedynie zapraszający uczeni niemieccy. Na nich też spoczywa obowiązek przygotowania gościowi „miejsca pracy” (dostęp do odpowiednich materiałów, aparatury itp.). Suma stypendium jest bardzo wysoka (20 000 – 120 000 DM, nie podlegające podatkowi) i zależy od długości pobytu i rangi uczonego. Dotychczas już 11 polskich uczonych otrzymało Stypendia Honorowe.

Z niektórymi krajami Fundacja Humboldta ma umowę o wymianie honorowych stypendystów. Taką właśnie umowę zawarła teraz z FNP. Oznacza to, że polscy uczeni mogą zgłaszać do FNP kandydatury wybitnych, uznanych międzynarodowo uczonych niemieckich, których chcieliby zaprosić na pobyt naukowy w Polsce. Fundacja na rzecz Nauki Polskiej będzie pokrywać koszty podróży i pobytu gości na zasadach podobnych jak czyni to Fundacja Humboldta.

Szczegółowe zasady przyznawania Honorowych Stypendiów oraz formularze zgłoszeniowe są dostępne w biurze FNP, Wspólna 1/3, 00-921 Warszawa, tel/fax 621 9673, tel. 628 3335. Informacje są również w Internecie: <http://www.icm.edu.pl/fnp>.

*B. W.*

## Jubileusz profesora Terleckiego

W dniu 7 lutego 1995 w Instytucie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Gdańskiego odbyła się konferencja naukowo-szkoleniowa „Aplikacyjne aspekty biologiczno-medyczne wybranych metod fizycznych”. Zorganizowana została przez Oddział Gdański PTF z okazji jubileuszu siedemdziesięciolecia urodzin prof. Józefa Terleckiego, a udział w niej wzięli liczni współpracownicy, uczniowie i przyjaciele Jubilata, głównie z gdańskiego środowiska fizyków (AMG, PG i UG).

Konferencję otworzył prof. B. Kwiatkowski, wiceprzewodniczący Oddziału Gdańskiego PTF, a następnie rektor Akademii Medycznej w Gdańsku, prof. Zdzisław Wajda, przedstawił drogę życiową i dorobek naukowy Jubilata.

W części naukowej wygłoszono następujące referaty: B. Ciesielski „Spektroskopia EPR – dozymetria wolnorodnikowa”, J. Witkowski „Metody cytometryczne różnicowania komórek”, W. Jaroszyński „Spektroskopia dielektryczna komórek”, S. Bautembach „O możliwości wykorzystania parametrów elektrycznych komórek i tkanek w monitorowaniu stanu pacjenta”, M. Penkowski „Techniki elektroporacji w biologii”. Referaty były ciekawie przedstawione i wzbudziły zainteresowanie zebranych, co uwidaczniało się w dyskusji.

Odbyło się również spotkanie w sali Rady Wydziału Matematyki i Fizyki. W miłej atmosferze, przy kawie i tradycyjnym szampanie odśpiewano „sto lat” i złożono Jubilatowi wiele życzeń i podziękowań.

Józef Terlecki urodził się 26 stycznia 1925 r. w miejscowości Bąkowice k. Chyrowa, w ówczesnym woj. lwowskim. W 1942 r. został wywieziony na roboty do Niemiec, gdzie pracował fizycznie do zakończenia wojny. Zaraz po wojnie przyjechał na Wybrzeże i rozpoczął studia na kierunku matematyczno-fizycznym w Wyż-

szej Szkole Pedagogicznej, które ukończył w 1948 r. W tym samym roku podjął studia inżynierskie na Wydziale Radiotechnicznym Politechniki Gdańskiej. Po ich ukończeniu odbył dodatkowo studia magisterskie, które ukończył w 1956 r. Stopień doktora uzyskał w 1961 r. na Wydziale Chemii Politechniki Gdańskiej, habilitował się w 1969 r. w Instytucie Badań Jądrowych w Warszawie. Pracę zawodową rozpoczął w listopadzie 1947 r. w Akademii Lekarskiej w Gdańsku (obecnie AMG), gdzie pracuje do chwili obecnej. Przeszedł tam wszystkie szczeble kariery naukowej i zawodowej od młodszego asystenta do profesora zwyczajnego nauk fizycznych. Od 1968 r. jest kierownikiem Katedry i Zakładu Fizyki i Biofizyki.

W swojej pracy zawodowej dał się poznać jako bardzo dobry dydaktyk i wychowawca. W latach pięćdziesiątych był organizatorem pokazów z fizyki dla szerokiej rzeszy mieszkańców Trójmiasta. Prowadził również zajęcia na PG i WSP. Na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych, w związku z wprowadzeniem do planu studiów w akademiach medycznych nowego przedmiotu „biofizyka”, dużo czasu poświęcił organizacji laboratorium biofizycznego, działającego na AMG, oraz opracowaniu podręcznika do ćwiczeń studenckich. Jest autorem i współautorem 15 skryptów i podręczników.

Tematyka jego prac badawczych dotyczy głównie ruchliwości jonów w ciekłych dielektrykach oraz spektroskopii dielektrycznej w układach biologicznych. Jest autorem ponad 70 publikacji naukowych, promotorem 9 prac doktorskich, recenzentem wielu prac doktorskich i habilitacyjnych. Był patronem prac habilitacyjnych prowadzonych w jego Zakładzie, organizatorem zjazdów naukowych oraz środowiskowych sympozjów nt. „Fizyka i elektronika w ochronie zdrowia i środowiska”.

Profesor Terlecki jest również znanym społecznikiem i aktywnym członkiem wielu towarzystw naukowych. W Polskim Towarzystwie Fizycznym był kilkakrotnie wiceprzewodniczącym Oddziału Gdańskiego. W latach 1987–91 był członkiem Zarządu Głównego PTF i działał w Komisji Ekologicznej. Był także członkiem Komitetu Fizyki PAN oraz Komitetu Fizyki Medycznej PAN.

*Stanisław Zachara*

### Medal Maxa Plancka

Niemieckie Towarzystwo Fizyczne przyznało w 1995 r. swoje najwyższe odznaczenie – Medal Maxa Plancka Siegfriedowi Grossmannowi, profesorowi Uniwersytetu w Marburgu za jego znaczący wkład do fizyki statystycznej, a w szczególności za badania turbulencji i zjawisk nieliniowych.

*Phys. Bl.* 51, nr 3 (1995)

*B. W.*

### Nagroda ICO

Nagrodę Międzynarodowej Komisji Optyki (ICO) za 1994 r. otrzymał Emmanuel Desurvire za wielce oryginalny wkład do rozwoju włókien optycznych przez swoje prace zarówno teoretyczne jak i doświadczalne.

Desurvire (ur. 1955) ukończył Uniwersytet Paryski, odbywał potem staż w Uniwersytecie Stanforda, a potem pracował przez prawie 5 lat w Laboratoriach Bella, następnie był profesorem Uniwersytetu Columbia w Nowym Jorku. Przed paru laty powrócił do Francji i pracuje w Centrum Badawczym Alcatel Alsthom w Marcoussis. Jego prace przyczyniły się znacząco do postępu w telekomunikacji długodystansowej i transatlantyckiej, w szczególności dzięki badaniom wzmocnienia i generacji szumów we włóknach domieszgowanych erbem. Jest redaktorem naczelnym czasopi-

*sma Optical Fiber Technology: Materials, Devices and Systems.*

Swoją nagrodę ICO przyznaje dorocznie osobie, która wniosła znaczący wkład do optyki przed osiągnięciem wieku 40 lat.

*ICO Newsletter*, Jan. 1995

*B. W.*

### Studia matematyczno-przyrodnicze na UJ

Coraz bardziej daje się odczuwać potrzeba uniwersyteckiego kształcenia interdyscyplinarnego. Rozumiejąc tę potrzebę wydziały nauk matematycznych i przyrodniczych Uniwersytetu Warszawskiego otworzyły na jesieni 1992 Międzywydziałowe Studia Matematyczno-Przyrodnicze (patrz np. *PF* 44, 79 (1993)), a w roku akademickim 1994/5 otwarto na Uniwersytecie Jagiellońskim Studia Matematyczno-Przyrodnicze (SMP).

Podstawową zasadą studiowania na SMP jest swoboda wyboru zajęć prowadzonych na wydziałach przyrodniczych UJ. Po przyjęciu na SMP studenci wybierają sobie opiekunów naukowych spośród pracowników naukowych wytypowanych przez poszczególne instytuty kierunkowe. Przez pierwsze dwa lata realizują programy indywidualne ustalone z opiekunami, a potem muszą dokonać wyboru kierunku wiodącego, w zakresie którego będą pisać pracę magisterską. Uzyskany dyplom będzie dyplomem z tego właśnie kierunku, natomiast zakres uzyskanej wiedzy będzie znacznie szerszy niż w toku studiów „normalnych”.

Zajęcia dzielą się na obowiązkowe i do wyboru. Do przedmiotów obowiązkowych na I roku należą zajęcia z informatyki (w wymiarze 60 godz. w I semestrze i 30 godz. w II semestrze), lektorat z języka angielskiego (po 60 godz.), „tutorial”, czyli cotygodniowe konsultacje z indywidualnym opiekunem naukowym (po 15 godz.), WF (po 15 godz.) oraz comiesięczne konwersa-

torium SMP.

Informacji na temat studiów na SMP udziela sekretariat dydaktyczny Instytutu Fizyki UJ, Reymonta 4, 30-059 Kraków, tel. (0-12) 339168 w. 106 i (0-12) 336377 w. 512.

B. W.

### Konkurs Prac Młodych Naukowców UE

Od 1989 r. Komisja Unii Europejskiej organizuje co roku Konkurs Prac Młodych Naukowców. Obejmuje on nauki ścisłe, przyrodnicze i technikę. Celem jest m.in. zachęcenie młodych ludzi do pracy badawczej. Każdy z krajów Unii Europejskiej może zgłosić do konkursu najwyżej 3 prace, wyłonione w eliminacjach krajowych. Prace są oceniane przez międzynarodowe jury, składające się ze znanych uczonych. Nagrody są wysokie, a jeden ze zwycięzców zostaje ponadto zaproszony na wręczenie Nagród Nobla w Sztokholmie. Wiek uczestnika nie może przekraczać 21 lat.

Dzięki stowarzyszeniu Polski z Unią Europejską Polacy mogą brać udział w konkursie na pełnych prawach. Organizacją eliminacji ogólnopolskich zajmuje się Krajowy Fundusz na rzecz Dzieci. W Komisji Konkursowej, składającej się z sześciu naukowców, fizykę reprezentuje Jan Mostowski.

Na konkurs ogólnopolski w 1995 r. wpłynęło 70 prac, w tym z fizyki – 9. Wiek autorów wahał się od 15 do 21 lat. Wśród trzech prac zakwalifikowanych na konkurs UE (wrzesień 1995, Wielka Brytania) jest praca z fizyki: Michał Rewieński (student pierwszego roku Politechniki Gdańskiej) – „Oddziaływania magnetyczne w cienkich warstwach”.

Kolejny, VIII Konkurs Prac Młodych Naukowców Unii Europejskiej odbędzie się

we wrześniu 1996 w Finlandii. Polskie eliminacje odbywać się będą wiosną 1996. Termin nadsyłania prac: 1 marca 1996, na adres biura Krajowego Funduszu na rzecz Dzieci, Chocimska 14, 00-791 Warszawa. Zgłaszać można wyłącznie prace o charakterze oryginalnym, spełniające jedno z następujących kryteriów: 1) prace nagrodzone lub wyróżnione w jednym z konkursów organizowanych w Polsce (w przypadku konkursów wieloetapowych tylko prace nagrodzone lub wyróżnione w etapie najwyższym), 2) prace opublikowane lub przyjęte do druku w czasopiśmie naukowym, 3) prace polecane przez samodzielnego pracownika naukowego. Jednym z warunków zakwalifikowania pracy do konkursu UE jest aby autor dobrze znał język angielski, niemiecki lub francuski.

Jan Mostowski

### Stypendia zagraniczne dla młodych doktorów

Fundacja na rzecz Nauki Polskiej (FNP) przystąpiła do realizacji swego zamierzenia dopomagania w rozwoju naukowym młodych doktorów i przyjmuje wnioski o przyznanie stypendium na pobyt za granicą w celu prowadzenia badań naukowych. Stypendia przyznawane będą w drodze konkursu.

O stypendium mogą się ubiegać młodzi naukowcy, którzy nie przekroczyli 35 roku życia, posiadają stopień doktora i są zatrudnieni w szkole wyższej, placówce naukowej PAN lub jednostce badawczo-rozwojowej.

Stypendium może być przyznane na okres 6 – 12 miesięcy na pobyt w jednym lub (w uzasadnionych przypadkach) większej liczbie zagranicznych ośrodków naukowych. Stypendium obejmuje koszty podróży i pobytu za granicą.

Szczegółowy regulamin stypendium i

formularz wniosku stypendialnego można otrzymać w FNP (Wspólna 1/3, 00-921 Warszawa 53); informacje dostępne są również w Internecie: <http://www.icm.edu.pl/fnp>.

Konkurs ma charakter ciągły. Posiedzenia komisji kwalifikacyjnej będą się odbywać dwa razy w roku. W 1995 r. wnioski można nadsyłać do 30 października.

B. W.

## Mikrolaser

Dziesięć lat temu w laboratorium Herberta Walthera w Monachium zbudowano mikromaser, urządzenie, w którym trwałe pole mikrofalowe we wnętrzu rezonansowej jest wytwarzane przez ośrodek czynny złożony z kilku, jednego, albo nawet (średnio) mniej niż jednego atomu – stąd inna nazwa urządzenia: maser jednoatomowy. Powstanie mikromasera stało się możliwe przede wszystkim dzięki zbudowaniu wnęki rezonansowej o niezwykle dużej dobroci, a także dzięki wykorzystaniu najdokładniejszych metod spektroskopii atomów rydbergowskich. O budowie tego masera i doświadczeniach wykonanych przy jego użyciu mówił obszernie prof. Walther w trakcie wykładów, które wygłaszał w wielu miastach Europy w 1992 r. jako wykładowca Europejskiego Towarzystwa Fizycznego (tłumaczenie jego warszawskiego wykładu zamieściliśmy w *Postęпах Fizyki* 44, 259 (1993)).

Mikromaser nie powstał z myślą o zastosowaniach technicznych, lecz jako znakomite narzędzie do doświadczeń z dziedziny podstaw fizyki kwantowej. Wiele takich doświadczeń już wykonano (dotyczyły one m.in. nieklasycznych własności statystycznych pola promieniowania, a także zaników i odtwarzania się wzbudzeń atomowych), inne projekty czekają jeszcze na realizację.

Jest oczywiste, że kolejnym wyzwaniem stało się skonstruowanie mikrolasera – odpowiednika mikromasera w zakresie częstotliwości optycznych. Zadanie było trudniejsze, bo trudniej zbudować rezonator optyczny o dostatecznie dużej dobroci, ale motywacje do pracy – znaczne. Mikrolaser powinien być o tyle lepszy od mikromasera, że pojedyncze fotony optyczne można bezpośrednio rejestrować, co nie jest możliwe w zakresie mikrofal ze względu na małą energię fotonu. W mikromaszerze o stanie pola promieniowania musimy wnioskować z własności atomów, w przypadku mikrolasera powinno być można rejestrować i atomy i fotony, a więc uzyskiwać bogatsze informacje doświadczalne.

Po blisko dziesięciu latach od powstania mikromasera, mikrolaser został zbudowany. Dokonali tego w MIT Kyungwon An, James J. Childs, Ramachandra R. Dasari i Michael S. Feld (*Phys. Rev. Lett.* 73, 3375 (1994)). Podstawą tego sukcesu są postępy w technologii budowy zwierciadeł: aby zbudować rezonator o dostatecznie dużej dobroci potrzebne są zwierciadła o możliwie dużej zdolności odbijającej, jakości powierzchni i wierności kształtu.

Rezonator użyty przez badaczy z MIT składał się z dwóch zwierciadeł o promieniu krzywizny równym 10 cm ustawionych w odległości 1 mm od siebie. Zdolność odbijająca zwierciadeł wynosiła 0.999996, a *finesse* rezonatora była rzędu  $10^6$ .

Ośrodkiem czynnym mikrolasera jest (podobnie jak w przypadku mikromasera) wiązka atomowa przebiegająca przez rezonator. Zmieniając natężenie wiązki można zmieniać liczbę atomów znajdujących się jednocześnie w komorze rezonansowej. Przed wejściem do komory, atomy są wzbudzone za pomocą bardzo dokładnie stabilizowanego lasera do górnego stanu przejścia atomowego, do którego dostrojona jest komora. W doświadczeniu w MIT



użyto atomów baru i wykorzystano przejście interkombinacyjne  $^3P_1 - ^1S_0$  o długości fali równej 791 nm (czas życia stanu górnego: 3  $\mu$ s). Do detekcji wiązki wyjściowej mikrolasera użyto krzemowej fotodiody lawinowej pracującej w trybie zliczania fotonów.

Dla ustalonego natężenia wiązki atomowej, tzn. ustalonej średniej liczby atomów we wnęce, która w tym doświadczeniu wynosiła od 0.1 do 1.0, mierzono natężenie wiązki fotonów opuszczających wnękę w funkcji dostrojenia wnęki do przejścia atomowego. Z wartości w maksimum, odpowiadającym dokładnemu dostrojeniu, można było wyznaczyć średnią liczbę fotonów we wnęce. Wynosiła ona od 0.14 do 11.0 w badanym zakresie natężeń wiązki atomowej. Oznacza to, że moc wyjściowa mikrolasera nie przekraczała 3 pW.

Widzimy więc, że uzyskano trwałe pole optyczne we wnęce rezonansowej, w której przebywa średnio jeden atom lub mniej, i że we wnęce znajduje się wówczas kilka, jeden lub nawet (średnio) mniej fotonów! Daje to możliwość badania oddziaływania pojedynczych atomów z pojedynczymi fotonami, co do niedawna było możliwe jedynie na drodze doświadczeń myślowych.

Powstanie lasera jednoatomowego stwarza zupełnie nowe możliwości badań w bardzo ostatnio modnej dziedzinie elektrodynamiki kwantowej we wnęce rezonansowej. Wśród wielu możliwości wymienia się badanie nieklasycznych własności statystycznych światła, wytwarzania pola elektromagnetycznego w stanie Focka, tzn. stanie o dobrze określonej liczbie fotonów, czy też pomiary pola bez zaburzenia jego własności kwantowych (kwantowe pomiary „nieniszczące”).

O zbudowaniu mikrolasera doniosło wiele czasopism naukowych. W *Nature* i *Physics Today* piszą o tym dziennikarze,

w *Physics World* – naukowiec, aktywny w dziedzinie, której dotyczy odkrycie. Ten ostatni tekst jest napisany w sposób kompetentny i przekonujący, natomiast czytając dwa pierwsze ma się wrażenie, dysponując pewną wiedzą na temat współczesnej fizyki atomów i fotonów, że ich autorzy nie do końca rozumieją zagadnienia, o których piszą. Może więc byłoby lepiej, gdyby redaktorzy działów nowości naukowych zamiast rozmawiać z fachowcami i tworzyć na tej podstawie własne teksty, umieli raczej namówić tych fachowców do napisania notatek, tak jak robią to redaktorzy *Physics World*?

M. Ł.

### Czy Japonia traci prowadzenie w badaniach i rozwoju?

W końcu 1994 r. japońska Agencja Nauki i Rozwoju przedstawiła rządowi pod rozwagę „białą księgę”, w której stwierdza, że sektory publiczny i prywatny powinny lepiej współpracować nad rozwojem badań podstawowych i stosowanych. Obserwowany ostatnio w Japonii pewien zastój w tym zakresie wynika, zdaniem Agencji, m.in. z tego, że prywatne firmy mniej niż poprzednio inwestują w badania.

Dziedziny, w których firmy japońskie straciły wiodącą rolę to: telekomunikacja, elektronika i budowa maszyn. Najsilniej odczuwa się to w zakresie oprogramowania. Import oprogramowania wzrósł dziesięciokrotnie w ciągu ostatnich 10 lat i stanowi prawie połowę importowanych technologii. Inne kraje stały się bardziej konkurencyjne przedstawiając kierunki swego przemysłu z celów wojskowych na cywilne.

Po raz pierwszy od lat pięćdziesiątych nakłady na badania i rozwój spadły w Japonii w 1992 r. Spadek ten wynosi 1.9% (firmy prywatne, których udział wynosił ok. 80%, obniżyły w 1993 r. swoje nakłady

o 4.2%). Wzrasta obecnie konkurencja innych krajów azjatyckich. Przypuszcza się, że np. wyroby chińskie mogą stać się w ciągu najbliższych lat zagrożeniem dla eksportu japońskiego.

Agencja Nauki i Rozwoju wzywa do współpracy międzynarodowej dla rozwiązywania problemów ogólnościatowych, a także uważa za konieczne intensyfikację japońskich badań podstawowych i rozwojowych, co ma zapobiec upadkowi bazy przemysłowej w Japonii.

*Phys. World* 8, nr 2 (1995)

B. W.

### Biuletyn nieliniowych studentów

W październiku 1993 powstało stowarzyszenie pod nazwą „Student Nonlinear Physics Research Group” skupiające studentów różnych wydziałów Uniwersytetu Warszawskiego i Politechniki Warszawskiej zainteresowanych problemami zjawisk nieliniowych. Jednym z inicjatorów powstania tej grupy był prof. Antoni Sym.

Wśród celów działalności jest, poza samokształceniem, nawiązywanie i usprawnianie kontaktów ze studentami o podobnych zainteresowaniach w innych uczelniach, krajowych i zagranicznych, a także nabywanie umiejętności w administrowaniu nauką (organizowanie konferencji, zdobywanie funduszy, zbieranie informacji).

Grupa organizuje cotygodniowe seminaria i cykle wykładów, ostatnio zaś rozpoczęła wydawanie rocznego biuletynu w języku angielskim. Pierwszy zeszyt zawiera referaty studentów i doktorantów z seminarium w roku akad. 1993/4, którego głównym tematem było wprowadzenie do metod teorii solitonów.

Redakcja Biuletynu zachęca studentów do współpracy. Adres elektroniczny Redakcji: snprg@fuw.edu.pl.

B. W.

### Vilen M. Strutinski (1929 – 1993)

Dnia 28 czerwca 1993 r. zmarł Vilen Mitrofanowicz Strutinski, znany rosyjski teoretyk jądrowy. Zmarł nagle w Rzymie, w czasie podróży z Katanii na Sycylii, gdzie ostatnio pracował w Narodowym Instytucie Fizyki Jądrowej, na konferencję w Grecji.

Strutinski urodził się 16 listopada 1929 r. w Odessie. W roku 1952 ukończył Uniwersytet w Charkowie, specjalizując się w zakresie fizyki teoretycznej. Pracę zawodową podjął w 1953 r. w Zakładzie Teorii Jądra Instytutu Energii Atomowej im. Kurczatowa w Moskwie. Pracował tam do 1970 r., kiedy to przeniósł się do Instytutu Badań Jądrowych Ukraińskiej Akademii Nauk w Kijowie, gdzie zaproponowano mu stanowisko kierownika Zakładu Teorii Jądra. Na stanowisku tym pozostał do śmierci. Na Ukrainie zaproponowano mu także członkostwo Ukraińskiej Akademii Nauk. Członkiem tej Akademii został w 1972 r.

W początkowych latach swojej pracy wiele uwagi poświęcił procesowi rozszczepienia jądrowego. Zajmował się m.in. zależnością energii potencjalnej jądra od jego deformacji w ramach modelu kroplowego. W szczególności, interesowała go konfiguracja jądra w punkcie siodłowym i wysokość bariery rozszczepieniowej, a także zachowanie się energii potencjalnej i kształtu jądra w pobliżu punktu rozerwania. Interesował się także rozkładem masy, ładunku i energii kinetycznej fragmentów rozszczepienia, a także rozkładem kątowym tych fragmentów.

W latach ostatnich zajmował się głównie dynamiką ruchów kolektywnych jądra.

Największy jednak rozgłos uzyskały jego prace z drugiej połowy lat sześćdziesiątych, gdy zajmował się opisem efektów powłokowych w jądrze. Zaproponował wtedy

(1966 r.) praktyczny sposób obliczania poprawki powłokowej do energii jądra, gdy znane jest jednocząstkowe widmo energetyczne tego jądra. Widmo energetyczne obliczane jest najczęściej przy użyciu realistycznych potencjałów jądrowych, np. potencjału Nilssona czy Woodsa-Saxona, opisujących wewnętrzną strukturę jądra. Poprawka ta, ulepszona nieco i spopularyzowana przez szwedzkiego teoretyka jądrowego Svena Göstę Nilssona i jego młodego współpracownika z okresu pracy Nilssona w Berkeley, C.F. Tsanga, stała się standardowym sposobem uwzględniania efektów powłokowych w energii potencjalnej jądra przy dowolnej jego deformacji. Do dzisiaj nazywana jest poprawką Strutinskiego, czasami poprawką Strutinskiego-Nilssona.

Poprawka ta pomogła Strutinskiemu podać prawidłową interpretację odkrytych w 1962 r. w Dubnej, przez S.M. Polikanowa i współpracowników, rozszczepiających się izomerów, jako izomerów kształtu. Są to stany izomeryczne, które powstają w lokalnym minimum energii potencjalnej niektórych jąder ciężkich (w okolicy ameryku), dostatecznie głębokim, by jądro mogło w nim trwać nawet do kilkunastu milisekund, po czym się rozpada. Rozpad ten to na ogół rozszczepienie (stąd nazwa: rozszczepiające się izomery), czasami zaś przejście do stanu podstawowego. Za interpretację tę otrzymał Strutinski w 1977 r., wspólnie z odkrywcą zjawiska – Polikanowem, nagrodę im. Toma Bonnera przyznaną przez Amerykańskie Towarzystwo Fizyczne.

Strutinski kilkakrotnie przebywał w Polsce. Brał m.in. udział w naszych szkołach fizyki jądrowej. Był także przez wiele lat członkiem międzynarodowej rady redakcyjnej *Acta Physica Polonica B*. Mówił mi, że jego dziadek był Polakiem, nazywał się Struszyński i został wywieziony

do Rosji za udział w Powstaniu Styczniowym 1863 r.

*Adam Sobiczewski*

## Stefan Rozental (1903 – 1994)

Dnia 2 sierpnia 1994 zmarł w Kopenhadze Stefan Szymon Rozental, fizyk pochodzenia polskiego, który od wielu lat pracował w Instytucie Nielsa Bohra.

Rozental urodził się w 1903 r. w Łodzi. Studia fizyki i matematyki ukończył na Uniwersytecie Jagiellońskim. Jego praca doktorska była wprawdzie z zakresu fizyki doświadczalnej, jednak promotorem był Władysław Natanson. Potem przez pewien czas Rozental pracował u Heisenberga w Lipsku, czego owocem była publikacja nt. obliczania termów neonu metodą Slatera. Po powrocie do Krakowa Rozental nadal zajmował się zagadnieniami kwantowej fizyki atomowej. W 1939 r. wyjechał na stałe do Danii do Instytutu Nielsa Bohra, gdzie zajął się teorią rozpadu  $\beta$ . Współpracował też wtedy z Møllerem i Rosenfeldem nad obliczeniami czasu życia mezonów. Później Niels Bohr ciągnął go do pomocy przy pisaniu monografii nt. wytracania energii przez jony bombardujące ciało stałe i ich zasięgów.

We wrześniu 1943, kiedy Niemcy zagrozili deportacją Żydów duńskich, Rozental, podobnie jak bardzo wielu innych obywateli duńskich pochodzenia żydowskiego, postanowił uciec do Szwecji. Zabrał ze sobą jedyny egzemplarz ukończonej już monografii, ale podczas przeprawy przez Sund otwartą łodzią wiosłową, przy bardzo burzliwej pogodzie, manuskrypt ten zaginął. Na zapotrzebowanie Los Alamos Rozentala odwołał go z pamięci.

Po wojnie współpracował z Nielsem Bohrem w wielu jego przedsięwzięciach

międzynarodowych (m.in. w lecie 1946 organizował szkołę dla młodych naukowców z Polski). Gdy utworzono instytut NOR-DITA, został w nim profesorem i przez wiele lat był wicedyrektorem tego instytutu. Po śmierci Nielsa Bohra wyszła pod jego redakcją książka *Niels Bohr, his life and work as seen by his friends and colleagues*, sam był autorem książki *Niels Bohr, Reminiscences of a collaboration*.

*Phys. World* 8, nr 1 (1995)

B. W.

### Maria Bardadin-Otwinowska (1940 – 1994)

Dnia 30 października 1994 zmarła w Versonnex, we Francji, Maria Bardadin-Otwinowska, wieloletnia pracowniczka Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, a od kilkunastu lat profesor Uniwersytetu Blaise'a Pascala w Clermont-Ferrand we Francji.

Maria Bardadin urodziła się 29 maja 1940 w Warszawie. Wojna wygnała ją z Warszawy, i powróciła tu dopiero na studia, które rozpoczęła w 1957 r. na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Koledzy ze studiów pamiętają bystrą i aktywną koleżankę, która chętnie zabierała głos na zajęciach, pytała i dyskutowała. O wyborze jej specjalności – fizyki cząstek elementarnych – niewątpliwie zdecydował wpływ silnych indywidualności naukowych profesorów Mariana Danysza i Jerzego Pniewskiego, twórców warszawskiej szkoły w tej dziedzinie. W 1962 r. Maria Bardadin ukończyła studia i rozpoczęła pracę jako asystent w Instytucie Fizyki Doświadczalnej UW. W tym też Instytucie przeszła kolejne etapy kariery naukowej, uzyskując w 1970 r. doktorat, a w 1981 r. – habilitację.

W 1970 r. Maria Bardadin poślubiła Stanisława Otwinowskiego, a w 1971 r. urodziła im się córka Anna, obecnie studentka

École Normale w Paryżu.

Praca badawcza Marii Bardadin-Otwinowskiej dotyczyła przez wiele lat oddziaływań hadronów wysokiej energii. Pierwsze doświadczenia zdobywała badając zderzenia pionów wysokiej energii z protonami, za pomocą wodorowej komory pęcherzykowej. Technika ta stanowiła wówczas nowość w Warszawie, i oprócz analizy fizycznej, Maria wykazała sporo inicjatywy w opracowaniu metodyki przeglądu i pomiarów danych. Była też entuzjastyczną pionierką zastosowania metod informatycznych, pisząc pierwsze programy wykorzystujące pierwszy nowoczesny komputer w ośrodku warszawskim.

Podczas półtorarocznego stażu w ośrodku CERN w Genewie (1966–67) Maria zajęła się analizą oddziaływań wysokoenergetycznych mezonów  $K^-$  z protonami. Uczestniczyła w pracach zespołu, który zaobserwował po raz pierwszy wzbudzony mezon  $L$  i wyznaczył jego liczby kwantowe oraz zgromadził pionierskie obserwacje dotyczące produkcji ciężkiej cząstki o dziwności 3 – hiperonu  $\Omega^-$ . Badania te stanowiły podstawę pracy doktorskiej.

Dalsze prace Marii, prowadzone w Warszawie oraz podczas stażu naukowego w Saclay (1973–74) dotyczyły kolejno oddziaływań wysokoenergetycznych pionów z protonami i deuteronami, oraz analizy oddziaływań  $K^-$  o energii 110 GeV. Synteza wyników doświadczeń z mezonami  $K^-$  przy różnych energiach stanowiła temat jej pracy habilitacyjnej.

W roku 1981 Maria Bardadin-Otwinowska wyjechała na staż naukowy do CERN-u. Od tego czasu przebywała za granicą, obejmując w 1984 r. stanowisko na Uniwersytecie w Clermont-Ferrand, początkowo jako tzw. *professeur associé*, a od 1988 r. – *professeur titulaire*.

Po wyjeździe z Polski rozszerzyła zakres swych zainteresowań naukowych, zaj-

mując się problemem produkcji tzw. bezpośrednich fotonów w oddziaływaniach kwark-gluon i kwark-kwark, i ich analizą metodami chromodynamiki kwantowej. Rozpoczęcie pracy na Uniwersytecie w Clermont-Ferrand wiązało się z włączeniem się w duży eksperyment ALEPH, działający przy akceleratorze  $e^+e^-$  LEP. Z doświadczeniami tymi wiąże się cała jej dalsza ożywiona działalność naukowa i dydaktyczna. Uczestniczyła zarówno w przygotowaniu technicznym eksperymentu, pracując nad testowaniem modułów kalorymetru elektromagnetycznego i prowadzeniem symulacji komputerowych, jak i w kolejnych naświetleniach detektora, i wreszcie w analizie fizycznej otrzymywanych wyników. Był to dla niej okres niezwykle ożywionej działalności naukowej, której rezultaty znajdowały odbicie w licznych publikacjach (w tym również przeglądowych, których była jedyną autorką), wystąpieniach konferencyjnych i seminaryjnych. Jednym z nowych badanych przez nią tematów było poszukiwanie „niestandardowej fizyki” bozonu Z. Maria wyznaczyła ograniczenia dla niestandardowych rozpadów Z i dla mas fermionów wzbudzonych (na ten temat opublikowała artykuł przeglądowy w *Zeitschrift für Physik*). Zajmowała się również ostatnio przygotowaniem projektu badań przy planowanym akceleratorze LEP 2.

Od początku swej pracy naukowej nie zaniedbywała też działalności dydaktycznej. W Warszawie przeszła kolejne etapy tej pracy, prowadząc ćwiczenia, pracownie, wykłady, i kierując pracami magisterskimi. Trwałym śladem jej działalności jest zreorganizowana Pierwsza Pracownia Fizyczna. W latach 1975–81 Maria była kierowniczką tej pracowni, obsługującej do 800 studentów tygodniowo (z Wydziałów Fizyki, Matematyki, Chemii i Biologii).

Pod jej kierownictwem zmieniony został system prowadzenia zajęć dla fizyków, z uwzględnieniem indywidualnego toku studiów. Opracowano kilkanaście nowych ćwiczeń. Cały dział elektryczności został zreorganizowany, przy wykorzystaniu rozwiązań zaobserwowanych przez nią w Imperial College w Londynie, gdzie przebywała w ramach współpracy zespołu analizującego oddziaływania mezonów  $K^-$ . W 1978 r. została zaproszona przez Uniwersytet w Turynie do wygłoszenia specjalnego seminarium poświęconego działalności Pierwszej Pracowni Fizycznej UW.

Maria chętnie, sprawnie i interesująco występowała z referatami seminaryjnymi. Zapamiętaliśmy seminarium sprawozdawcze z Konferencji Fizyki Wysokich Energii w Tokio, na którym wystąpiła ona w oryginalnym kimonie. Wielokrotnie wygłaszała też referaty na konferencjach międzynarodowych.

Na Uniwersytecie w Clermont-Ferrand wypromowała dwóch doktorów, a w ostatnim roku życia, już walcząc z chorobą, kierowała pracami kolejnego doktoranta. Prowadziła tam też wykłady kursowe i monograficzne, zorganizowała i kierowała seminarium specjalistycznym z fizyki wysokich energii.

Jej walka z nieuleczalną chorobą trwała przeszło rok i miała doprawdy znamiona bohaterskie. Spotkałam Marię ostatni raz w lipcu 1994 r. i pamiętam, jak osłabiona chemioterapią umawiała się na sesję pracy z doktorantem, tak układając terminy cotygodniowych pobytów w szpitalu, by móc w ciągu części tygodnia pracować w CERN-ie. Tym, którzy ją znali, zostaje w pamięci wesoła, energiczna i rzeczowa koleżanka, zamiłowany fizyk i świetny dydaktyk.

Helena Białkowska

## 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).

### 1995

23 sierpnia – 2 września 1995, Piaski

#### **24th Mazurian Lakes School of Physics (including Workshop in honour of Zdzisław Szymański)**

Inst. Problemów Jądrowych i Uniwersytet Warszawski, prof. Z. Sujkowski, IPJ, 05-400 Świerk, tel.: 7798627, adr.el.: sujkow@fuw.edu.pl lub p02zs@cx1.cyf.gov.pl.  
P, U: 150, ang.

3 – 6 września 1995, Poznań – Kiekrz

#### **X Ogólnopolska Konferencja Kryształy Molekularne '95**

Inst. Fizyki Molekularnej PAN, dr J. Tritt-Goc, IFM PAN, Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań, tel.: (0-61) 612426, fax: (0-61) 684524, adr.el.: jtg@marta.ifmpan.poz.edu.pl.  
U: 100, O: 200 zł.

4 – 8 września 1995, Kudowa Zdrój

#### **Workshop on the Theoretical Aspects of Magnetism and Related Topics**

Inst. Fizyki Teor. Uniwersytetu w Lozannie, Z. Domański, adr.el.: zbigniew.domanski@ipt.unil.ch.  
U: 40, ang.

6 – 8 września 1995, Gliwice

#### **I Krajowa Konferencja Podstawy Fizyczne Badań Nieniszczących**

Inst. Fizyki Politechniki Śląskiej i Oddział Gliwicki PTF, mgr Jacek Mazur, IF PŚI, Krzywoustego 2, 44-100 Gliwice, tel.: 372932, fax: 372216, adr.el.: mazurj@zeus.polsl.gliwice.pl.  
P

7 – 9 września 1995, Lublin – Kazimierz Dolny

#### **3rd Int. Conference on Intermolecular Interactions in Matter**

Katedra Fizyki Politechniki Lubelskiej, Polskie Tow. Hodowli Kryształów, Oddział Lubelski PTF, Wydział III Lubelskiego Tow. Naukowego, dr Elżbieta Jartych, Katedra Fizyki PL, Nadbystrzycka 38, 20-618 Lublin, tel.: 557051, fax: 559385, adr.el.: jartych@antenor.pol.lublin.pl.  
Z: 1.9.95, P, O: 90 zł, ang. i pol.

7 – 9 września 1995, Grybów

#### **V Krajowe Sympozjum Przewodniki Szybkich Jonów**

Inst. Fizyki Politechniki Warszawskiej, dr hab. Franciszek Krok, IF PW, Zakład Jo-

niki Ciała Stałego, Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel.: 499831, fax: 6282171, adr.el.:  
fkrok@adam.mp.pw.edu.pl.

11 – 15 września 1995, Warszawa

**Joint XV AIRAPT and EHPRG Int. Conference – High Pressure Sciences and Technology**

UNIPRESS i Inst. Fizyki Doświadczalnej UW, prof. S. Porowski, UNIPRESS, Sokołowska 29/37, 01-142 Warszawa, tel.: 325010, fax: 324218, adr.el.: airapt@iris.unipress.waw.pl.  
ang.

11 – 15 września 1995, Kraków

**Workshop on crystal-field effects in transition-metal compounds**

Inst. Fizyki i Informatyki WSP, Kraków i Inst. Fizyki UJ, prof. R.J. Radwański, CSSP, św. Filipa 5, 31-150 Kraków, adr.el.: sfradwan@cyf-kr.edu.pl.  
Z: 1.8.95, A: 15.6.95, P, U: 60, ang.

11 – 15 września 1995, Wrocław

**1st Polish-US Conference on High T<sub>c</sub> Superconductivity**

INTiBS i Argonne National Laboratory, patronat: PTF i Komitet Fizyki PAN, dr J. Olejniczak, INTiBS, skr. poczt. 937, 50-950 Wrocław, tel/fax: 441029, adr.el.: pklamut@highscreen.int.pan.wroc.pl.  
U:110, P, O: 280 zł, ang.

12 – 14 września 1995, Kraków

**Soft Magnetic Materials Conference – SMM 12**

Inst. Fizyki PAN i Inst. Elektroniki AGH, dr M. Gutowski, IF PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: 435232, fax: 430926, adr.el.: smm12@gamma1.ifpan.edu.pl.  
U: 300, P, ang.

12 – 15 września 1995, Kazimierz Dolny

**Int. Conf. Gradient-Index Optics in Science and Engineering – GRING'95**

Polish Chapter SPIE, Inst. Optyki Stosowanej i Inst. Telekomunikacji, prof. M. Pluta, IOS, Kamionkowska 18, 03-805 Warszawa, tel.: 184497, 184405, 102589, fax: 133265, tlx: 82-5960 ios pl, adr.el.: iosnflab@plearn.bitnet.  
P, ang.

12 – 15 września 1995, Warszawa

**Int. Conference on the State of Art in Force and Mass Measurements**

Główny Urząd Miar, Elekoralna 2, 00-950 Warszawa, fax: 208378  
ang.

17 – 23 września 1995, Jaszowiec

**II Int. School and Symposium on Physics in Materials Science**

Inst. Energii Atomowej, prof. A. Czachor, IEA, 05-400 Otwock-Świerk, tel.: 7798805, fax: 7793888, tlx: 812225 iea pl, adr.el.: e08cza@cx1.cyf.gov.pl.  
P, O: 220 zł, ang.

18 – 21 września 1995, Wrocław

**XXXIII Zjazd Fizyków Polskich**

Oddział Wrocławski PTF oraz Inst. Fizyki PWr, Inst. Fizyki Teoretycznej UWr i Inst. Fizyki Doświadczalnej UWr, prof. Ewa Dobierzewska-Mozrzyimas, IF PWr, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, tel.: 229696, fax: 223664

O: 65 zł, członkowie PTF – 50 zł, nauczyciele, uczniowie i studenci – 15 zł (obejmuje koszty wyżywienia i bankiet)

20 – 22 września 1995, Kraków

**Medical Physics – 100 Years After the Discovery of X-Rays**

Polskie Tow. Fizyki Medycznej, Wydział Fizyki i Techniki Jądrowej AGH, doc. dr hab. Marta Wasilewska-Radwańska, Wydz. Fiz. i Techn. Jądrowej AGH, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel.: 338100 w. 3002, fax: 340010, adr.el.: radwanska@novell.ftj.agh.edu.pl.

U: 200–250, O: 50 zł, dla członków PTFM 30 zł, studenci 15 zł, ang., ros., pol.

21 – 24 września 1995, Kudowa Zdrój

**VIII Max Born Symposium: The Nature of Crystalline States**

Inst. Fizyki Teoretycznej UWr, Janusz Jędrzejewski, IFT UWr, Maxa Born'a 9, 50-204 Wrocław, tel.: 201415, fax: 214454, adr.el.: mborn@ift.uni.wroc.pl.

Z: 31.7.95, P, O: 120 USD.

21 – 28 września 1995, Warszawa

**1st Non-Ortodox School on Nonlinearity and Geometry**

Inst. Fizyki Teoretycznej UW, Międzynarodowe Centrum Matematyczne im. S. Banacha, Inst. Fizyki PAN, Students Research Group on Nonlinear Physics at the Dep. of Physics Univ. Warsaw, patronat PTF, Daniel Wójcik, IFT UW, Hoża 69, 00-681 Warszawa, tel/fax: 6214397, fax: 6219475, adr.el.: snprg@fuw.edu.pl.

Z: 31.8.95, P, U: 70, O: 200 zł, ang.

28 – 30 września 1995, Zakopane

**2nd Seminar on Relaxation Phenomena in Dielectric, Magnetic and Superconducting Systems**

Inst. Fizyki UJ, dr Z. Tomkowicz i dr hab. S. Wróbel, IF UJ, Reymonta 4, 30-059 Kraków, tel.: (0-12) 336372 w. 545 lub 550, fax: (0-12) 337086, tlx: 322723 ifuj pl, adr.el.: ufwrobel@cyfr-kr.edu.pl lub uftomkow@cyfr-kr.edu.pl.

P, U: 45, O: 60 USD, ang.

7 – 12 listopada 1995, Zakopane

**Nonlinear dynamics, chaotic and complex systems**

Directorate General XII EC, KBN, PAN, PAEA; dr A. Gałkowski, IFPLM, Radiowa 3, 00-908 Warszawa, skr. poczt. 49, fax: 366272, adr.el.: ifplms@cx1.cyf.gov.pl.

O: ok. 1300 zł (wraz z zakwaterowaniem i wyżywieniem), ang.



14 – 16 grudnia 1995, Wrocław

**II Krajowa Konf.: Komputerowe Wspomaganie Badań Naukowych**

Wrocławskie Tow. Naukowe, patronat: Kolegium Rektorów Uczelni Wrocławskich, KBN,  
Oddz. Wrocławski PAN; WTN, Parkowa 13, 51-616 Wrocław, tel.: 484061

**1996**

luty lub marzec 1996, Kraków

**Szkoła Analizy Termicznej**

Polskie Tow. Kalorymetrii i Analizy Termicznej i AGH, prof. Andrzej Małecki, Zakł.  
Chemii Nieorganicznej, Wydz. Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH, al. Mickiewicza  
30, 30-059 Kraków, tel.: 338898 lub 172470, fax: 338898, telex: 0322203 agh pl.

20 – 24 maja 1996, Warszawa

**Polarimetry and Ellipsometry**

Polish Chapter SPIE i Inst. Optyki Stosowanej, prof. M. Pluta, IOS, Kamionkowska 18,  
03-805 Warszawa, tel.: 184497, fax: 133265, tlx: 825960 ios pl  
P.

25 – 31 lipca 1996, Warszawa

**XXVIII International Conference on High Energy Physics**

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

3 – 6 sierpnia 1996, Jaszowiec

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

PTF i IF PAN, prof. T. Dietl, IF PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: 435324,  
fax: 430926, adr.el.: loc@ifpan.edu.pl.  
A: 15.4.96, U: 200, ang.

17 – 20 września 1996, Warszawa

**Contact and Confocal Microscopic Techniques**

Polish Chapter SPIE i Inst. Optyki Stosowanej, prof. M. Pluta, IOS, Kamionkowska 18,  
03-85 Warszawa, tel.: 184497, fax: 133265, tlx: 825960 ios pl  
P.

## NOWE KSIĄŻKI

- *Symetrie w przyrodzie, sztuce i naukach humanistycznych*, red. Adam Nobis, Seminaria interdyscyplinarne, tom IV, Wydawnictwa „Leopoldinum”, Wrocław 1994, s. 251.
- Steven Weinberg, *Sen o teorii ostatecznej*, z jęz. ang. tłum. P. Amsterdamski, Alkazar, Warszawa 1994, s. 347.
- Paweł Artymowicz, *Astrofizyka układów planetarnych*, PWN, Warszawa 1995, s. 552.
- Roger Highfield, Paul Carter, *Prywatne życie Alberta Einsteina*, z jęz. ang. tłum. Marek Krośniak, Prószyński i Ska, Warszawa 1995, s. 416.
- Jacek W. Hennel, Teresa Kryst-Widźgowska, *Na czym polega tomografia magnetyczno-rezonansowa? Zasada i przykłady zastosowań w medycynie*, Wydawnictwo Instytutu Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego, Kraków 1995, s. 88.
- Władysław Bogusz, Franciszek Krok, *Elektrolity stałe: właściwości elektryczne i sposoby ich pomiaru*, WNT, Warszawa 1995, s. 144.
- Roman Stanisław Ingarden, *Fizyka i fizycy, studia i szkice z historii i filozofii fizyki*, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 1994, s. 262.

## Informacje dla autorów

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

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

# POSTĘPY FIZYKI

(dwumiesięcznik)

## WARUNKI PRENUMERATY

Cena prenumeraty krajowej w 1995 r. wynosi 8 zł 25 gr za pół roku, 16 zł 50 gr za rok. Wpłaty na prenumeratę przyjmują:

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

## PRENUMERATA DLA CZŁONKÓW PTF

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

## PRENUMERATA ZAGRANICZNA

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

## INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

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

## SPIS TREŚCI

M. Mulak, R. Gonczarek – Fraktalna struktura stanów podstawowych jedno-wymiarowego modelu Isinga .....	315
A. Graja – Nadprzewodniki organiczne – spełnione i niespełnione nadzieje ..	327
WSPOMNIENIA – ROCZNICE	
A. Pilawski – Fizyka w Oflagu VII A – Murnau .....	353
ROZMOWY	
O optyce geometrycznej i termodynamice informacyjnej, a także o Lwowie, Wrocławiu i Toruniu – Rozmowa z R.S. Ingardenem .....	357
NOWE URZĄDZENIA I TECHNIKI EKSPERYMENTALNE	
J. Kownacki – Warszawski cyklotron i Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów .....	389
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI .....	397
RECENZJE .....	401
KRONIKA .....	405

## CONTENTS

M. Mulak, R. Gonczarek – The fractal nature of the one-dimensional Ising model ground states .....	315
A. Graja – Organic superconductors – fulfilled and unfulfilled hopes .....	327
RECOLLECTIONS – ANNIVERSARIES	
A. Pilawski – Physics in POW Camp VII A – Murnau .....	353
DEBATES	
On geometrical optics and information thermodynamics, and also on Lwów, Wrocław and Toruń – An interview with R.S. Ingarden .....	357
NEW DEVICES AND EXPERIMENTAL TECHNIQUES	
J. Kownacki – Warsaw cyclotron and Heavy Ion Laboratory .....	389
MEETINGS AND CONFERENCES .....	397
REVIEWS .....	401
CHRONICLE .....	405