
PTF

**DWUMIESIĘCZNIK
POŚWIĘCONY
UPOWSZECHNIANIU
WIEDZY
FIZYCZNEJ**

POSTĘPY FIZYKI

**TOM 27
ZESZYT 1
1976**

P O L S K I E T O W A R Z Y S T W O F I Z Y C Z N E

ZARZĄD

Prezes

Prof. dr ZDZISŁAW WILHELMI

Wiceprezesa

Prof. dr ROMAN S. INGARDEN
Prof. dr BOHDAN KARCZEWSKI

Sekretarz Generalny

Doc. dr JAROSŁAW PIASECKI

Skarbnik

Doc. dr KAZIMIERZ ROSIŃSKI

Członkowie Zarządu

Prof. dr JULIAN AULEYTNER
Prof. dr ANDRZEJ BIAŁAS
Prof. dr ANDRZEJ BUDZANOWSKI
Mgr HENRYK KACZOREK
Doc. dr ADAM KUJAWSKI
Prof. dr JAN STANKOWSKI

oraz redaktorzy czasopism PTF

Prof. dr WIESŁAW CZYŻ
Doc. dr TOMASZ HOFMOKL
Prof. dr PRZEMYSŁAW ZIELIŃSKI

PRZEWODNICZĄCY ODDZIAŁÓW TOWARZYSTWA

Prof. dr hab. EUDOKIA OSTASZEWICZ (*Białystok*)
Doc. dr BOGDAN CAŁUSIŃSKI (*Częstochowa*)
Doc. dr JERZY GRZYWACZ (*Gdańsk*)
Dr hab. ANDRZEJ ZASTAWNY (*Głównice*)
Dr MAREK ZRALEK (*Katowice*)
Doc. dr hab. WITOLD PRECHT (*Koszalin*)
Prof. dr KAZIMIERZ GROTOWSKI (*Kraków*)
Doc. dr hab. BOGDAN ADAMCZYK (*Lublin*)
Doc. dr JERZY JATCZAK (*Łódź*)
Doc. dr JAN MOCHNIAK (*Opole*)
Doc. dr hab. JERZY PIETRZAK (*Poznań*)
Doc. dr hab. MAREK RYTEL (*Rzeszów*)
Doc. dr TADEUSZ REWAJ (*Szczecin*)
Doc. dr hab. STANISŁAW ŁĘGOWSKI (*Toruń*)
Doc. dr hab. WACŁAW NAZAREWICZ (*Warszawa*)
Doc. dr hab. CECYLIA WESOŁOWSKA (*Wrocław*)

ADRES ZARZĄDU

00-681 WARSZAWA, ul. Hoża 69

P O L S K I E T O W A R Z Y S T W O F I Z Y C Z N E

POSTĘPY FIZYKI

DWUMIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY UPOWSZECHNIANIU
WIEDZY FIZYCZNEJ

TOM 27, ZESZYT 1

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE
1976

RADA REDAKCYJNA

Przewodniczący — Szczepan Szczeniowski, czł. koresp. PAN,
Członkowie — Władysław Kapuściński, Ludwik Natanson,
Leonard Sosnowski, czł. rzecz. PAN, Przemysław Zieliński

KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor Naczelny — Przemysław Zieliński
Członkowie Redakcji — Barbara Wojtowicz, Zygmunt Ajduk

Adres Redakcji: ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa

Państwowe Wydawnictwo Naukowe — Oddział w Krakowie, ul. Smoleńsk 14.

Nakład 2817 + 133 egz. Ark. wyd. 8,5. Ark. druk. 6 + 2 wkł.

Papier druk sat. kl. III. 70 × 100, 70 g.

Oddano do składania w październiku 1975

Podpisano do druku w styczniu 1976

Druk ukończono w styczniu 1976

Zam. 893/75. P-22. Cena 15.—

Drukarnia Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, Manifestu Lipcowego 13.

STAŁE FIZYCZNE

Wielkość	Oznaczenie	Wartość i w nawiasach odchylenie standardowe ostatnich cyfr		Niepewność względna w milionowych
Prędkość światła w próżni	c	299792458(1,2)	m s^{-1}	0,004
Przenikalność magnetyczna próżni	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$	H m^{-1}	
Przenikalność elektryczna próżni	$\epsilon_0 = 1/\mu_0 c^2$	$1,25663706144 \cdot 10^{-6}$	H m^{-1}	
Stała Plancka	h	$6,626176(36) \cdot 10^{-34}$	J Hz^{-1}	5,4
	$\hbar = h/2\pi$	$1,0545887(57) \cdot 10^{-34}$	J s	5,4
		$6,582173(17) \cdot 10^{-22}$	MeV Hz^{-1}	2,6
	$\hbar c$	$3,161577(17) \cdot 10^{-26}$	J m	5,4
		$1,9732858(51) \cdot 10^{-13}$	MeV m	2,6
Elektryczny ładunek elementarny	e	$1,6021892(46) \cdot 10^{-19}$	C	2,9
Stała struktury subtelnej	$\alpha = e^2/4\pi\epsilon_0 \hbar c$	$7,2973506(60) \cdot 10^{-3}$		0,82
	α^{-1}	137,03604(11)		0,82
Masa spoczynkowa elektronu	m_e	$9,109534(47) \cdot 10^{-31}$	kg	5,1
	$m_e c^2$	0,5110034(14)	MeV	2,8
Stosunek ładunku do masy elektronu	e/m_e	$1,7588047(49) \cdot 10^{11}$	C kg^{-1}	2,8
Masa spoczynkowa mionu	m_μ	$1,883566(11) \cdot 10^{-28}$	kg	5,6
	$m_\mu c^2$	105,65948(35)	MeV	3,3
	m_μ/m_e	206,76865(47)		2,3
Masa spoczynkowa protonu	m_p	$1,6726485(86) \cdot 10^{-27}$	kg	5,1
	$m_p c^2$	938,2796(27)	MeV	2,8
	m_p/m_e	1836,15152(70)		0,38
Masa spoczynkowa neutronu	m_n	$1,6749543(86) \cdot 10^{-27}$	kg	5,1
	$m_n c^2$	939,5731(27)	MeV	2,8
Stosunek Josephsona częstości do napięcia	$2e/h$	$4,835939(13) \cdot 10^{14}$	Hz V^{-1}	2,6
Kwant strumienia magnetycznego	$h/2e$	$2,0678506(54) \cdot 10^{-15}$	Wb	2,6
Klasyczny promień elektronu	$r_e = e^2/4\pi\epsilon_0 m_e c^2$	$2,8179380(70) \cdot 10^{-15}$	m	2,5
Przekrój czynny Thomsona	$\sigma_e = 8\pi r_e^2/3$	$0,6652448(33) \cdot 10^{-28}$	m^2	4,9
Długość fali Comptona elektronu	$\lambda_C = h/m_e c$	$2,4263089(40) \cdot 10^{-12}$	m	1,6
	$\hbar_C = \lambda_C/2\pi$	$0,38615905(64) \cdot 10^{-12}$	m	1,6
Promień Bohra	$a_0 = 4\pi\epsilon_0 \hbar^2/m_e e^2$	$0,52917706(44) \cdot 10^{-10}$	m	0,82
Stała Rydberga	$R_\infty = a/4\pi a_0$	10973731,77(83)	m^{-1}	0,075
	$R_\infty \hbar c$	13,605804(36)	eV	2,6
Magneton Bohra	$\mu_B = e\hbar/2m_e$	$9,274078(36) \cdot 10^{-24}$	J T^{-1}	3,9
		$5,788378(9) \cdot 10^{-9}$	eV G^{-1}	1,7
Magneton jądrowy	$\mu_N = e\hbar/2m_p$	$5,050824(20) \cdot 10^{-27}$	J T^{-1}	3,9
		$3,1524515(53) \cdot 10^{-12}$	eV G^{-1}	1,7

STAŁE FIZYCZNE (c. d.)

Wielkość	Oznaczenie	Wartość i w nawiasach odchylenie standardowe ostatnich cyfr	Niepewność względna w milionowych
Moment magnetyczny elektronu	μ_e	$9,284832(36) \cdot 10^{-24}$ J T ⁻¹	3,9
	μ_e/μ_B	1,0011596567(35)	0,0035
	μ_e/μ_p	658,2106880(66)	0,010
Moment magnetyczny mionu	μ_μ	$4,490474(18) \cdot 10^{-26}$ J T ⁻¹	3,9
	$\mu_\mu/(e\hbar/2m_\mu)$	1,00116616(31)	0,31
	μ_μ/μ_p	3,1833402(72)	2,3
Moment magnetyczny protonu	μ_p	$1,4106171(55) \cdot 10^{-26}$ J T ⁻¹	3,9
	μ_p/μ_B	$1,521032209(16) \cdot 10^{-3}$	0,011
	μ_p/μ_N	2,7928456(11)	0,38
Moment magnetyczny protonów w H ₂ O	μ_p'/μ_B	$1,52099322(10) \cdot 10^{-3}$	0,066
Współczynnik giromagnetyczny protonu	$\gamma_p = 2\mu_p/\hbar$	$2,6751987(75) \cdot 10^8$ s ⁻¹ T ⁻¹	2,8
	$\gamma_p/2\pi$	$4,257711(12) \cdot 10^7$ Hz T ⁻¹	2,8
Współczynnik giromagnetyczny protonów w H ₂ O	$\gamma_p' = 2\mu_p'/\hbar$	$2,6751301(75) \cdot 10^8$ s ⁻¹ T ⁻¹	2,8
	$\gamma_p'/2\pi$	$4,257602(12) \cdot 10^7$ Hz T ⁻¹	2,8
Liczba Avogadra	N_A	$6,022045(31) \cdot 10^{23}$ mol ⁻¹	5,1
Atomowa jednostka masy (10 ⁻³ kg mol ⁻¹ N _A ⁻¹)	u	$1,6605655(86) \cdot 10^{-27}$ kg	5,1
	uc ²	931,5016(26) MeV	2,8
Stała Faradaya	$F = N_A e$	96484,56(27) C mol ⁻¹	2,8
Stała Boltzmanna	k	$1,380662(44) \cdot 10^{-23}$ J K ⁻¹	32
		$8,61735(28) \cdot 10^{-5}$ eV K ⁻¹	32
Stała Stefana-Boltzmannna	$\sigma = \pi^2 k^4/60\hbar^3 c^2$	$5,67032(71) \cdot 10^{-8}$ W m ⁻² K ⁻⁴	125
Pierwsza stała promieniowania	$c_1 = 2\pi\hbar c^2$	$3,741832(20) \cdot 10^{-16}$ W m ³	5,4
Druga stała promieniowania	$c_2 = hc/k$	$1,438786(45) \cdot 10^{-2}$ m K	31
Objętość molowa gazu doskonałego w warunkach normalnych (273,15 K; 1 atm)	V_m	$22,41383(70) \cdot 10^{-3}$ m ³ mol ⁻¹	31
Liczba Loschmidta	$L = N_A/V_m$	$2,686754(84) \cdot 10^{25}$ m ⁻³	32
Stała gazowa	$R = N_A k$	8,31441(26) J mol ⁻¹ K ⁻¹	31
Stała grawitacyjna	G	$6,6720(41) \cdot 10^{-11}$ N m ² kg ⁻²	615
Stosunek jednostki kX do angstroma ($\lambda(\text{CuK}\alpha_1) = 1,537400$ kX)	$A = \lambda(\text{Å})/\lambda(\text{kX})$	1,0020772(54)	5,3

Wg E. R. Cohen, B. N. Taylor, *J. Phys. Chem. Ref. Data* 2, 663 (1973), opracował Maciej Suffczyński.

Roman Stanisław Ingarden

Instytut Fizyki
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Toruń

Wojciech Rubinowicz
(22. II. 1889 — 13. X. 1974).

Szkic biograficzny Cz. I

Adalbert Rubinowicz

(February 22, 1889 — October 13, 1977)

Biographical Essay. Part I

Abstract: A detailed biography of a very distinguished Polish physicist Adalbert Rubinowicz is presented. He discovered the boundary diffraction wave (1917), the selection and polarization rules of quantum physics (1918), and the multipole radiation (1930), all on theoretical way, and was an author of numerous excellent investigations in theoretical and mathematical physics. He studied in Czerniowce (Czernowitz, Chernovtsy; Ph. D. 1914), worked at Institutes of A. Sommerfeld (1916—1918) and N. Bohr (1920, 1922), became docent (reader) in Czerniowce (1918) and professor in Ljubljana (1920), Lwów (Polytechnics 1922, University 1937) and Warsaw (1946, Prof. Emeritus 1959).

1. Wstęp

Wojciech Rubinowicz należy do tej nielicznej grupy najwybitniejszych polskich fizyków, których nazwisko można znaleźć nawet w zwięzłych i popularnych opracowaniach historii fizyki światowej. Biorę do ręki dwie spośród najbardziej znanych tego typu książek: *Historię fizyki* M. Lauego [1] i popularną w Ameryce *A History of Physics* F. Cajori'ego [2]. Pierwsza z nich wymienia z Polaków: Mikołaja Kopernika, Karola Olszewskiego, Wojciecha Rubinowicza, Marię Skłodowską-Curie, Mariana Smoluchowskiego i Zygmunta Wróblewskiego, a druga: Mikołaja Kopernika, Stanisława Lorie, Karola Olszewskiego, Wojciecha Rubinowicza, Marię Skłodowską-Curie, Witelona i Zygmunta Wróblewskiego. Drobną i raczej przypadkową fluktuacją listy drugiej wobec listy pierwszej

(która wydaje się bardziej wyważona) obejmuje m. in. Stanisława Lorie, który w latach 1937—1941 kolegował z Wojciechem Rubinowiczem na Uniwersytecie Lwowskim jako profesor fizyki doświadczalnej (Rubinowicz zajmował tam wówczas katedrę fizyki teoretycznej). Tak się złożyło, że właśnie w tym czasie byłem uczniem ich obu jako student fizyki tego uniwersytetu.

W korespondencji naukowej prof. Rubinowicza udostępnionej mi uprzejmie przez jego Syna znalazłem interesujący list Władysława Natansona (1864—1937), przed wojną nestora naszych teoretyków, wybitnego fizyka (był m. in. pionierem teorii procesów nieodwracalnych) i człowieka o wielkiej i wszechstronnej kulturze. W podziękowaniu za gratulacje Rubinowicza z okazji otrzymania przez Natansona doktoratu honorowego Uniwersytetu Jagiellońskiego Natanson zawarł lapidarną charakterystykę dorobku Rubinowicza połączoną z niezwykle skromną oceną własnych osiągnięć. Cytuję wstępny fragment listu:

3. Studencka
dn. 15 maja 1930 r.

Wielce Szanowny Panie i Kolego!

Jak najserdeczniej jestem Panu zobowiązany za tak miłe, za tak zaszczytne słowa, które zechciał mi Pan przesłać przy sposobności dnia dzisiejszego. Nie mogłem dostąpić wyższej nagrody i lepszej radości, aniżeli gdy spotykają mnie wyrazy uznania badacza europejskiej miary i niepospolitej w Nauce zasługi. Wiem wprawdzie, że na te dowody uczuć najlepszych nie zasługuję, że życie moje spłynęło bez niewątpliwej zdobyczy (...).

Sądzę, że tak uprzejme słowa skierowane do znacznie młodszego kolegi (Rubinowicz był 25 lat młodszy od Natansona) mają jednak swoją wymowę. Natanson zaproponował Rubinowicza na członka korespondenta PAU, a przy swoim przejściu na emeryturę po r. 1934 na swego następcę na katedrze fizyki teoretycznej UJ. Rubinowicz przyjął w zasadzie zaproszenie (do czego namawiał go również Sommerfeld), ale poprosił o roczną zwłokę ze względu na sprawy mieszkaniowe (posiadał już wtedy willę we Lwowie). Na tym sprawa ta się rozbiła, gdyż Wydziałowi zwłoka ta nie odpowiadała i zaprosił na katedrę prof. Jana Weyssenhoffa z Wilna. (Pośrednio jednak wpłynęło to na sytuację Rubinowicza, gdyż na miejsce Weyssenhoffa przeniósł się do Wilna prof. Szczepan Szczeniowski, zwalniając katedrę fizyki teoretycznej Uniwersytetu Jana Kazimierza we Lwowie, na którą zaproszono Rubinowicza z Politechniki Lwowskiej.)

Artykuł niniejszy jest pomyślany nie tylko jako wspomnienie pośmiertne oparte na osobistych impresjach i gorących uczuciach ucznia do swego niezapomnianego profesora, ale przede wszystkim jako pierwsza skromna próba źródłowego opracowania biografii prof. Rubinowicza. Ze względu na z natury rzeczy ograniczoną objętość artykułu nie jestem w stanie wykorzystać w całości materiałów dokumentalnych, jakimi dysponuję dzięki uprzejmości Rodziny i Uczniów warszawskich Profesora. Sądzę, że po materiały te sięgną kiedyś historycy nauki, rozwijając i korygując to, co tutaj napisałem.

Chcąc przede wszystkim przybliżyć postać prof. Rubinowicza jako człowieka (jego podstawowe dzieła są dziś łatwo dostępne w nowym pięknym wydaniu

prac oryginalnych [3], przygotowanym przez Instytut Fizyki PAN), chciałbym się w maksymalnym stopniu posłużyć jego własnymi słowami, a także oryginalnymi słowami osób, które z nim korespondowały w odpowiednich okresach. Oprócz listów, jak wyżej zacytowany, mam do dyspozycji dwa kapitalne źródła.

W r. 1961 Amerykańskie Towarzystwo Fizyczne łącznie z Amerykańskim Towarzystwem Filozoficznym powołało specjalny komitet pod przewodnictwem prof. J. A. Wheelera w celu przeprowadzenia wywiadów z czołowymi twórcami fizyki kwantowej, czynnymi w latach 1913—1938 i zabezpieczenia odpowiedniej dokumentacji. Z ramienia tego komitetu prof. Théo Kahan i prof. John L. Heilbron przeprowadzili dnia 18 maja 1963 r. w Warszawie wywiad z prof. Rubinowiczem, nagrany na taśmę magnetofonową i następnie przepisany na maszynie (33 strony maszynopisu). Prof. Rubinowicz opracował następnie na piśmie (7 stron maszynopisu) odpowiedzi na pytania zawarte w liście prof. Heilbrona z dnia 12 lipca 1963 r. oraz przypuszczalnie również na życzenie komitetu artykuł *Zur Geschichte meiner Entdeckung der Auswahl- und Polarisationsregeln* (*Przyczynek do historii mego odkrycia reguł wyboru i reguł polaryzacji*, 10 stron maszynopisu, nie publikowany dotychczas).

Drugim źródłem jest rodzaj pamiętnika lub autobiografii naukowej, który prof. Rubinowicz opracował z mojej inicjatywy w związku z przygotowaniem do wydania jego dzieł zbiorowych (na wzór np. not autobiograficznych w dziełach zbiorowych Carathéodory'ego i Sommerfelda). Poprzednikiem tego opracowania jest jego artykuł w „Postęпах Fizyki” [4], będący tekstem odczytu wygłoszonego w Toruniu na sesji naukowej poświęconej 80-leciu urodzin prof. Rubinowicza. W związku z tym, że ostatecznie wydano dzieła wybrane [3], a nie zbiorowe, nota autobiograficzna (*Autobiographical Memoir*, [3] s. 467—473) ukazała się w skróconej postaci, natomiast w notatkach pozostało znacznie większe opracowanie, obejmujące osiem 16-stronicowych zeszytów szkolnych, zapisanych jednostronnie i numerowanych kolejno. Notatki te staram się maksymalnie wykorzystać w niniejszym opracowaniu, wielokrotnie w postaci obszernych, dosłownych cytatów. W dalszym ciągu notatki te będę nazywać „pamiętnikiem”.

2. Sadagóra

O swoich pierwszych latach życia Rubinowicz pisze w pamiętnikach (s. 1): „Urodziłem się dnia 22 lutego 1889 r. w Sadagórze, małej miejscinie na Bukowinie. Ojciec mój Damian Rubinowicz już jako uczeń gimnazjalny brał udział w powstaniu 1863 r. Po jego upadku wyemigrował do Rumunii, gdzie początkowo jako robotnik przy budowie dróg zarabiał na życie. Następnie pracował w Bukareszcie w pewnej drogerii, a później w aptece. Studia farmaceutyczne ukończył na Uniwersytecie Lwowskim. W ten sposób został aptekarzem, a później właścicielem apteki w Sadagórze. Ożeniony był z Małgorzatą Anielą Hildegardą Brodowską, córką właściciela dóbr ziemskich Piotrowce nad Seretem. Małżeństwo

ich było bardzo szczęśliwe. Ich współzycie stawiano innym za przykład. Mieli sześcioro dzieci, trzy córki i trzech chłopców, z których tylko siostra Seweryna i ja dożyliśmy wieku starszego. Reszta umarła na gruźlicę płuc, ponieważ podczas pierwszej wojny światowej nie można było leczyć klimatycznie, jedyną w owych latach używaną metodą leczenia gruźlicy”.

Opierając się na dokumentach rodzinnych, można podać dodatkowe dane o rodzinie Rubinowicza: ojciec urodził się dnia 14 listopada 1842 r. w Uhnowie* i zmarł 15 maja 1920 r. w Czerniowcach, matka urodziła się 30 listopada 1856 r. w Budzińcu na Bukowinie i zmarła w r. 1922 w Czerniowcach. Pobrali się 7 lutego 1875 r. w Starożyńcu na Bukowinie. Rodzice ojca: Sylwester Rubinowicz i Anna z Grocholskich, rodzice matki: Jan Brodowski i Karolina z domu Elnain.

Daty urodzin dzieci:

- | | | |
|-----------------------------|--------------|--------------------------------|
| 1. Seweryna Emma Jadwiga | 19. 4. 1887 | (zm. w 1965 r. w Suczawie) |
| 2. Wojciech Sylwester Piotr | 22. 2. 1889 | (zm. 13. 10. 1974 w Warszawie) |
| 3. Zofia Maria Waleria | 30. 1. 1891 | (zm. 20. 3. 1923 w Zakopanem) |
| 4. Maria Wiesława Laura | 5. 9. 1896 | (zm. w okr. I wojny świat.) |
| 5. Tadeusz Ewaryst Kornel | 26. 10. 1897 | (zm. w okr. I wojny świat.) |
| 6. Mieczysław Saturnin Jan | 28. 11. 1899 | (zm. 6. 9. 1916 w Zakopanem). |

Wojciech został ochrzczony w kościele rzym.-kat. św. Michała w Sadagórze dnia 25 marca 1889 i jak wynika z metryki urodzenia i chrztu (ryc. 1), rodzice w tym czasie mieszkali w domu nr 22 w Sadagórze (była to istotnie miejscowość niewielka, jeśli adres nie określał ulicy). W nagłówku dokumentu czytamy: „Imperium Austriae, Ducatus Bucovinae, Districtus Czernovitz; Archidioecesis Leopoliensis, Decanatus Czernovitzensis, Parochia Sadagóra”. Rodzicami chrzestnymi byli: ks. Wojciech Grocholski, proboszcz rzym.-kat. w Budzanowie, najprawdopodobniej krewny matki, oraz Maria Bilińska, żona właściciela majątku (realitatis) w Rohoźnie (3 km od Sadagóry). Zawód (conditio) ojca został określony jako „magister pharmatiae et proprietarius realitatis”.

Aby lepiej się zorientować w bliższej ojczyźnie i środowisku Rubinowicza, sięgniemy do niedawno wydanej książki Emila Biedrzyckiego *Historia Polaków na Bukowinie* [5]. Czytamy tam na s. 15: „Nazwa Bukowina jako oznaczenie jednostki polityczno-administracyjnej nadana została temu krajowi przez Austrię i tak długo była używana urzędowo i powszechnie, jak długo trwało tam panowanie austriackie, tj. od 1775 do 1918. Znana była ta nazwa już szereg wieków wcześniej, ale tylko jako oznaczenie niektórych połaci kraju pokrytych puszczą bukową (...). Z tymi ziemiami zetknęli się Polacy po raz pierwszy w historii w połowie XIV wieku. Wtedy to Kazimierz Wielki, zajmując Ruś Halicką, posunął się dalej ku południowi i zdobył na Tatarach także Ziemię Szypińską lub Szypieniecką (Terra Sepenicensis), zwaną tak od ważnej wówczas handlowo miejscowości Szypienice (ukr. Šypynci) — dziś mała wieś, kilkanaście kilometrów na północny zachód od Czerniowiec. Ziemia ta zamieszkiwana prze-

* Między Rawą Ruską a Hrubieszowem, wówczas po stronie Galicji, dziś po stronie radzieckiej (pobliski Uhnówek leży po stronie polskiej).

Imperium Austriae. Archidiecesis Leopoldinensis
 Praefatus Bucovinae. N^o 148 Decanatus Chernovitzensis
 Districtus *Czernowitz* Parochia *Sadagora r.l.*

Testimonium ortus et baptismi.

Officium parochiale ecclesiae *Sadagorensis r.l.* *1899* *Michaelis* omnibus et singulis
 quorum interest aut interesse poterit praesentibus testatur, in libro metricae baptismatorum pro
Sadagora destinato, tomo *II* pag. *37* Nr. ser. *17* sequentia reperiri
 Anno Domini, Millesimo *utringentesimo octogesimo nono*
 hoc est *1889* die *utringentesimo octavo* mensis *Februarii*
 natus sub Nro domus *22* at die *25 Martii* ab *P. Michaeli*
Chistowski Curato loci baptisatus est:

Nomen baptisati	Numerus domus	Religio	Sexus	Thorus	Parentes et conditio	Patrini et conditio
<i>Adalbertus Silvester Petrus</i>	<i>22</i> <i>Sadagora r.l.</i>	<i>Romanus Catholicus r.l.</i>	<i>masculinus</i>	<i>Sadagora</i>	<i>Rubinowicz</i> <i>Familiarius magister pharmacopoeiae et proprietarius vici habitatus plebanus ecclesiae et Curiae Bro- cholei r.l. Theresiaribus Prodo- vici filius juvenis praeparatorum bonorum in Petrovitz et Caroli- nac Elend r.l.</i>	<i>P. P. Adalbertus Brocholski paroch. in Budaanov Maria Rubinowicz ux. Simeonis pro- paratorii publicitatis in Bohem.</i>

In quorum fidem has testimoniales literas sigillo ecclesiae munitas manu propria subscribo.

Datum *Sadagora* die *1^o Julii* 1899

Johannes Grogg
Chernovitzensis

Ryc. 1. Metryka urodzenia i chrztu Wojciecha Rubinowicza

ważnie przez ludność ruską ciągnęła się od Czeremoszu ku wschodowi między Prutem a górnym biegiem Seretu, a od ujścia Czeremoszu do Prutu na północny zachód ku Dniestrowi i stanowiła w swej zachodniej części dalszy ciąg Pokucia,

a w swej wschodniej części przechodziła w terytorium Podola. (...) Ziemia Szypińska należała do korony polskiej przez półtora wieku i przechodziła w tym czasie kilkakrotnie pod władztwo gospodarów mołdawskich bądź jako zastaw, bądź jako lenno, bądź też jako zdobycz. W traktacie polsko-węgiersko-mołdawskim z 1498/9r. po nieszczęsnej wyprawie bukowińskiej króla Jana Olbrachta, Ziemia Szypińska przypadła Stefanowi Wielkiemu mołdawskiemu i stanowiła odtąd część Mołdawii. (...) W roku 1774, kiedy dobiegał końca stan wojenny między Rosją a Turcją (pod której panowaniem znajdowała się wówczas Mołdawia), wojska austriackie zajęły na podstawie porozumienia między Austrią a Rosją część północną Mołdawii, okupowaną przez tę ostatnią. Stanowiła ona



Ryc. 2. Rodzice: Małgorzata i Damian Rubinowiczowie ok. r. 1886

dla Austrii pomost między zabraną Polsce dwa lata wcześniej Galicją a Siedmiogrodem. Po kilkumiesięcznych pertraktacjach dyplomatycznych Porta Otomańska, jako zwierzchniczka Mołdawii, podpisała konwencję wyrażającą zgodę na odstąpienie Austrii tego skrawka ziemi (...). Tak zdobyła Austria bez wystrzału i straty kropli krwi Bukowinę jako wynagrodzenie za pośrednictwo pokoju upragnionego przez obie strony wojujące, Rosję i Turcję. Powierzchnia Bukowiny wynosiła 10 500 km² (...). Górzysty teren zajmuje (...) większą część terytorium, zwłaszcza na południu. Klimat ma cechy umiarkowanie kontynentalno-stepowe (...), długie, mroźne i obfitujące w opady śnieżne zimy i krótkie, bogate w deszcze wiosny, gorące lata i piękne zazwyczaj jesienie. (...) Od (...) 1787 (...) przyłączona została Bukowina do Galicji jako obwód (cyrkul, Kreis) i podlegała gubernium we Lwowie. (...) W r. 1849 oddzielono Bukowinę

od Galicji, podniesiono ją jako odrębny kraj koronny do rangi księstwa i nadano jej osobną administrację oraz autonomię, a od r. 1861 własny herb i sejm krajowy. Po wyodrębnieniu Bukowina była jeszcze do końca rządów austriackich związana z Galicją w niektórych gałęziach administracji, (...) kościół rzymskokatolicki podlegał kurii arcybiskupiej lwowskiej, a grecko-katolicki, czyli unicki, kurii biskupiej stanisławowskiej. Na czele rządu krajowego stał mianowany przez cesarza prezydent kraju (...). Rząd krajowy podlegał rządowi centralnemu w Wiedniu. (...) Zaludnienie Bukowiny w chwili okupacji austriackiej wynosiło według urzędowych danych szacunkowych około 75 000 mieszkańców, czyli około 7 osób na km². W dwanaście lat później taki sam szacunek wykazał już ok. 120 tysięcy, według niektórych nawet 150 tysięcy. Ten znaczny wzrost przypisać należy przede wszystkim napływowi ludności chłopskiej z Galicji. Prócz tego zaczęła się już w tych latach planowa kolonizacja kraju Niemcami, Węgrami i Lipowanami (czyli Rosjanami starowiercami). Wzrost zaludnienia postępował szybko naprzód, a wraz z nim zagospodarowanie kraju”.

W r. 1890 Bukowina liczyła 646,6 tys., a w r. 1910 800,1 tys. mieszkańców. Udział Polaków na Bukowinie w okresie życia tam Rubinowicza nieco wzrastał i wynosił ok. 5% ludności. Polacy związani byli przeważnie z obszarnictwem i inteligencją miejską, częściowo z wykwalifikowanymi robotnikami i rzemieślnikami, głównie jako emigracja zarobkowa. Ogólnie struktura gospodarcza i społeczna Bukowiny była w tym okresie wybitnie zacofana. Według statystyki z 1912 r. ([5], s. 71) 71,14% ludności utrzymywało się z gospodarstw chłopskich, 10,41% z przemysłu, 9,38% z handlu i transportu, 9,07% ze służby publicznej (urzędnicy, wolne zawody itd.). Gospodarstwa karłowate na wsi (do 1 ha) dominowały ilościowo (59,25% ogółu gospodarstw rolnych), ale zajmowały tylko drobny ułamek powierzchni rolnej (4,55%), podczas gdy wielkie gospodarstwa (głównie obszarnicze i kościelne, 20—1000 ha) zajmowały aż 69,17% powierzchni. Pańszczyzna została zniesiona patentem cesarskim w r. 1848, ale nie wpłynęło to znacznie na zmianę struktury rolnej. Przemysł był słabo rozwinięty, łączna ilość robotników przemysłowych wynosiła na początku XX w. ok. 6 tys. Byli to już jednak w pewnym stopniu robotnicy politycznie świadomi, gdyż np. w r. 1905 z okazji rewolucji w Polsce i w Rosji w strajkach wzięło udział 2619 robotników w 209 przedsiębiorstwach.

Sadagóra liczyła wówczas ok. 4 tysięcy mieszkańców, w tym kilkuset (w kategorii 101—500) Polaków miało polską szkołę i polską czytelnię, polski kościół. Leżała ok. 10 km na północ od Czerniowiec, stolicy kraju, po drugiej stronie Prutu, kilka kilometrów od rzeki, nad jednym z jego drobnych dopływów. Okazuje się, że istnienie w Sadagórze polskiej szkoły i czytelnicy wiąże się ściśle z działalnością ojca Wojciecha, aptekarza Damiana Rubinowicza, a także tamtejszego proboszcza, ks. Michała Piotrowskiego, który ochrzcił Wojciecha.

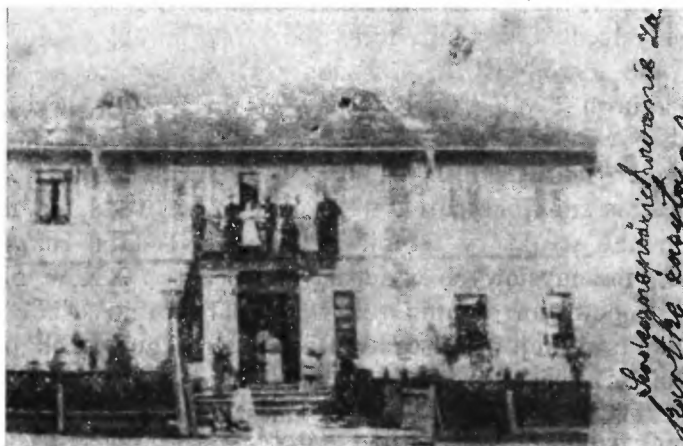
Zacytuję wszystkie wzmianki o Damianie Rubinowiczu w książce Biedrzyckiego [5], s. 42: „Również na fotelach burmistrzowskich miast i miasteczek prowincjonalnych zasiadali Polacy. W Suczawie był burmistrzem w latach osiemdziesiątych XIX w. Władysław Kuczyński, w Serecie Hugo Podhajski,

w Radowcach w tych latach Julian Trompeteur, w latach dziewięćdziesiątych XIX w. Emil Bojanowski, a krótko przed pierwszą wojną dr Kazimierz Żukowski, w Sadagórze aptekarz Damian Rubinowicz dwukrotnie itp.”.

S. 110: „We wrześniu tegoż roku 1890 ukazał się w „Gazecie Polskiej” artykuł pt. *O pogwałcone prawa*. Autor powraca do sprawy usunięcia języka polskiego



Ryc. 3. Bliższa i dalsza rodzina ok. r. 1900, Wojciech trzeci od lewej



Ryc. 4. Dom i apteka Damiana Rubinowicza w Sadagórze

ze szkoły sadagórskiej. W listopadzie udała się deputacja rodziców prowadzona przez proboszcza ks. Michała Piotrowskiego i byłego burmistrza Sadagóry aptekarza Damiana Rubinowicza do prezydenta kraju z żądaniem przywrócenia tej nauki na tej podstawie, iż liczba dzieci polskich w tej gminie przewyższa znacznie wymaganą ustawą ilość, a ponadto akt fundacyjny szkoły wyraźnie zastrzegł prowadzenie nauki języka polskiego. W dziesięć dni po tej interwencji Krajowa Rada Szkolna zarządziła rozpoczęcie nauki języka polskiego”.

S. 142: „Do uroczyście i regularnie obchodzonych rocznic należały rocznice powstania listopadowego i styczniowego, Konstytucji 3 Maja itp. Nawiasem przypomnieć wypada, że wśród Polonii żyli jeszcze niektórzy uczestnicy tych powstań i brali czynny udział w życiu polskich organizacji. Gdy w r. 1891 rząd krajowy zabronił publicznego obchodu rocznicy trzeciomajowej, ograniczono się zarówno w Czerniowcach, jak i na prowincji do nabożeństwa z okolicznościowym kazaniem i do prywatnego zebrania towarzyskiego. W Sadagórze w domu burmistrza Damiana Rubinowicza odbyło się z tej okazji przyjęcie, na którym na wniosek studenta praw uniwersytetu czerniowieckiego, członka „Ogniska”, Władysława Mierzwińskiego, postanowiono założyć w tym miasteczku Czytelnię, co wkrótce potem urzeczywistniono”.

O swoim dzieciństwie w Sadagórze pisze Rubinowicz (pam., s. 2): „Dzieciństwo moje było bardzo smutne. Byłem przykuty do łóżka, chorując na gruźlicę stawu biodrowego. Jeszcze dzisiaj przypominam sobie bóle, które z powodu tej choroby znosić musiałem. Rodzice moi, którzy otaczali mnie troskliwą opieką, obawiali się, z powodu mojego wątłego zdrowia, posyłać mnie do publicznej szkoły powszechnej. Uczyłem się więc w domu przy pomocy nauczyciela. Przypominam sobie, że wówczas lubiłem rozwiązywać zadania matematyczne. W tym okresie zacząłem interesować się zjawiskami fizycznymi. Pierwsze moje wiadomości z fizyki czerpałem z pewnego polskiego podręcznika fizyki, przeznaczonego dla trzeciej i czwartej klasy gimnazjalnej, nazwisko autora którego niestety już zapominałem. W każdym razie próbowałem wykonywać najprymitywniejsze doświadczenia, jak np. wywoływać triboluminescencję przy pomocy tarcia dwu kawałków cukru. Oczywiście znajdował się w moim ówczesnym laboratorium fizycznym także stary dzwonek elektryczny. Miałem także soczewkę, która niegdyś należała do latarki rowerowej. Z egzaminu z czwartej klasy szkoły powszechnej otrzymałem świadectwo, w którym z jednym tylko wyjątkiem wszystkie oceny były bardzo dobre. Wyjątkiem była tylko gimnastyka. Mimo tego świadectwa nie zdałem egzaminu wstępnego do gimnazjum. Powodem była słaba znajomość języka niemieckiego. Egzamin wstępny zdawałem mianowicie do gimnazjum niemieckiego, ponieważ polskie gimnazjum powstało dopiero parę lat później, a uczęszczać do gimnazjum ukraińskiego lub rumuńskiego nie miało sensu. Dopiero rok później udało mi się zostać uczniem pierwszego gimnazjum państwowego w Czerniowcach”. Miał wtedy lat 11, był rok 1900. W tym roku opuścił Sadagórę i przeniósł się na naukę do Czerniowiec, gdzie mieszkał chwilowo na stacji, aż do r. 1907, gdy rodzice sprzedali aptekę w Sadagórze, kupili inną w Czerniowcach i przenieśli się tam zamieszkując przy ówczesnej ulicy Neuweltgasse. Okres dzieciństwa skończył się.

3. Czerniowce

Czerniowce nie były dużym miastem, ale największym na Bukowinie. W r. 1910 liczyły 85 427 mieszkańców, przy czym procent ludności polskiej niemal czterokrotnie przekraczał odpowiedni procent dla całej Bukowiny, co

oczywiście wiąże się ze strukturą zawodową tej ludności, w dużym stopniu urzędniczej, zawodów wolnych itp. Jednakże, jak pisze Biedrzycki (s. 113), „najgorzej przedstawiała się sprawa szkół polskich w samej stolicy kraju, pod bokiem polskich organizacji i instytucji, gdzie mieszkało wówczas (początek XX w.) według statystyki urzędowej 12 tysięcy Polaków. (...) Na 120 nauczycieli w (...) 13 publicznych szkołach czerniowieckich posiadało kwalifikacje: z języka niemieckiego 120, z rumuńskiego 30, z ukraińskiego 36, z polskiego 4.” Jeszcze gorzej było w szkolnictwie średnim, a najgorzej w wyższym. Oba te stopnie służyły konsekwentnie germanizacji ludności w jej wykształconych warstwach i, jeśli tego celu faktycznie nie osiągnęły w sensie narodowościowym, to jednak nadały na ogół swym wychowankom pewne niezbywalne cechy niemczyzny kulturalnej. Skarżył się na to także przez całe życie Wojciech Rubinowicz, który mimo że miał trudności z niemieckim przy wstąpieniu do gimnazjum, ostatecznie skończył uniwersytet z dużo lepszą znajomością języka niemieckiego niż polskiego, szczególnie jeśli chodzi o język naukowy, literacki itp. W dalszym bowiem nauczaniu wpływ domu malał, a wpływ szkoły i bezpośredniego otoczenia rósł, impulsy zaś kulturalne przychodziły do Czerniowiec drogą przez Wiedeń, a nie przez Polskę, która w tym sensie leżała znacznie dalej, niezależnie od tego czy się było synem powstańca 1863 r., czy nie.

W Czerniowcach w tym czasie istniały 3 ogólnokształcące szkoły średnie, „gimnazja”: [5], s. 119: „Pierwszą szkołą średnią ogólnokształcącą na Bukowinie było państwowe gimnazjum w Czerniowcach. Założone w 1808 r., przetrwało do końca I wojny światowej. Początkowo było ono pięcioletnie, później sześcioletnie. Od 1849 przekształcono je na ośmioklasowe gimnazjum klasyczne, dołączając do sześciu gimnazjalnych klas istniejące w Czerniowcach od r. 1815 dwuletnie liceum, czyli studium filozofii jako siódmą i ósmą klasę. Do 1849 r. językiem wykładowym oraz językiem akt szkolnych i rozmów na terenie szkoły była łacina, a obok niej kultywowano język niemiecki. Od 1849 r. zapanował wszechwładnie język niemiecki. (...) W tym gimnazjum, które w ciągu przeszło pół wieku jako jedyna tego typu szkoła na Bukowinie była oczkiem w głowie austriackich czynników rządowych i z czasem stała się pepiniarą dalszych gimnazjów czerniowieckich i prowincjonalnych, element polski wśród personelu nauczycielskiego i uczniowskiego był stosunkowo bardzo liczny”, jednakże stale malał. Przeciętny procent Polaków: nauczyciele 1808—1849 40,5%, 1850—1908 11,9%, uczniowie 1808—1850 30,9%, 1851—1909 14,7%, 1901—1908 (czas nauki Rubinowicza) 6,2%. „W tym gimnazjum język polski został dopuszczony jako przedmiot nauczania od roku 1870, kiedy to wprowadzono go jako przedmiot nadobowiązkowy w wymiarze 2 godzin tygodniowo”. Czy Wojciech Rubinowicz korzystał z tych lekcji, nie posiadam niestety informacji.

Wspomnienia Rubinowicza z czasów szkolnych brzmią jak następuje (pam., s. 3): „Ponieważ rodzice moi mieszkali w Sadagórze, ulokowano mnie na stacji u państwa Krzyżanowskich, właścicieli apteki w Czerniowcach. Podczas studiów gimnazjalnych byłem w ogólności uczniem przeciętnym, ale żadnej klasy nie repetowałem. W klasie trzeciej dostałem raz ze szkolnego wypracowania mate-

matycznego ku memu wielkiemu zdumieniu ocenę niedostateczną. Okazało się mianowicie, że pewne zadanie geometryczne rozwiązałem inaczej niż pozostali moi koledzy, tak że nauczyciel matematyki nie spostrzegł, że zadanie jest poprawnie rozwiązane. Uznał jednak moją reklamację i poprawił mi ocenę mojej pracy. W klasie czwartej mieliśmy świetnego nauczyciela fizyki. Był nim doktor sub auspiciis Imperatoris Filip Broch, były adiunkt obserwatorium astronomicznego w Wiedniu. Nie szczędził on trudu, by nam pokazywać przeróżne doświadczenia, zawsze starannie przygotowane. Pamiętam np., że pokazywał nam w 1904 r. fale elektromagnetyczne. Swoim pięknym wykładem wzniecał w naszych duszach zapal do fizyki. W trzeciej i czwartej klasie gimnazjalnej



Ryc. 5. Wojciech Rubinowicz w 17 roku życia, wiosna 1905, Czerniowce

miałem także świetny podręcznik fizyki. Autorem jego był prof. Alois Höfler, który w Teresianum (słynnej szkole we Wiedniu) uczył fizyki Mariana Smoluchowskiego. Podręcznik ten odznaczał się tym, że zawierał pytania bez odpowiedzi, zmuszające jednak czytelnika do myślenia. Stanowił on dla mnie lekturę pasjonującą. Nie miałem jednak szczęścia do nauczycieli matematyki. Nauczyciel, który uczył nas matematyki począwszy od klasy czwartej aż do ósmej, kładł nacisk na zadania wymagające do ich rozwiązywania rachunków liczbowych, których nienawidziłem z głębi serca mojego. — Rodzice moi otaczali mnie zawsze pieczołowitą opieką. Starali się także dać mi wszechstronne wykształcenie. Miałem więc będąc w gimnazjum nauczycielkę, która udzielała mi lekcji fortepianu, ale także języka francuskiego i angielskiego. Była to kuzynka słynnej Bertę Suttner, autorki powieści *Die Waffen nieder*. Guwernantka moich siostr wtajemniczyła mnie w arkana stenografii, niestety niemieckiej systemu

Stolze-Selney. Przydała mi się bardzo podczas moich studiów uniwersyteckich. I dziś jeszcze się nią posługuję, pisząc np. list lub pracę naukową w języku niemieckim. Nie mogę zrozumieć, dlaczego u nas w Polsce stenografia ma tak mało adeptów”. Niestety właśnie dlatego nie możemy wykorzystać notatek korespondencji naukowej i prac naukowych pozostawionych przez prof. Rubinowicza w wielkiej ilości (z reguły nie sporządzał on bowiem kopii kalkowych dla własnego użytku), napisanych z zasady w stenografii niemieckiej. „Będąc w ósmej klasie gimnazjalnej, zachorowałem na gruźlicę płuc. Rodzice wysłali mnie wówczas do Zakopanego, do sanatorium dra Dłuskiego, ożenionego z siostrą Marii Skłodowskiej-Curie. Mimo tego, że przez dłuższy czas nie mogłem uczęszczać do szkoły, ukończyłem ósmą klasę. Z fizyki dostałem tylko notę „befriedigend” (zadawalająco, dostatecznie), co ówczesny nauczyciel uzasadnił faktem, że nie widziałem jego doświadczeń fizycznych. Z matematyki otrzymałem taką samą ocenę. Ale prywatnie już opanowałem rachunek różniczkowy i całkowity, przetwarzając odnośne tomiki „Sammlung Göschen”. Wykonałem także wszystkie zadania ze zbiorów zadań tego samego wydawnictwa. Bodźcem do wykonania tego przedsięwzięcia było przekonanie, że do poznania praw fizyki konieczna jest znajomość „wyższej” matematyki. Z wielkim zainteresowaniem czytałem popularne pisma i wykłady Helmholtza” („Vorträge und Reden”).

„Po zdaniu matury w 1908 r. rozpocząłem na życzenie Ojca praktykę w jego aptece w Czerniowcach. Chyba, że rok przedtem Ojciec kupił aptekę w Czerniowcach, sprzedawszy swoją aptekę w Sadagórzce. Będąc jednak chory na gruźlicę płuc, nie spodziewałem się długiego życia. Postanowiłem więc robić to, co mi sprawia przyjemność i zacząłem na Uniwersytecie w Czerniowcach studiować matematykę i fizykę. (...) Według ówczesnego planu studiów dla farmaceutów w Austrii powinienem był po dwuletniej praktyce w aptece zdać egzamin ze zdobytych umiejętności farmaceutycznych przed komisją aptekarską i zapisać się na uniwersytecie na dwuletnie studium farmaceutyczne. Egzamin wprawdzie zdałem [12. 7. 1908], choć nie bardzo umiałem rozpoznawać różnych ziół, ale równocześnie otrzymałem od prof. Geitlera tak pochlebne świadectwo z odbytych ćwiczeń fizycznych, że postanowiłem dalej studiować fizykę i matematykę. Nie zdawałem sobie wówczas sprawy z tego, że była to decyzja, która przesaadziła o losach całego mojego następnego życia”.

Zanim przejdę do następnych wspomnień prof. Rubinowicza pragnę dodać parę informacji o Uniwersytecie w Czerniowcach. Nosił on wówczas nazwę Uniwersytetu Franciszka Józefa (Alma Mater Francisco-Josephina) i powstał w r. 1875, na stulecie aneksji Bukowiny przez Austrię. W tym czasie Czerniowce były jeszcze zupełnie małym miastem (w r. 1869 liczyły 33 884 mieszkańców, w r. 1880 45 600, co było już jednak znacznym postępem wobec 5063 mieszkańców w r. 1794; [6] s. 186), jednakże rozwój kraju wymagał przede wszystkim kształcenia prawników. W r. 1868 Polak, ale poseł z ramienia partii niemiecko-liberalnej, Antoni Kochanowski (burmistrz Czerniowiec w ciągu 28 lat: 1866—1874 i 1887—1905) wystąpił na Sejmie Bukowińskim z wnioskiem do rządu centralnego o powołanie w Czerniowcach wyższego studium prawniczego.



Ryc. 6. Wojciech Rubinowicz z ojcem ok. r. 1908



Ryc. 7. Grupa rodzinna na Bukowinie ok. r. 1914, Wojciech R. (trzeci od prawej), Małgorzata R. (piąta od lewej), Damian R. (szósty od prawej)

Wniosek ten podjął w r. 1872 w Sejmie Bukowińskim dr Konstanty Tomaszczuk (prawnik, późniejszy profesor i pierwszy rektor Uniwersytetu w Czerniowcach) „nadając mu formę wniosku nagłego do rządu centralnego i rozszerzając jego treść w kierunku założenia uniwersytetu” ([5] s. 124). 31 marca 1875 r. cesarz Franciszek Józef zatwierdził odpowiednią ustawę i wydał patent, w którym pisze m. in. ([7] s. 8): „In Ausführung dieses Gesetzes gründen und errichten

Wir hiemit die Universität in Czernowitz, welcher Wir zugleich die Führung Unseres Namens als „Czernowitzer k.k. Franz-Josephs-Universität“ hiemit allerhuldvollst gestatten“ i pod koniec wyraźnie dodaje „... so möge auch Unsere Universität darin eine Aufforderung ersehen, ihrerseits die treue österreichisch, Gesinnung zu hegen und zu pflegen...“ („...niech także nasz Uniwersytet widzi w tym swoje zadanie, aby ochraniać i pielęgnować wierne austriackie poczucie...“). To ostatnie było niewątpliwie głównym dążeniem rządu w powołaniu na tych ziemiach niemieckiego uniwersytetu. Uniwersytet ten posiadał od początku 3 wydziały: teologii prawosławnej (Griechisch-orientalische Fakultät), prawniczy (Rechts- und staatswissenschaftliche Fakultät) i filozoficzny (Philosophische Fakultät), z których jednak jedynie prawniczy był względnie liczny i rozwijał się ilościowo (p. poniższa statystyka [7]):

Wydział	Ilość studentów			
	r. ak. 1875/76		r. ak. 1899/1900	
	sem. zim.	sem. letn.	sem. zim.	sem. letn.
Teologii prawosławnej	39	38	36	36
Prawniczy	104	101	292	306
Filozoficzny	48	38	53	50
Razem:	191	177	381	392

W ostatnim roku swego normalnego funkcjonowania, jako uniwersytet niemiecki, w r. ak. 1913/14, uniwersytet posiadał ok. 1100 studentów. Według dzisiejszych kryteriów był to więc uniwersytet mały, a nawet bardzo mały. Jednakże były to inne czasy i należy pamiętać, że jeszcze w okresie międzywojennym nawet znane i dobre uczelnie miały stosunkowo niewielkie ilości studentów (np. przedwojenna Politechnika Wrocławska liczyła ok. 300 studentów). Udział kobiet wśród studentów był wówczas minimalny lub żaden: na Uniwersytecie Czerniowieckim pierwsza kobieta pojawiła się na wydziale filozoficznym w r. ak. 1897/98, w r. 1899/90 były na tym wydziale 4 studentki (czytamy w odsyłaczach do statystyki studentów w [7]: „darunter 1 Dame“, „darunter 3 Damen“). Jeśli chodzi o udział Polaków wśród studentów, to był on dosyć znaczny: w r. 1875/6 wynosił 16,5% studentów wydziałów prawa i filozofii łącznie (wydział teologii prawosławnej nie wchodził oczywiście w grę), w r. 1899/1900 11,3%, w r. 1913/14 8,75% [5] s. 124, wykazywał więc jednak tendencję spadkową. W gronie nauczającym w okresie dziejów niemieckiego uniwersytetu w Czerniowcach było tylko dwóch Polaków: prof. Alfred Halban na wydziale prawa (1894—1905) oraz Wojciech Rubinowicz jako docent i kierownik katedry fizyki teoretycznej w latach 1918—1920, te ostatnie lata wychodzą już jednak właściwie poza ten okres, wkraczając już częściowo w okres rumuński.

Wydział Filozoficzny dzielił się na oddziały: filologiczny, historyczno-filozoficzny i matematyczno-przyrodniczy. Na tym ostatnim były następujące

jednostki organizacyjne: Seminarium Matematyczne oraz Instytuty (katedry): chemii, fizyki doświadczalnej, fizyki teoretycznej, mineralogii, botaniki i zoologii. Jeśli chodzi o katedrę fizyki teoretycznej, to w latach 1875—1890 zajmował ją Antoni Wassmuth, pracujący w dziedzinie elektromagnetyzmu i termodyna-



Ryc. 8. Instytut Fizyki Uniwersytetu w Czerniowcach, Metzgergasse 18a



Ryc. 9. Rynek w Czerniowcach w r. 1908

miki, w pewnym okresie współpracownik Kirchhoffa, a od r. 1891 Ottokar Tumlirz, który podobnie jak Wassmuth przybył do Czerniowiec z Pragi, ale o którego pracy naukowej nie mam bliższych informacji. W okresie studiów Rubinowicza katedrę tę zajmował Michał Radaković, o którym opowiem niżej własnymi słowami Rubinowicza. W r. 1915 Radaković przeniósł się do Grazu, gdzie został profesorem politechniki i gdzie zmarł 15 sierpnia 1934 r. w wieku 68 lat.

O swoich studiach pisze Rubinowicz jak następuje (pam., s. 8): „Miałem

szczęście, bo na Uniwersytecie w Czerniowcach wykładali wówczas fizykę i matematykę profesorowie dbający o swoich studentów. Z wdzięcznością zawsze więc ich wspominam. Fizykę doświadczalną wykladał prof. Józef v. Geitler, kuzyn (siostrzeniec) sławnego Henryka Hertza, u którego się doktoryzował. Tematem jego pracy były układy sprzężone występujące w zestawie aparatury służącej do wytwarzania fal elektromagnetycznych w tak zwanych drutach Lechera. Była to chyba pierwsza praca badająca elektromagnetyczne układy sprzężone. Pokazywał nam bardzo starannie dobrane doświadczenia podczas



Ryc. 10. Józef Plemelj jako profesor matematyki Uniw. w Czerniowcach (zdjęcie z 29. 11. 1907)

swoich wykładów. Miał bardzo ładnie i celowo urządzone praktikum dla studentów początkujących i zaawansowanych. Aby dostać się do praktikum, trzeba było zdać kolokwium z wykładów profesora, tzn. z jednego roku tych wykładów, ponieważ one trwały przez dwa lata. Prof. Geitler był bardzo bogaty. Posiadał w Czerniowcach siedmiopokojowe mieszkanie oraz własnego wierzchowca, na którym zawsze rano urządzał sobie przejażdżki. W r. 1912 zostałem asystentem profesora Geitlera. W tym czasie opublikował on pracę, w której wykazał, że można wzbudzać rezonansowo każdą z obu częstości drgań, które posiada układ sprzężony złożony z dwu identycznych układów drgających harmonicznie. Gdy w r. 1918 Austria się rozpadła, prof. Geitler był zmuszony wykładać na Politechnice w Grazu sygnalizację kolejową, nad czym bardzo ubolewał". Zmarł w Grazu 20 czerwca 1923 r. w 53 roku życia.

„Gdy wstąpiłem w r. 1908 na Uniwersytet w Czerniowcach, wykladał na nim matematykę tylko prof. Józef Plemelj. Na wykłady przychodził prawie zawsze nieprzygotowany. Często zdarzało się więc, że jego wykład zaczynał się od słów: „To co Państwu powiedziałem na ostatniej godzinie było fałszywe”. Ale zdaje się właśnie dlatego, że wykładając sam sobie musiał wyjaśniać co wykladał, wykłady jego były bardzo interesujące. Ponieważ był jedynym przedstawicielem matematyki na całym Uniwersytecie w Czerniowcach, musiał wykladać wszystkie działy matematyki. Szczególnie podobały mi się jego wykłady z teorii funkcji analitycznych. Umiłowanie tego działu matematyki pozostało mi na całe życie. Muszę powiedzieć, że jego wykładom bardzo dużo zawdzięczam. Podczas wykładu prof. Plemelj był zawsze bardzo zaafekowany. Zdarzyło mu się raz, że zamiast gąbką pościierał tablicę własnym kapeluszem. Prof. Plemelj publikował wprawdzie bardzo mało prac, ale za to bardzo wartościowe”.

Józef Plemelj urodził się 11 grudnia 1873, gdy więc Rubinowicz rozpoczął słuchać jego wykładów, Plemelj miał 35 lat, był więc stosunkowo młodym profesorem, co jest widoczne na zdjęciu z tego czasu. Był on Słoweńcem i po pierwszej wojnie światowej spowodował zaproszenie Rubinowicza do Lublany, o czym powiemy jeszcze dokładniej niżej. Plemelj żył bardzo długo i Rubinowicz spotkał się z nim jeszcze po drugiej wojnie światowej, gdy był w Jugosławii, w Zagrzebiu, Dubrowniku i w Bled, z okazji konferencji ku czci Boskovića w r. 1958. Zacytuje ostatni list Plemelja do Rubinowicza (tłum. z niem.):

Ljubljana, 7 stycznia 1964
Igriška 2

Drogi Kolego!

Na Pański miły list z 11. VIII. 1963, który bardzo mnie ucieszył, odpowiadam tak późno, czego się bardzo wstydzę. Za to mogę jednak poinformować o wielu takich rzeczach, o których nie mógłbym donieść w przeciwnym wypadku. Naprzód, że z trzęsienia ziemi nie odczuliśmy niczego i dopiero dowiedzieliśmy się o nim z komunikatów radiowych. O nas mogę przede wszystkim donieść, że co do zdrowia, to dosyć dobrze przetrwaliśmy rok 1963. Wielkim wydarzeniem były moje 90-te urodziny przypadające na 11. XII. 1963. Oczekiwałem poniekąd, że dzień ten będzie obchodzony w Akademii Nauk, ale że będzie święcony publicznie z taką pompą w całej Jugosławii, jakżeż mogłem o tym pomyśleć. Wszystkie gazety, radio, telewizja, były tego pełne. Uroczystość na uniwersytecie odbyła się w wielkim stylu i nagle znalazłem się otoczony przez osoby, które jako polityków znałem przeważnie tylko z nazwiska, gdyż nie miały one żadnego związku z matematyką, a ja przez całe życie byłem tylko skromnym nauczycielem i pracownikiem matematyki. Obecnie otrzymałem od prezydenta państwa najwyższy z istniejących orderów. Uroczystości te zabrały mi dwa miesiące z mojej obecnej pracy. Tłumacząc mianowicie ze słoweńskiego na niemiecki moją książkę o teorii funkcji opublikowaną w 1953 r. Gdyby ktoś chciał np. wydać kiedyś tę książkę w języku angielskim, będzie łatwiej znaleźć tłumacza niż z języka słoweńskiego. Jeśli jeszcze dodam, że teraz ukazała się w Ameryce książka pt. *Problems in the sense of Riemann and Klein*, która zawiera część moich najważniejszych wyników matematycznych, to poinformuje Pana o wszystkim, co mogło by Pana interesować. Mogę więc na tym skończyć,

pięknie pozdrowić Pana i Pańską Żonę
i życzyć dobrego Nowego Roku

J. Plemelj.

Plemelj dożył więc jeszcze piękniejszego wieku niż Wojciech Rubinowicz i, podobnie jak ten ostatni, doszedł do publicznego uznania swoich osiągnięć naukowych oraz tak wielkiego zaszczytu jak osobista dekoracja najwyższym orderem Jugosławii przez prez. Tito. Kto zna dobrze prace Rubinowicza, ten wie, jak wielką rolę odgrywają w nich metody funkcji analitycznych, których nauczył się od Plemelja, nie jest więc mimo wszystko przesadą bardzo lapidarne określenie B. Średniawy ([8] s. 145), że Rubinowicz „studiował w Czerniowcach u Plemelja”.

Powracamy do wspomnień Rubinowicza (pam., s. 10): „Przedstawicielem fizyki teoretycznej był profesor Michał Radaković, uczeń Boltzmann, bardzo



Ryc. 11. Józef Plemelj jako emerytowany prof. mat. Uniw. w Lublanie (zdjęcie z r. 1958)

dobry dydaktyk, starający się zapoznać swoich studentów z najnowszymi osiągnięciami fizyki teoretycznej. W czasie gdy uczęszczałem na jego seminarium (1908—1914), referowano tam np. podczas pewnego semestru książkę Plancka o promieniowaniu czarnym. Lubiłem bardzo jego wykłady. Był to jedyny przedmiot, z którego w każdym semestrze składałem dobrowolnie kolokwium z wyjątkiem wykładu z termodynamiki, której nie lubiłem. Do swoich studentów odnosił się Radaković po ojcowsku. Pewnego razu zaprosił do siebie do domu uczestników swojego seminarium na herbatę. Pamiętam, że w celu złożenia tej wizyty sprawiłem sobie „Schlussrock”, bo inaczej przecież nie wypadało pójść do profesora z wizytą. Podczas swojej działalności w Czerniowcach Radaković opublikował pracę o podstawach mechaniki klasycznej”. We wspomnianym wyżej

wywiadzie z T. Kahanem i J. L. Heilbronem powiedział Rubinowicz w pewnym miejscu (s. 2): „Na temat mojej dysertacji doktorskiej natknąłem się, gdy Radaković zaproponował mi zreferować na seminarium słynną pracę Sommerfelda o dyfrakcji” (o sprawie tej będzie jeszcze poniżej mowa dokładniej).

K: Czy mogę Pana zapytać: czym uczniem był ten Radaković? Skąd przyszedł? [„Woher kam er?”],

R: Przyszedł z Innsbrucku i był uczniem Boltzmann.

Ludwig Boltzmann (1844—1906) nigdy nie był profesorem w Innsbrucku, lecz kolejno w: Grazu (uniw., fiz. teor., 1869—1873), Wiedniu (uniw., matemat., 1873—1876), Grazu (uniw., fiz. dośw., 1876—1889), Monachium (uniw., fiz. teor., 1889—1894), Wiedniu (uniw., fiz. teor., 1894—1900), Lipsku (uniw., fiz. teor., 1900—1902) i znowu w Wiedniu (uniw., fiz. teor., 1902—1906). Radaković, który mógł studiować w latach 1884—1889, najprawdopodobniej więc studiował w Grazu i to u Boltzmann (formalnie przynajmniej) fizykę doświadczalną. Można więc przypuszczać, że potem został docentem lub profesorem w Innsbrucku (jest tam uniwersytet zał. w r. 1669), zanim przyszedł do Czerniowiec. Jak wspomnieliśmy, katedra fizyki teoretycznej w Czerniowcach była zajęta co najmniej do r. 1900 przez O. Tumlirza (prof. nadzw. 1891, prof. zwyczaj. 1894 [7] s. 69, 74). Gdy Rubinowicz rozpoczął studia, Radaković miał lat 42.

K: Przepraszam więc, dziękuję bardzo. A więc on [Radaković] postawił Panu problem [pracy doktorskiej]?

R: Nie postawił mi tego problemu, przekazał mi tylko pracę Sommerfelda do referowania.

Wracam do pamiętnika (s. 11): „Podczas moich studiów na Uniwersytecie w Czerniowcach przybył tam w r. 1910 drugi matematyk, prof. Hans Hahn, bardzo młody, ale bardzo zdolny matematyk, autor licznych poważnych prac matematycznych, ożeniony z córką jednego z bardzo wpływowych profesorów Uniwersytetu Wiedeńskiego. Wykłady swoje przygotowywał zawsze bardzo starannie. Sformułowanie jakiegoś twierdzenia matematycznego zawierało zawsze wszystkie bez wyjątku założenia. Podczas przeprowadzania dowodu nigdy nie wprowadzał nowych założeń. Jeżeli powtarzał jakieś twierdzenie matematyczne, to czynił zawsze dosłownie, w jednym i tym samym brzmieniu co poprzednio. Po pierwszej wojnie światowej był profesorem Uniwersytetu we Wiedniu i współpracował z matematykami w Polsce”*. Istotnie, wystarczy wziąć do ręki *Topologię* Kuratowskiego czy *Funkcje rzeczywiste* Sikorskiego, aby przekonać się, jak często cytowane są tam książki czy prace Hahna. Przede wszystkim chodzi tu o klasyczną monografię H. Hahna, *Theorie der reellen Funktionen* (Berlin 1921), ale także i o inne jego książki: *Reelle Funktionen* (Leipzig 1932) i *Set Functions* (z A. Rosentalem, Albuquerque 1948). Hahn stał się wybitnym specjalistą tzw. „nowoczesnej matematyki”, czyli matematyki opartej konsekwentnie na podstawach teorii mnogości i topologii, szczególnie — jak wia-

*) Znane jest np. w analizie funkcjonalnej twierdzenie Hahna-Banacha o rozszerzeniu funkcjonalów liniowych.

domo — rozwijanej w Polsce po pierwszej wojnie światowej. Była to już nowa epoka w rozwoju matematyki i jest naprawdę zadziwiająca, jak wcześniej przyszła ona do Czerniowców. Do fizyki wpływ tych nowych idei dotarł naprawdę dopiero w ostatnich latach, tworząc nowy kierunek fizyki matematycznej. Wówczas odstęp tej matematyki od badań fizycznych był jeszcze zbyt wielki, nie też dziwnego, że Rubinowicz, który zaczął od fizyki doświadczalnej, ale pozostawał pod przemożnym wpływem i czarem metod klasycznej analizy i funkcji analitycznych, raczej nie widział jeszcze wtedy niczego szczególnie interesującego w matematyce Hahna. Sam fakt jednak, że już wtedy zetknął się z „obu matematykami” miał duże znaczenie i pozwolił mu wyczuć głębszy sens np. w takiej zabawnej dyskusji, o której opowiada w wyżej wspomnianej odpowiedzi na list Heilbrona (s. 4): „Sommerfelds Virtuosität, mit der er sich der Mathematik bediente, versetzte uns immer in grosses Staunen, wenn er auch darin nichts



Ryc. 12. Wojciech Rubinowicz i Elżbieta Norst w r. 1914 w Czerniowcach

besonderes sah. So sagte er z.B. zum Mathematiker Pringsheim: 'Meine Mathematik besteht in bunter Kreide', worauf ihm dieser prompt antwortete: 'Sie ist auch danach'". (Wirtuozostwo Sommerfelda, z którym się posługiwał matematyką, budziło zawsze w nas wielki zachwyt, gdy on sam nie widział w tym niczego szczególnego. Powiedział np. do matematyka Pringsheima: 'moja matematyka polega na kolorowej kredzie', na co mu ten szybko odpowiedział: 'ona jest też odpowiednia do tego'). (Pam., s. 13): „Wykłady uniwersyteckie stenografowałem, aby móc je następnie studiować. Gdy byłem już starszym studentem i z jakiegoś tam powodu nie mogłem być na wykładzie, moja późniejsza żona, która w 1910 r. zaczęła studiować na Uniwersytecie w Czerniowcach fizykę i matematykę, udostępniła mi ofiarnie dany wykład. Starłem się jej za to rewanżować kwiatami, które będąc już asystentem trzymałem zamknięte w szufladzie, aby zataić to przed otoczeniem. Oczywiście wzbudzało to jej wesołość”. (S. 2): „Późniejsza żona moja urodziła się dnia 30 listopada 1892 r.

w Czerniowcach na Bukowinie jako córka radcy rządu i późniejszego radcy dworu [dra] Antoniego Norsta (ur. 30. 4. 1859 w Załuczu koło Zbaraza, zm. 11. 4. 1939 w Wiedniu, zajmował on przez długie lata stanowisko sekretarza Uniwersytetu w Czerniowcach [7]) oraz jego żony Olgi z domu Weckenmann (ur. 16. 8. 1869 w Czerniowcach, zm. 20. 7. 1948 w Wiedniu). W latach 1902—1910 uczęszczała do tego samego gimnazjum w Czerniowcach co ja w latach 1900—1908. Ale tam nigdy nie spotkaliśmy się. Po maturze chciała właściwie studiować medycynę, którą kochała przez całe swoje życie. Ale to byłoby połączone z wyjazdem z Czerniowiec, bo Uniwersytet w Czerniowcach nie posiadał wydziału medycznego. A na wyjazd rodzice nie chcieli się zgodzić. Zapisła się więc w 1910 r. na Wydział Filozoficzny Uniwersytetu w Czerniowcach na studium fizyki i matematyki. Nie wiem, w jaki sposób poznałem moją żonę. Wiem tylko tyle, że już w Czerniowcach szukałem zawsze jej towarzystwa. I tak moi rodzice mieszkali w Czerniowcach na Neuweltgasse, a jej na Franzensgasse. Moja droga do Instytutu Fizyki prowadziła więc koło jej mieszkania. Nie wiem już jak to urządziłem, ale zawsze starałem się w jej towarzystwie iść do Instytutu. Po drodze szliśmy przez rynek, gdzie przed południem odbywał się targ i gdzie ona w drodze do Instytutu albo w drodze powrotnej robiła zakupy. Wówczas oczywiście musiałem na nią czekać. Niekiedy zdarzało się, że podchodziły do mnie przekupki lub gospodynie wiejskie, oferując i zachwalając mi swój towar, co mnie wprowadzało w zakłopotanie. Zawsze podziwiałem umysł mojej przyszłej żony, który pozwalał jej zrozumieć w mgnieniu oka najbardziej zawiłe rozważania matematyczne lub fizyczne, podczas gdy ja musiałem niekiedy walczyć ze zrozumieniem. Ona znowu uważała, że jestem dobrze zapowiadającym się naukowcem, ponieważ pewnego razu prof. Radaković wyraził się o mnie pochlebnie, w co ona zdaje się uwierzyła. Jak powiedziałem moja przyszła żona udostępniała mi wykłady, na których nie mogłem być obecny. Jej zawdzięczam także, że zdałem egzamin z filozofii, który był warunkiem dopuszczenia do egzaminu nauczycielskiego, odpowiadającego mniej więcej naszemu magisterium. Przed sałą wykładową, w której profesor filozofii [Ryszard] Wahle [ur. 1859 w Wiedniu, dr i hab. na Uniw. w Wiedniu, w Czerniowcach: 1896 prof. nadzw., 1898 prof. zwycz., [7] s. 70] egzaminował, czekaliśmy mianowicie na swoją kolej. Ona mnie zaczęła poduczać, bo byłem bardzo słabo przygotowany. Właśnie chciała mi wyjaśnić co to jest w filozofii „ein Objektiv” i zaczęła od przykładu ławki. W tym momencie zostałem wywołany do egzaminu. Gdy stanąłem przed obliczem prof. Wahlego, zapytał mnie „Was ist ein Objektiv?” (co to jest przedmiot (sądu)?; termin „das Objektiv” jest specjalnością niemieckiej terminologii filozoficznej według Meinonga i H. Maiera, [9] s. 332). Ja oczywiście zacząłem od przykładu, którym on się zadowolił. I w ten sposób zdałem egzamin z filozofii”.

S. 13: „W 1912 r. zaproponował mi prof. Geitler po czteroletnim studium uniwersyteckim (zakończonym egzaminem nauczycielskim) posadę asystenta przy Zakładzie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu w Czerniowcach. Otrzymałem wówczas dekret nominacyjny zaadresowany do „Wielmożnego Pana”

(„Wohlgeborenen Herrn”). Do moich obowiązków jako asystenta należało przygotowywanie doświadczeń do wykładów prof. Geitlera oraz prowadzenie ćwiczeń fizycznych pierwszego i drugiego stopnia. Ćwiczenia wykonywali studenci indywidualnie. Niektóre ćwiczenia, jak np. pomiar natężenia pola magnetycznego wielkiego elektromagnesu lub pomiar skręcenia płaszczyzny polaryzacji w polu magnetycznym (efekt Faradaya), trzeba było przeprowadzać w miejscu ustawienia elektromagnesu, bo jego transport był kłopotliwy. Pomiary te nie odbywały się więc w salach ćwiczeń. Po zamążpójściu żona posądzała mnie o to,



Ryc. 13. Wojciech Rubinowicz, E. Norst i koledzy w r. 1914

że umyślnie dawałem jej te i inne ćwiczenia, aby móc z nią flirtować. Równocześnie z nominacją zaproponował mi prof. Geitler temat pracy doktorskiej. Miałem sprawdzić doświadczalnie czy w myśl poglądów Henryka Hertza działa na prądy przesunięcia zewnętrzne pole elektromagnetyczne siłami ponderomotorycznymi. Miałem do dyspozycji pierwszorzędą aparaturę. Niegasnące drgania elektromagnetyczne o dość wielkiej mocy wytwarzała lampa Poulsena. Oś pierścienia z metalu bardzo energicznie ustawiała się prostopadle do osi cewki, w której odbywały się drgania elektromagnetyczne. Przetrzymany pierścień metalowy ogrzewał się momentalnie tak, że nie można go było utrzymać w ręku. Natomiast na pierścień dielektryczny pole elektromagnetyczne nie działało wcale. Po dłuższych rozważaniach znalazłem wytłumaczenie tego zjawiska. Płoczniny różnicy faz pola w pierścieniu dielektrycznym oraz w cewce miały średnią wartość zerową. Po tym niepowodzeniu w pracy doświadczalnej postanowiłem spróbować swoich sił w pracy teoretycznej. Pewnego razu prof. Radaković

dał mi do zreferowania na swoim seminarium słynną pracę Sommerfelda (1896) o dyfrakcji na półpłaszczyźnie, która podawała ściśle rozwiązanie tego zagadnienia w przypadku harmoniczno-periodycznej w czasie fali padającej. Wówczas spostrzegłem, że Love w swoim podręczniku hydrodynamiki stosuje transformację Fouriera, aby z zasady Helmholtza-Huygensa dla fal harmoniczno-periodycznych otrzymać zasadę Huygensa-Kirchhoffa dla fal o dowolnej zależności od czasu. Postanowiłem więc zastosować transformację Fouriera także do rozwiązań zagadnień dyfrakcyjnych na półpłaszczyźnie i na klinie podanych przez innych autorów niż Sommerfeld w przypadku różnych źródeł harmonicznych fal padających. Musiało oczywiście się to udać, ponieważ zależność czasowa



Ryc. 14. Wojciech Rubinowicz w r. 1914

jest w tych przypadkach liniowa. Później stwierdziłem, że Sommerfeld już w 1901 r. podał na innej drodze ściśle rozwiązanie zagadnienia dyfrakcyjnego w przypadku płaskiej fali padającej na półpłaszczyznę. Pozostały mi jednak do opracowania wszystkie inne przypadki. W ten sposób powstała moja rozprawa doktorska. Moja promocja doktorska odbyła się dnia 7 lipca 1914 r., a więc bezpośrednio przed wybuchem pierwszej wojny światowej (28 lipca 1914)”.

Z powodu wybuchu wojny praca doktorska Rubinowicza nie została nigdy opublikowana. Wydaje się, że w chwili obecnej istnieje tylko jeden jej egzemplarz, który znajduje się w moim posiadaniu (otrzymałem go w darze od państwa

Rubinowiczów). Pani Rubinowiczowa, ówczesna panna Elżbieta (Else) Norst, przepisała tę pracę pięknie na maszynie, wzory równie pięknie wpisał Wojciech (o ile się nie mylę w rozpoznaniu charakteru pisma). Zarówno format papieru (210×340 mm), bardzo wydłużony, zamiast dziś znormalizowanego (210×293 mm), jak i wielka czcionka (duże litery wysokości ok. 3,5 mm, podczas gdy dziś przeważnie używane mają ok. 2,5 mm), robią wrażenie staroświeckie. Na stronie tytułowej, w prawym rogu u góry, znajduje się ręczna notatka



Ryc. 15. Wojciech Rubinowicz w r. 1916

niebieskim ołówkiem: „zugew. [oddano] 16/5 1914, Radaković u. Plemelj Ple.” pisana ręką Plemelja i z jego podpisem. Notatka ta zdaje się świadczyć, że mamy przed sobą egzemplarz oryginalny, który służył (obu!) recenzentom, i został potem od nich wycofany. Wniosek ten zdaje się potwierdzać również fakt, że egzemplarz jest pierwowpisem, a nie kopią kalkową. Na środku strony tytułowej znajduje się tytuł i nazwisko autora:

ZUR FRAGE DER STRENGEN
LOESUNG EINIGER BEUGUNGSPRO-
BLEME AM KEIL UND WINKELSPIEGEL.
Adalbert RUBINOWICZ.

(Przyczynek do zagadnienia ścisłego rozwiązania niektórych problemów dyfrakcyjnych na klinie i zwierciadle klinowym. Wojciech Rubinowicz.) Praca liczy 73 strony oprócz strony tytułowej (lub kart, bo jest zapisana jednostronnie). Nie posiada spisu rzeczy, wykazuje jednak podział na następujące ustępy:

	str.
I. Einleitung	1
II. Formulierung des bei der Beugung elektromagnetischer Wellen an einem vollkommen leitenden Keil auftretenden Randwertproblems	5
III. Kirchhoffs Methode zur Lösung der Beugungsprobleme	9
IV. Die bisher bekannten strengen Lösungen der Beugungsprobleme	15
V. Zurückführung des Beugungsproblems für einen Keil auf eine einfachere Aufgabe	31
VI. Beugung nicht periodischer elektromagnetischer Wellen	44
A) Punktförmiger Oszillator	44
B) Stabförmiger Oszillator	60
C) Parallelstrahlenbündel	67

Jak z tego spisu rzeczy jest widoczne, w pewnym sensie praca ta jakby zawiera w zarodku tematykę dalszych badań Rubinowicza w dziedzinie teorii dyfrakcji, które prowadził niemal do śmierci, a więc przez dalsze 60 lat. Mimo że jest to dopiero pierwsza młodzieńcza próba, którą w późniejszych, dojrzałych latach Rubinowicz już raczej lekceważył i nie chciał ostatecznie publikować (bo w swej skromności uważał, że jest nieco naiwna i nie zawiera niczego ciekawego), to jednak widać tu już wyraźnie nie tylko sprecyzowany zakres zainteresowań i zarys programu (ten ostatni oczywiście tylko w ogólnej tematyce i jej kierunkach), ale nawet pewne sformułowania, które w dalszych swych badaniach rozwinął w bogate teorie. Aby to ostatnie wykazać, muszę przynajmniej przytoczyć pełny tekst wstępu do pracy. Wstęp ten pokazuje zarazem, przy pewnym może jeszcze „szkolnym” charakterze, już wielką dojrzałość, jasność i świetny styl niemiecki (może zawdzięczał go w pewnym stopniu pannie Norst), który w swej złożonej precyzji trudny jest do przełożenia na język polski (ograniczę się więc do przetłumaczenia tylko małego fragmentu, najbardziej charakterystycznego):

I. EINLEITUNG

Um in der grossen Fülle der Lichterscheinungen eine möglichst klare Übersicht zu gewinnen, verwendet die Optik zwei Theorien, die von verschiedenen Voraussetzungen über die Art der Ausbreitung des Lichtes ausgehen und sich infolgedessen in ihrem Geltungsbereiche von einander in charakteristischer Weise unterscheiden. Während nämlich die geometrische Optik alle ihre Überlegungen und Aussagen auf das Gesetz von der geradlinigen Fortpflanzung des Lichtes gründet, das sie als Strahlenbündel symbolisiert, wird in der sogenannten Wellenoptik angenommen, das sich das Licht einem, der Wellengleichung äquivalenten System von Differenzialgleichungen gemäss und gewissen Grenzbedingungen entsprechend, ausbreitet. Während daher die geometrische Optik ihr Augenmerk allein auf die Schicksale der Strahlen lenkt, interessiert sich die Wellenoptik für die Bestimmungsstücke und Eigenschaften der Welle. So besitzt die Theorie gleichzeitig zwei brauchbare Methoden zur Lösung vieler ihr gestellter Fragen. Die Probleme der geometrischen Optik können dabei alle auch von der Wellenoptik gelöst werden und ihre Gesetze ergeben sich als Grenzfall für unendlich kleine Wellenlängen. Lässt sich nun ein Problem in beiden Theorien behandeln, so ist die Darstellung der Erscheinungen, durch die geometrische Optik nur als angenäherte Beschreibung der Phänomene, die durch die Wellenoptik wenigstens heute als die strenge Lösung anzusehen. Der Vorteil aber, den die geometrische Optik gewährt, liegt in der Anschaulichkeit der Darstellungsweise, in der sie die Lösung ihrer Probleme leistet.

Eines jener Gebiete, zu denen über die geometrische Optik kein Weg führt, zu deren Behandlung die Theorie daher ausschliesslich auf die Wellenoptik angewiesen ist, bilden die

Erscheinungen, die der Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind und die wir als Beugung bezeichnen. Damit meinen wir jene Phänomene, die in der Nähe einer Schattengrenze auftreten und wesentlich dadurch charakterisiert sind, dass die Verteilung der Lichtintensität an diesen Stellen des Raumes, nicht diskontinuierlich nach den Gesetzen der geometrischen Optik, sondern stetig Maxima- und Minima Stellen stattfindet. Als Schattengrenzen wollen wir hier, wie im ganzen Verlaufe der folgenden Darstellung nicht nur diejenigen Flächen bezeichnen, an denen ein Übergang von Licht zu Schatten stattfindet, sondern allgemein alle jene Flächen durch die eine einfallende, reflektierte oder gebrochene Welle nach den Gesetzen der geometrischen Optik seitlich begrenzt sein sollte.

Durch die instrumentellen Hilfsmittel, die zur Betrachtung der Beugungserscheinungen dienen, ist deren Scheidung in zwei Klassen bedingt: in die Fraunhoferschen, die mit dem auf Unendlich eingestellten Fernrohr und die Fresnelschen, die mit dem Mikroskop zu beobachten sind.

Ist einmal eine Lösung eines Beugungsproblems gefunden, so stellt sie selbst einheitlich den einheitlichen physikalischen Vorgang dar. Im allgemeinen tut sie dies aber in einer so wenig übersichtlichen Weise, dass man gezwungen ist, ihre Deutung schrittweise zu geben; so sucht man zunächst jene Glieder die den einfallenden, reflektierten und gebrochenen Lichtern entsprechen.

Diese Glieder der Lösung allein werden zunächst zwar nur ein rohes, dafür aber anschauliches Bild, des durch die Formel dargestellten optischen Vorganges liefern. Die übrig bleibenden Glieder der Lösung im Gebiete der Wellengleichung werden wir dann folgerichtig dem gebeugten Lichte zuweisen.

Nachdem wir nun den einheitlichen physikalischen Vorgang der Lichtausbreitung bei einem Beugungsproblem in einfallendes, reflektiertes, gebrochenes und gebeugtes Licht zerspalten haben, können wir sagen, er werde durch das Zusammenwirken der genannten Lichtarten hervorgebracht und „erklären“ ihn damit.

Während die Forderung des Physikers an den Mathematiker ihm die Lösung in gewisse Glieder gespalten zu liefern, seinem Bestreben entspringt den Vorgang zu überblicken und zu erklären, wird er überdies noch von diesem auch die Berechnung solcher Größen verlangen, die es ihm ermöglichen die Theorie experimentell zu prüfen, beziehungsweise ihren Geltungsbereich experimentell festzulegen.

Dazu eignet sich in erster Reihe die Verteilung der Lichtintensität und die Bestimmung der Polarisation.

Przetłumaczmy tylko 3 ostatnie akapity tego wstępu, aby raz jeszcze stwierdzić, jak wyraźnie zawierają one program dalszej działalności Rubiniowicza w teorii dyfrakcji, program przez niego znakomicie zrealizowany przede wszystkim w jego pracy habilitacyjnej, a potem w kilkudziesięciu późniejszych publikacjach i dwóch wydaniach znakomitej monografii o dyfrakcji.

Kiedy podzielił się już jednolity proces fizyczny rozchodzenia się światła w problemie ugięcia na światło padające, odbite, załamane i ugięte, możemy powiedzieć, że proces ten zachodzi przez współdziałanie tych rodzajów światła i że jest przez to „wyjaśniony”.

Podczas gdy życzenie fizyka pod adresem matematyka podania mu rozwiązania rozłożonego na pewne określone czynniki wynika z jego dążenia do objęcia jednym rzutem oka i wyjaśnienia procesu, będzie on nadto od tego ostatniego wymagał obliczenia takich wielkości, które umożliwią mu doświadczalne sprawdzenie teorii, względnie doświadczalne ustalenie zakresu jej ważności.

Do tego nadaje się w pierwszym rzędzie rozkład natężenia światła oraz określenie polaryzacji.

Jak zrealizował Rubinowicz owo „życzenie fizyka pod adresem matematyka”, tj. rozłożenie światła na człony geometryczne i dyfrakcyjne, opowiemy w dalszym ciągu. Na razie możemy stwierdzić, że w swojej pracy doktorskiej zrealizował je w tym sensie, że rozszerzył jego realizację w problemie Sommerfelda na szereg dalszych przypadków, w których ściśle rozwiązanie da się uzyskać przez odpowiednią kombinację rozwiązań Sommerfelda. Jak to dokładnie zrobił, można się dowiedzieć tylko z samej pracy. Dlatego wydaje się, że mimo wszystkich zastrzeżeń autora, chociażby dla badań czysto historycznych, praca doktorska Rubinowicza winna być w końcu opublikowana. Tutaj nie możemy się nad nią zatrzymywać już dłużej. Chciałbym tylko dodać, że samo zakończenie pracy (na str. 73) brzmi jak następuje:

Zum Schlusse möchte ich noch meinen hochverehrten Lehrern den Herren Professoren v. Geitler, Plemelj und Radaković meinen verbindlichsten Dank aussprechen für das fördernde Interesse, das sie dieser Arbeit entgegenbrachten.
Czernowitz, am 16. Mai, 1914.

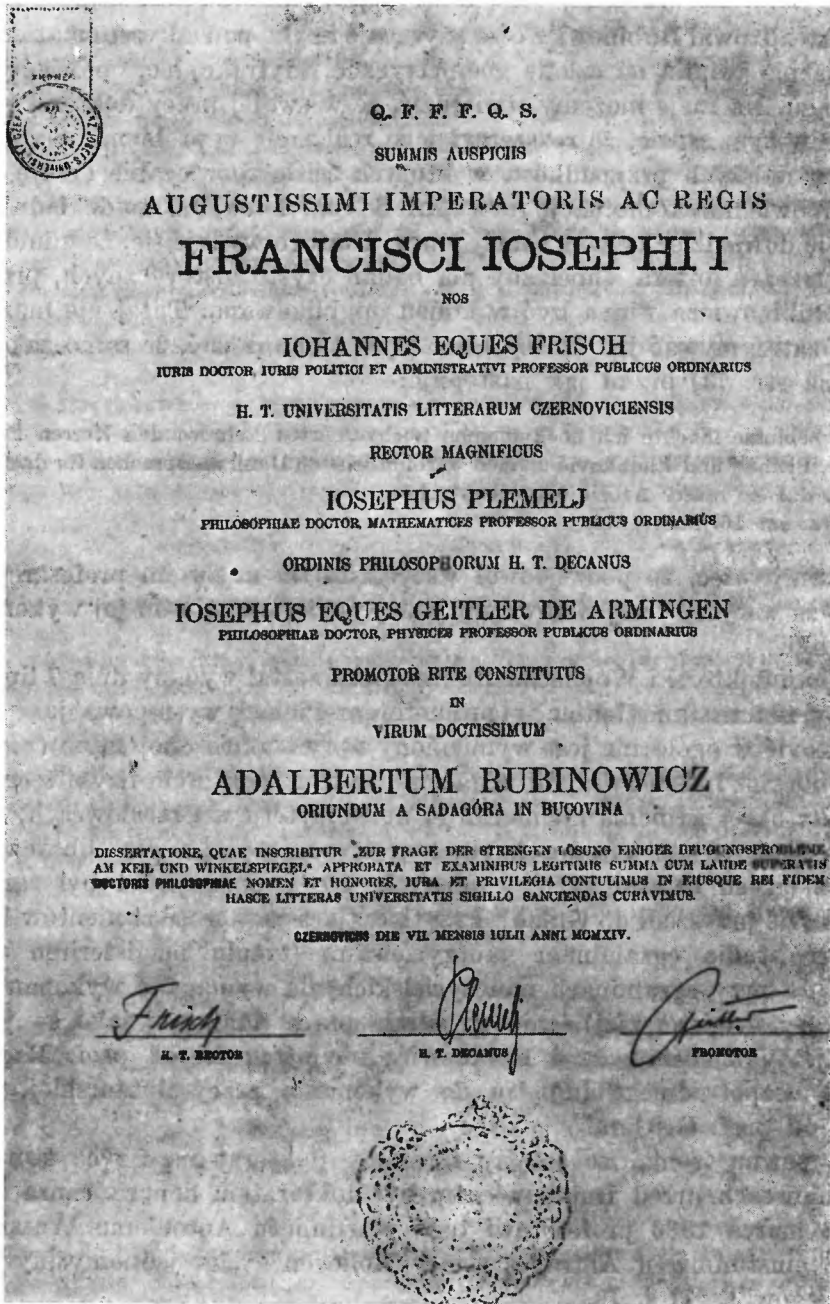
Widzimy więc, że podziękował wszystkim trzem swoim profesorom, gdyż uważał, że wszyscy trzej w równym mniej więcej stopniu do jej wykonania się przyczynili.

Dyplom doktorski Wojciecha Rubinowicza został wydany dnia 7 lipca 1914. Widzimy, że formalnie Geitler był promotorem, Plemelj występował jako dziekan, a Radaković w ogóle nie jest wymieniony w tym akcie oficjalnym (p. ryc. 16).

Rubinowicz był pierwszym i zarazem ostatnim doktorem fizyki teoretycznej przez cały okres istnienia niemieckiego uniwersytetu w Czerniowcach, mimo że w ciągu tych 40 lat katedra fizyki teoretycznej była zawsze obsadzona (nie liczę już trzech ostatnich lat wojennych, kiedy uniwersytet był zamknięty, a Radaković przeszedł do Grazu). Przytłaczająca większość studentów kończyła więc swe studia egzaminem nauczycielskim (tytułu magisterium wówczas nie było, a przy egzaminach nauczycielskich nie wymagano wykonania pracy typu pracy magisterskiej) i nie wybierała pracy naukowej jako swej kariery życiowej. Widzieliśmy, że i Rubinowicz nie otrzymał od prof. Radakovića żadnego bezpośredniego impulsu do wykonania pracy doktorskiej, miał go jedynie od prof. Geitlera.

Jest pewną ironią, że jedyny formalny doktorat na fizyce teoretycznej w Czerniowcach przed Rubinowiczem był doktoratem honoris causa przyznanym 26 marca 1886 profesorowi tego przedmiotu Antoniemu Wassmuthowi „infolge einstimmigen Antrages seiner Kollegen” („na jednomyślny wniosek jego kolegów”), [7] s. 70.

Z faktów tych można by wnosić, że Uniwersytet w Czerniowcach był uniwersytetem drugorzędnym, na którym nie panował właściwy klimat zachęcający młodzież do pracy naukowej. W pewnym stopniu na pewno tak było, ale z drugiej strony właśnie takie prowincjonalne uniwersytety w Austrii i Niemczech były miejscem, gdzie często rozpoczynali swoją karierę wybitni profesorowie. W ogóle w niemieckich uniwersytetach panował (i do dziś panuje) zwyczaj nieustannej



Ryc. 16. Dyplom doktorski Wojciecha Rubinowicza

rotacji profesorów (p. np. wymienione wyżej losy Boltzmann), co w pewnym stopniu neutralizowało niekorzystny wpływ miejsca geograficznego. Np. w r. 1918 na miejsce Radakovića został zaproszony do Czerniowiec Erwin Schrödinger, jednak „ze względu na rozpad monarchii austro-węgierskiej realizacja tego powołania nie dochodzi do skutku” [10] s. 385. Potem Schrödinger

zapropował na swoje miejsce Rubinowicza, a sam w r. 1920 przeszedł z Wiednia (gdzie studiował) na profesora do Jeny, potem do Stuttgartu, Wrocławia, Zurychu, Berlina, Oxfordu, Grazu, Princeton, Dublina. Ze względu na żywy ruch osobowy istniał też silny przepływ informacji między uniwersytetami w strefie języka niemieckiego. Podkreślił to Rubinowicz w wywiadzie z Kahanem i Heilbronem na pytanie kiedy zaznajomił się ze słynną pracą Bohra [11] o budowie atomów, która nosi datę 5 kwietnia 1913, ale pojawiła się w druku w lipcu tego roku (jak szybko można było wówczas publikować!):

R: Jeszcze w Czerniowcach, gdyż myśmy tam mieli Philosophical Magazine. Geitler był mianowicie bardzo bogaty i abonował prywatnie niektóre czasopisma fizyczne. A zresztą zaraz pojawiły się wtedy także inne odnośne publikacje. Zaraz [u nas] zauważono, że zainteresowanie pracą Bohra było bardzo żywe.

K: Tak, a kto zwrócił Pańską uwagę na pracę Bohra?

R: Tego nie mogę sobie dokładnie przypomnieć. Ale prawdopodobnie był to prof. Geitler.

K: Na małym Uniwersytecie Czerniowieckim było większe zainteresowanie dla nowych teorii kwantowych niż w całej Francji [śmiech]. Muszę to stwierdzić, to jest zupełnie niesłychane, że już w Czerniowcach odbywały się seminaria o promieniowaniu cieplnym, podczas gdy we Francji, z wyjątkiem Langevina i Bauera, w ogóle nikt się o to nie troszczył; tak, dwaj w całej Francji! Dlatego wydaje mi się tak godne uwagi, że miał Pan szczęście posiadania dwóch tak inteligentnych nauczycieli.

R: Geitler zawsze miał nastawioną uwagę na nowości w fizyce. Np. otrzymaliśmy informację o odkryciu Lauego natychmiast gdy ukazała się praca Lauego w Akademii Bawarskiej. Geitler postarał się zaraz o odbitkę tej pracy.

K: Połączenie pomiędzy Czerniowcami a Wiedniem i Niemcami było bardzo bliskie.

R: Tak, bardzo bliskie.

Jednym z przykładów kontaktów Uniwersytetu w Czerniowcach z ówczesnym światem fizyki był także przyjazd do Czerniowiec Ehrenfesta. Można ten przyjazd zaliczyć do kontaktów wynikających z osobistych stosunków młodych profesorów. Wspomnieliśmy wyżej o prof. Hahnie, który jako wybitny młody matematyk został powołany do Czerniowiec z Wiednia. Jego przyjacielem był Paweł Ehrenfest (1880—1933), który urodził się i skończył studia we Wiedniu (u Boltzmann'a w r. 1904), a w międzyczasie studiował w Getyndze, gdzie poznał rosyjską matematyczkę, Tatianę Afanasjewą (1876—1964), która została jego żoną i współpracownicą. Napisali razem słynny artykuł o pojęciowych podstawach mechaniki statystycznej, opublikowany w encyklopedii matematycznej wydawanej przez F. Kleina (1912). Artykuł ten napisali w Petersburgu, gdzie przebywali w latach 1907—1912. Właśnie m. in. ten artykuł spowodował, że Ehrenfest został zaproszony na katedrę fizyki teoretycznej do Lejdy jako następcę Lorentza. Jadąc z Rosji do Holandii w jesieni 1912 r. wybrali drogę przez Czerniowce, aby odwiedzić Hahna w Czerniowcach (i przypuszczalnie potem Wiedeń). O tej wizycie czytamy w wywiadzie K-H.:

K: Chciałbym dowiedzieć się o Pańskich stosunkach z Ehrenfestem.

R: Gdy Ehrenfest jechał z Petersburga przez Czerniowce do Lejdy, zatrzymał się w Czerniowcach, gdyż był zaprzyjaźniony z Hahnem, z matematykiem Hansem Hahnem. [Ehrenfest] wykładał cudownie. Wszystkie wzory i twierdzenia były przedtem wypisane kolorową kredą na tablicy. Był jak Schrödinger, pełen dowcipu i pomysłowości [sehr geistreich]. Byłem wówczas studentem, więc moje stosunki z Ehrenfestem ograniczyły się do uścisku dłoni.

Jeśli chodzi o książki i podręczniki, którymi posługiwał się Rubinowicz w Czerniowcach, to stwierdza on (pam., s. 13), że: „Oprócz tego [poza stenografowanymi wykładami] studiowałem czytając od deski do deski podręcznik fizyki doświadczalnej Rieckiego oraz podręcznik matematyki Serret-Scheffersa. [Były to wielotomowe podręczniki popularne wówczas w Austrii i Niemczech]. Oczywiście korzystałem w miarę potrzeby także z innych źródeł wypożyczając sobie je lub kupując”. W wywiadzie (s. 8) czytamy na ten sam temat:

- R: Pytał mnie Pan, z jakich książek uczyliśmy się. Radaković wykładał mechanikę na podstawie podręcznika Rausenbergera. Była to już wtedy dosyć stara książka. Jednakże prowadził on także wykład specjalny [Spezialkolleg] o wektorach. Elektryczność studiowaliśmy z Abrahama-Föppla, optykę z Drudego, termodynamikę z Plancka, a fizykę doświadczalną z Rieckiego. Pytał mnie Pan także, co ja poza tym studiowałem. Zajmowałem się poza tym także muzyką, grałem na fortepianie.
- K: A więc wszyscy fizycy tego czasu byli muzykami, grali na fortepianie albo na skrzypcach. Friedrich był także skrzypkiem.
- R: Sommerfeld także grał dobrze na fortepianie.
- K: Także Heisenberg grał na fortepianie. A Planck chciał być dyrygentem. I Einstein grał na skrzypcach.

Wybuch wojny spowodował, że Czerniowce znalazły się natychmiast w strefie frontowej (odległość od granicy rosyjskiej wynosiła mniej niż 20 km). W ciągu wojny Czerniowce wielokrotnie przechodziły z rąk do rąk ([5] s. 190):

od 30. 8. 1914 do 20. 9. 1914	w rękach rosyjskich,
od 21. 9. 1914 do 27. 11. 1914	„ „ austriackich,
od 26. 9. 1914 do 18. 2. 1915	„ „ rosyjskich,
od 19. 2. 1915 do 17. 6. 1916	„ „ austriackich,
od 18. 6. 1916 do 2. 8. 1917	„ „ rosyjskich,
od 3. 8. 1917 do 10. 11. 1918	„ „ austriackich,
od 11. 11. 1918 do 27. 6. 1940	„ „ rumuńskich.

W tej sytuacji zabawnie nieco brzmi dziś patriotyczny wierszyk „Mein Czernowitz” z książki o historii Czerniowiec [6]:

Wo Tod und Not einst hauste,
Ist froher Arbeit Sitz,
Denn unter Österreichs Wappen
Stehst Du, mein Czernowitz.

(Gdzie kiedyś przebywały śmierć i nędza, jest siedziba radosnej pracy, gdyż pod herbem Austrii stoisz Ty, Czerniowce). Mimo całej tragedii tych lat, nie można porównać pierwszej wojny światowej do tego, co przeżyliśmy w ciągu drugiej wojny. Dlatego nawet z pewną wesołością słuchamy niekiedy opowiadań o ówczesnych zdarzeniach i szarżach wojennych. Takie szarże oglądał Rubinowicz wraz ze swymi współobywatelami z dachów i balkonów czerniowieckich, gdyż bitwy odbywały się często na przedpolach Czerniowiec i były częściowo widoczne z miasta leżącego na wzgórzu stanowiąc niemałą rozrywkę dla ówczesnej młodzieży, jak opowiadał mi potem prof. Rubinowicz. Oczywiście, o ile młodzież nie poszła do wojska i nie musiała brać udziału w bitwach bezpośrednio, a nie w charakterze widza z balkonu. Rubinowicz jako częściowy kaleka po

chorobie stawu biodrowego mógł być na szczęście tylko widzem. Mógł też w zasadzie dalej studiować, choć zamknięcie uniwersytetu i wypadki wojenne stanowiły w tym dużą przeszkodę. Oto, co pisze o tych latach (wywiad, s. 2):

„Wtedy wybuchła pierwsza wojna światowa. W latach 1914 i 1915 musiałem pozostać w Czerniowcach, gdyż Rosjanie byli albo u nas, albo w naszym sąsiedztwie. Skoro tylko jednak mogłem udać się na zachód, udałem się do Monachium. Uniwersytet w Czerniowcach był wówczas zamknięty”. Biedrzycki (s. 190) pisze: „Życie publiczne na Bukowinie w czasie wojny prawie w zupełności zamarło. To samo można powiedzieć o życiu Polonii”.

Jak wynika z powyższej tabeli zmiennych losów wojennych Czerniowiec, Rubinowicz mógł wyjechać na zachód między marcem 1915 a połową czerwca 1916. Ponieważ już na początku r. 1916 był u Sommerfelda, prawdopodobnie wyjechał pod koniec 1915 r. Po drodze pewnie zajechał do swojej starszej siostry Seweryny w Salzburgu. Seweryna Rubinowiczówna wyszła za mąż za dra F. Wicentowicza, który w czasie wojny miał posadę w rządzie krajowym (Landesregierung) w Salzburgu. Państwo Wicentowiczowie mieszkali w Grödig koło Salzburga. Salzburg leży niedaleko granicy niemieckiej (po stronie austriackiej) i stamtąd było już blisko do Monachium. Ponieważ pensję asystenta Rubinowicz otrzymywał w dalszym ciągu, nie musiał być ciężarem dla rodziny siostry. Z Salzburga równie blisko jak do Monachium było do Wiednia, a tam przesniosła się właśnie rodzina Norstów, uciekając od przeżyć wojennych. Sądzę, że ten ostatni fakt w nie mniejszym stopniu zdecydował o wyjeździe Rubinowicza z Czerniowiec, jak perspektywa jego studiów u Sommerfelda. Rubinowicz miał wówczas 26 lat i jego wyjazd z prowincjonalnych Czerniowiec w szeroki świat zamyka poniekąd okres jego młodości. Był dopiero dobrze zapowiadającym się uczonym, świeżo po doktoracie, ale jeszcze bez żadnej publikacji, wszystkie jego sukcesy w świecie nauki leżały jeszcze przed nim. Rodziców związanych z apteką zostawił w Czerniowcach. Poza nim pozostał tamten, „przedwojenny” czas, tamci ludzie, tamte krajobrazy.

cdn.

Literatura

- [1] Max v. Laue, *Historia fizyki*, tłum. z 3 wyd. niem. A. Teske, PWN, Warszawa 1957
- [2] Florian Cajori, *A History of Physics in its Elementary Branches (through 1925): Including the Evolution of Physical Laboratories*, Rev. and enlarged ed., Dover, New York 1962.
- [3] Adalbert Rubinowicz, *Selected Papers*, Polish Academy of Sciences, Institute of Physics, PWN, Warszawa 1975.
- [4] Wojciech Rubinowicz, *O genezie i losach niektórych moich prac naukowych*, *Postępy Fizyki* 21, 161 (1970).
- [5] Emil Biedrzycki, *Historia Polaków na Bukowinie*, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego CCC*, *Prace Historyczne*, zes. 38, PWN, Warszawa—Kraków 1973.
- [6] Raimund Friedrich Kaindl, *Geschichte von Czernowitz von der ältesten Zeiten bis zur Gegenwart*, *Festschrift zum 60-jährigen Riegerungs-jubiläum Sr. Majestät Kaiser Franz Joseph I zur Erinnerung an die erste urkundliche Erwähnung von Czernowitz vor 500 Jahren*, Univ. Buchhandlung H. Pardini, Czernowitz 1908.

- [7] Anton Norst, *Alma mater Francisco-Josephina*, Festschrift zu deren 25-jährigen Bestande, Univ. Buchhandlung H. Pardini, Czernowitz 1900.
- [8] Bronisław Średniawa, *Szkic historii fizyki polskiej w okresie międzywojennym 1918—1939*, Studia poświęcone Marii Skłodowskiej-Curie i Marianowi Smoluchowskiemu, Monografie z dziejów nauki i techniki, tom LI, Zakład Historii Nauki i Techniki PAN, Ossolineum, Wrocław 1968, s. 133.
- [9] Rudolf Eisler, *Wörterbuch der philosophischen Begriffe*, Historisch-quellenmässig bearbeitet, 4 Aufl., 2 B., E. S. Mittler, Berlin 1929.
- [10] Wojciech Rubinowicz, *Erwin Schrödinger, 12. VIII. 1886 — 4. I. 1961*, Postępy Fizyki 12, 385 (1961).
- [11] Niels Bohr, *On the Constitution of Atoms and Molecules*, Phil. Mag. 26, 1 (1913).

Maciej Sufczyński

Institut Fizyki PAN
Warszawa

Stałe fizyczne

Fundamental Physical Constants

Abstract: The 1973 updated tables of the fundamental physical constants are reprinted and described.

1. Wstęp

Pod auspicjami CODATA, Komitetu Danych dla Nauki i Techniki Międzynarodowej Rady Unii Naukowych, Grupa Stałych Podstawowych opracowuje wyniki pomiarów stałych fizycznych i poleca uzgodnione wartości do powszechnego użytku.

Wyniki opracowań stałych fizycznych publikowali: E. Richard Cohen i Jesse W. M. DuMond w 1964 r. [1] i w 1965 r. [2, 3], Barry N. Taylor, William R. Parker i Donald N. Langenberg w 1969 r. [4, 5].

W 1973 r. E. R. Cohen, pracujący w Centrum Naukowym Rockwell International w Thousand Oaks w Kalifornii, i B. N. Taylor, pracujący w amerykańskim Narodowym Biurze Wzorców w Waszyngtonie, opublikowali w „Journal of Physical and Chemical Reference Data” [6] nowe wartości stałych podstawowych [7, 8, 67].

2. Przegląd danych

Wielkości związane ze stałymi podstawowymi Cohen i Taylor [6] dzielą na trzy grupy:

A. dane dokładniejsze,

B. mniej dokładne dane WQED,

C. mniej dokładne dane QED.

Skrót WQED (Without Quantum Electrodynamics theory) oznacza wielkości, których interpretacja nie wymaga rachunków elektrodynamiki kwantowej. Skrót QED (Quantum Electrodynamics) oznacza wielkości zależne od rachunków elektrodynamiki kwantowej. Dane dokładniejsze mają niepewności mniejsze niż około 0,5 ppm (part per million, część milionowa), mniej dokładne mają niepewności większe.

A. Dokładniejsze dane

1. Stosunek $2e/h$ (e — elementarny ładunek elektryczny, h — stała Plancka) z pomiaru stosunku częstości do napięcia w zjawisku Josephsona z dokładnością rzędu 10^{-7} a nawet lepszą *. Wolt utrzymywany 1 stycznia 1969 r. w Międzynarodowym Biurze Wag i Miar (Bureau International des Poids et Mesures, BIPM) został odniesiony do częstości na złączu Josephsona [11]. Cohen i Taylor definiują ten wolt BIPM (V_{BIPM}) jako napięcie Josephsona odpowiadające częstości 483594,000 GHz, tzn.

$$2e/h = 483594,000 \text{ GHz}/V_{\text{BIPM}} \quad (1)$$

dokładnie.

2. Prędkość światła w próżni c .

Cohen i Taylor używali do wyrównywania wartości ** [17]

$$c = 299792456,2(1,1) \text{ m/s } (0,0035 \text{ ppm}) . \quad (2)$$

Spośród nowych pomiarów prędkości światła, wykonanych na częstościach światła lasera He-Ne stabilizowanego linią P (7) pasma absorpcyjnego metanu ν_3 [12-15], Komitet Doradczy Definicji Metra (Comité Consultatif pour la Définition du Mètre, CCGM) polecił wartość [16]:

$$c = 299792458(1,2) \text{ m/s } (0,004 \text{ ppm}) .$$

3. Stosunek wzorca oma BIPM z 1 stycznia 1969 do oma absolutnego Międzynarodowego Układu Jednostek (Système International d'Unités, SI) wyznaczyły wielokrotne pomiary w BIPM [18] oraz w Narodowym Laboratorium Wzorców (National Standards Laboratory, NSL) w Australii w 1964, 1967 i 1970 r. [19]:

$$\bar{R} = \Omega_{\text{BIPM}}/\Omega = 0,99999946(19)(0,19 \text{ ppm}) . \quad (3)$$

* Narodowe Biuro Wzorców Stanów Zjednoczonych (US National Bureau of Standards, NBS) przyjęło 1 lipca 1972 r. [9, 10] $2e/h = 483593,420 \text{ GHz}/V_{\text{NBS}}$ do utrzymania wzorca wolta NBS.

** Liczba w pierwszym nawiasie jest równa niepewności bezwzględnej jednego standardowego odchylenia ostatnich cyfr wartości stałej, a liczba w drugim nawiasie odpowiedniej niepewności względnej.

4. Przyspieszenie ziemskie g mierzono w Stanach Zjednoczonych w Commerce Department Building $g(\text{CB})$, w Wielkiej Brytanii w British Fundamental Station $g(\text{BFS})$ i w Związku Radzieckim w Charkowie $g(\text{Charków})$:

$$\begin{aligned} g(\text{CB}) &= 9,8010430(2) \text{ ms}^{-2} (0,02 \text{ ppm}), \\ g(\text{BFS}) &= 9,8118177(2) \text{ ms}^{-2} (0,02 \text{ ppm}), \\ g(\text{Charków}) &= g_{\text{P}}(\text{Charków}) - 14,0 \cdot 10^{-5} \text{ ms}^{-2} (1,0 \text{ ppm}), \end{aligned} \quad (4)$$

gdzie $g_{\text{P}}(\text{Charków})$ jest wartością przyspieszenia ziemskiego w Charkowie w układzie poczdamskim [6, 20].

5. Momenty magnetyczne swobodnego elektronu μ_e i mionu μ_μ wyrażone w magnetonach Bohra $\mu_{\text{B}} = e\hbar/2m_e$, gdzie m_e jest masą spoczynkową elektronu, $\hbar = h/2\pi$. Moment magnetyczny elektronu w magnetonach Bohra wchodzi w wyrównanie stałych fizycznych jako współczynnik giromagnetyczny swobodnego elektronu, oraz jako wielkość określająca anomalny moment magnetyczny elektronu, z którego można wyznaczyć stałą struktury subtelnej a . Bezpośredni pomiar wykonany w 1971 r. [21, 22] dał współczynnik giromagnetyczny elektronu g_e :

$$g_e/2 = \mu_e/\mu_{\text{B}} = 1 + a_e = 1,0011596567(35)(0,0035 \text{ ppm}). \quad (5)$$

Pomiar anomalnego momentu magnetycznego mionu, dokonany w CERN-ie w 1972 r. [23], dał współczynnik giromagnetyczny mionu g_μ :

$$g_\mu/2 = \mu_\mu(e\hbar/2m_\mu)^{-1} = 1 + a_\mu = 1,00116616(31)(0,31 \text{ ppm}), \quad (6)$$

gdzie m_μ jest masą spoczynkową mionu.

6. Moment magnetyczny protonu w magnetonach Bohra μ_p/μ_{B} wyznaczono z pomiarów w maserze wodorowym stosunku czynników giromagnetycznych elektronu i protonu w stanie 1S wodoru [24] otrzymując

$$g_e/g_p = \mu_e/\mu_p = 658,2106880(66)(0,010 \text{ ppm}) \quad (7)$$

oraz

$$\mu_p/\mu_{\text{B}} = 0,001521032209(16)(0,011 \text{ ppm}).$$

7. Moment magnetyczny protonów w wodzie μ'_p/μ_{B} jest potrzebny ze względu na pomiary jądrowego rezonansu magnetycznego wykonywane często dla protonów w H_2O . Prim oznacza pomiar na protonach w kulistej próbce czystej wody. Poprawka diamagnetyczna $1 + \sigma(\text{H}_2\text{O})$ dla takiej próbki jest znana z dokładnością rzędu 10^{-7} [6, 25, 26]:

$$\begin{aligned} \mu'_p/\mu_{\text{B}} &= 0,001520993215(100)(0,066 \text{ ppm}), \\ 1 + \sigma(\text{H}_2\text{O}) &= 1,000025637(67)(0,067 \text{ ppm}). \end{aligned} \quad (8)$$

8. Masa atomowa protonu jest znana z dokładnością 10^{-8} [6, 27, 28]:

$$M_p = 1,007276470(11)(0,011 \text{ ppm}). \quad (9)$$

Duża litera oznacza względną masę atomową odniesioną do masy atomu węgla ^{12}C przyjętej z definicji za równą 12. Małe litery oznaczają masy bezwzględne. Stosunki masy elektronu do masy protonu, deuteronu, cząstki alfa znane są z dokładnością 10^{-9} a do masy mionu z dokładnością rzędu 10^{-8} :

$$\begin{aligned} 1 + m_e/m_p &= 1,000544617 (<0,001 \text{ ppm}), \\ 1 + m_e/m_d &= 1,000272444 (<0,001 \text{ ppm}), \\ 1 + m_e/m_\alpha &= 1,000137093 (<0,001 \text{ ppm}), \\ 1 + m_e/m_\mu &= 1,004836323(11)(0,011 \text{ ppm}). \end{aligned} \quad (10)$$

9. Stała Rydberga dla nieskończonej masy R_∞ wiąże się ze stałą R_{H} mierzona dla wodoru wzorem:

$$R_\infty = R_{\text{H}}(1 + m_e/m_p).$$

Pomiary stałej Rydberga R wykonywane dotychczas są obarczone błędami spowodowanymi anomaliami natężenia linii i przede wszystkim poszerzeniem Dopplera linii widmowych. Cohen i Taylor przyjęli na wartość stałej Rydberga średnią z pomiarów wykonanych dla serii Balmera wodoru R_{H} (1971) [29], deuteru R_{D} (1968, 1972) [30, 31] i helu R_{He} (1972) [32]:

$$R_\infty = 10973731,77(83) \text{ m}^{-1} (0,075 \text{ ppm}). \quad (11)$$

B. Mniej dokładne dane WQED

są danymi, do których analizy nie są wymagane rachunki elektrodynamiki kwantowej. Wielu fizyków pracujących w elektrodynamice kwantowej woli używać wartości WQED do porównania teorii elektrodynamiki kwantowej z doświadczeniem i dlatego Cohen i Taylor [6] dzielą dane na dane WQED i dane QED. Danymi WQED są:

1. Stosunek wzorca ampera BIPM do ampera bezwzględnego $K = A_{\text{BIPM}}/A$ [33, 34].

2. Stała Faradaya F . Cohen i Taylor przyjęli średnią wyników pomiarów NBS (1968, 1971) [35, 36].

3. Stosunek giromagnetyczny protonu $\gamma'_p = (\mu'_p/\mu_N)e/m_p$ [37–42] jest ważny w wyrównywaniu danych metodą najmniejszych kwadratów, bo stałą struktury subtelnej a można wyznaczyć z pomiaru γ'_p w słabym polu [37–40] oraz ze stosunku Josephaona $2e/h$.

4. Moment magnetyczny protonu w magnetonach jądrowych μ'_p/μ_N Cohen i Taylor przyjęli z dokładnych pomiarów wykonanych w 1971-2 r. w Leningradzie [43] oraz w National Physical Laboratory (NPL) w W. Brytanii [44].

5. Stosunek używanej w rentgenografii jednostki długości kX do angstroma ($1\text{\AA} = 10^{-10} \text{ m}$). Jednostka kX, zdefiniowana równością $\lambda(\text{CuK}\alpha_1) = 1,5374000 \text{ kX}$, jest nieco większa niż 10^{-10} m . Stosunek długości fali świetlnej wyrażonej w 10^{-10} m do tej samej długości wyrażonej w kX

$$\Lambda = \lambda(10^{-10} \text{ m})/\lambda(\text{kX}) \quad (12)$$

wyznacza się przy pomocy siatki dyfrakcyjnej lub interferometru [45–47].

6. Liczba Avogadra N_A . Na podstawie interferencyjnych pomiarów rentgenowskich wyznaczono gęstości kryształów krzemu [46] i kalcytu CaCO_3 [48], których ciężary atomowe i molekularne są znane z dokładnością rzędu 10^{-5} . Otrzymano z danych dla krzemu

$$N_A A^3 = 6,059768(95) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \text{ (16 ppm)} \quad (13)$$

i z danych dla kalcytu

$$N_A A^3 = 6,05961(17) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \text{ (28 ppm)}. \quad (14)$$

7. Długość fali Comptona elektronu $\lambda_C = h/m_e c$ wyznaczono z porównania promieniowania anihilacyjnego z linią $WK\alpha_1$ rozpadu ^{182}Ta do ^{182}W [49] przy użyciu spektrometru krystalicznego.

C. Mniej dokładne dane QED

1. Anomalny moment magnetyczny elektronu a_e i mionu a_μ . Rachunek zaburzeń [50, 51] daje

$$a_e = A(a/\pi) + B(a/\pi)^2 + C(a/\pi)^3 + \dots, \quad (15)$$

$$A = 1/2, \quad B = 1 + \frac{53}{144} + \frac{\pi^2}{12} + \frac{3}{4}\zeta(3) - \frac{\pi^2}{2}\ln 2 = -0,328478. \quad (16)$$

Współczynnik C wymaga wyliczenia 72 diagramów Feynmana [6, 50, 51]

$$C = 1,285(0,057). \quad (17)$$

Z doświadczalnej [21, 22] wartości a_e otrzymuje się dla stałej struktury subtelnej

$$\alpha^{-1}(a_e) = 137,03563(42)(3,1 \text{ ppm}). \quad (18)$$

2. Stosunek momentu magnetycznego i masy mionu do momentu i masy protonu i elektronu [57—59] wyznacza się ze stosunku częstości precesji mionu i protonu.

3. Rozszczepienie nadsubtelne stanu podstawowego wodoru, mionium i pozytronium. Strukturę nadsubtelną poziomów atomów wodoropodobnych [4, 6], w szczególności nadsubtelne rozszczepienie w stanie podstawowym mionium, wodoru i pozytronium [52, 53], obserwuje się w zakresie mikrofal. Dane doświadczalne o nadsubtelnej strukturze wodoru zawierają najdokładniejszy ze wszystkich znanych pomiarów fizycznych a mianowicie pomiar nadsubtelnego rozszczepienia w maserze wodorowym [54—56]

$$\nu_{\text{Hfs}} = 1420405751,7667(10) \text{ Hz}. \quad (19)$$

D. Inne mniej dokładne dane

1. Stała grawitacyjna Newtona G . Przyjęto średnią pomiarów opublikowanych w 1930 [60] i 1940 r. [61]

$$G = 6,6720(41) 10^{-11} \text{ m}^3\text{s}^{-2}\text{kg}^{-1} \text{ (615 ppm)}. \quad (20)$$

2. Objętość molowa V_m gazu doskonałego i stała molowa gazu R . Objętość molowa $V_m = RT_0/p_0$, gdzie $T_0 = 273,15$ K jest temperaturą termodynamiczną odpowiadającą 0°C , ciśnienie $p_0 = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Nm}^{-2}$ [62]. Szczególną trudność sprawia pomiar ciśnienia [62—64].

3. Stała Stefana-Boltzmannna

$$\sigma = 2\pi^5 k^4 / 15 h^3 c^2 = (2\pi^5 p_0^4 / 15 T_0^4) (V_m^4 / N_A^4 h^3 c^2) \quad (21)$$

wyznaczona została w NSL z niepewnością około 500 ppm [65]

$$\sigma = 5,6644(29) \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}. \quad (22)$$

Największą niepewność wnosi tu niepewność $V_m = 22413,83(0,70) \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ (31 ppm).

Wymienione tutaj mniej dokładne wielkości nie odgrywają roli w wyrównaniu stałych fizycznych metodą najmniejszych kwadratów.

3. Polecane wartości stałych fizycznych

Cohen i Taylor [6] wzięli bezpośrednio z pomiarów wartości 13 wielkości: c , M_p , R_∞ , $g_e/2$, $g_\mu/2$, μ'_p/μ_B , μ_p/μ_B , μ_e/μ_p , $(2e/h)_{\text{BI69}}$ oraz masę atomową neutronu M_n , stałą grawitacyjną Newtona G , objętość molową gazu doskonałego V_m i stałą gazową R .

Wykorzystując 27 punktów doświadczalnych otrzymanych dla pozostałych wielkości wymienionych w punktach A, B i C rozdziału 2 (z wyjątkiem stałej Faradaya F) i zawierających w swej definicji 6 stałych: α^{-1} , K , \bar{R} , N_A , A , $\mu = \mu_\mu/\mu_p$, Cohen i Taylor uzyskali wartości tych 6 stałych z wyrównania metodą najmniejszych kwadratów. Dla tego wyrównania otrzymano wartość $\chi^2 = 14,50$ przy $\nu = 27 - 6 = 21$ stopniach swobody, czyli stosunek Birge'a wynosi $R_B = [\chi^2/\nu]^{1/2} = 0,83$.

Wartości innych stałych zostały obliczone przy wykorzystaniu wartości tych podstawowych (13 + 6) stałych.

Ładunek elementarny został obliczony ze wzoru:

$$e = [(\mu_0 c/4)(2e/h)_{\text{BI69}}]^{-1} \cdot \alpha K \bar{R} \quad (23)$$

i pozostałe stałe ze wzorów:

$$\begin{aligned} h &= (\mu_0 c/2) \cdot \alpha^{-1} e^2, \\ m_e &= \mu_0 R_\infty \cdot \alpha^{-3} e^2, \\ M_e &= (10^{-3} \text{ kg mol}^{-1})^{-1} \cdot m_e N_A, \\ m_p &= (10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}) M_p \cdot N_A^{-1}, \\ m_n &= (10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}) M_n \cdot N_A^{-1}, \\ \gamma'_p &= [(\mu'_p/\mu_B)/\mu_0 R_\infty] \cdot \alpha^3 e^{-1}, \\ \mu'_p/\mu_N &= [10^{-3} \text{ kg mol}^{-1} M_p (\mu'_p/\mu_B)/\mu_0 R_\infty] \cdot \alpha^3 e^{-2} N_A^{-1}, \\ m_\mu/m_e &= (\mu_e/\mu_p) (g_\mu/g_e) \cdot \mu^{-1}, \end{aligned} \quad (24)$$

$$m_\mu = (m_\mu/m_e) m_e,$$

$$M_\mu = (10^{-3} \text{ kg mol}^{-1})^{-1} \cdot m_\mu N_A,$$

$$V_{\text{BI69}}/V = K\bar{R}$$

i wzorów podanych w tabelicy 1*.

W rentgenografii oprócz angstroma używany jest angstrom star \AA^* zdefiniowany przez $\lambda(WK\alpha_1) = 0,2090100 \text{\AA}^*$. Z tej definicji i z długości fali $WK\alpha_1$ w kX wynika, że $\Lambda^* = \lambda(\text{\AA})/\lambda(\text{\AA}^*)$ jest w następującym stosunku do Λ [66]

$$\Lambda^* = \Lambda/1,0020567(18). \quad (25)$$

Współczynnik przeliczeniowy napięcie—długość fali można obliczyć ze wzorów

$$\forall \lambda(kX) = hc/e \Lambda, \quad \forall \lambda(\text{\AA}^*) = hc/e \Lambda^*, \quad (26)$$

a długość fali Comptona

$$\lambda_C(kX) = h/m_e c \Lambda, \quad \lambda_C(\text{\AA}^*) = h/m_e c \Lambda^*. \quad (27)$$

Dla równoważników energetycznych mamy

$$1 \text{ kg} = [c^2]J = [c^2/e]eV, \quad 1u = [10^{-3}c^2/F]eV, \quad (28)$$

$$1 \text{ eV} = [e/h]Hz = [e/hc]m^{-1} = [e/k]K = [e]J,$$

gdzie nawiasy kwadratowe oznaczają samą wartość numeryczną.

Zestaw stałych fizycznych uzyskanych w ten sposób zawierają tablice 1, 2, 3. Ich skrócona wersja pt. Stałe fizyczne została wydrukowana osobno jako wkładka. Oprócz tej analizy, opartej na pełnym zestawieniu danych, Cohen i Taylor przeprowadzili również analizę bez wykorzystania danych QED; zainteresowanych jej wynikami odsyłamy bezpośrednio do publikacji [6].

4. Macierze wariancji, kowariancji i korelacji

Niepewności wartości uzyskanych z wyrównania metodą najmniejszych kwadratów są skorelowane i wobec tego trzeba znać wariancje i kowariancje wyrównanych stałych. Wariancje, będące kwadratami odchyłeń standardowych, są elementami diagonalnymi macierzy błędów, kowariancje są jej elementami pozadiagonalnymi.

Jeżeli wielkości Q_k zależą od N skorelowanych wielkości x_i

$$Q_k = Q_k(x_1, x_2, \dots, x_N), \quad (29)$$

* Tablice 1, 2, 3, 4 zamieszczone w artykule zostały przetłumaczone z artykułu E. R. Cohena i B. N. Taylora, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 2, 663 (1973) za zgodą Autorów i Wydawcy (Przyp. Red.).

Polecane wartości stałych fizycznych

Wielkość	Oznaczenie	Wartość i w nawiasach odchylenie standardowe ostatnich cyfr	Niepew- ność względna (ppm)	Jednostki *	
				SI	CGS
Prędkość światła w próżni	c	299792458(1, 2)	0,004	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$10^8 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$
Przenikalność magnetyczna próżni	μ_0	$4\pi = 12,5663706144$		$10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$ $10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$	
Przenikalność elektryczna próżni, $1/\mu_0 c^2$	ϵ_0	8,854187818(71)	0,008	$10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$	
Stała struktury subtelnej, $[\mu_0 c^2 / 4\pi] (e^2 / \hbar c)$	α α^{-1}	7,2973506(60) 137,03604(11)	0,82 0,82	10^{-3}	10^{-3}
Elektryczny ładunek elementarny	e	1,6021892(46) 4,803242(14)	2,9 2,9	10^{-19} C	$10^{-20} \text{ cm}^{1/2} \text{ g}^{1/2} \text{ (EM)}$ $10^{-10} \text{ cm}^{3/2} \text{ g}^{1/2} \text{ s}^{-1} \text{ (ES)}$
Stała Plancka	h $\hbar = h/2\pi$	6,626176(36) 1,0545887(57)	5,4 5,4	$10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ $10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$	$10^{-27} \text{ erg} \cdot \text{s}$ $10^{-27} \text{ erg} \cdot \text{s}$
Liczba Avogadra	N_A	6,022045(31)	5,1	10^{23} mol^{-1}	10^{23} mol^{-1}
Atomowa jednostka masy, $10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} N_A^{-1}$	u	1,6605655(86)	5,1	10^{-27} kg	10^{-24} g
Masa spoczynkowa elektronu	m_e	9,109534(47) 5,4858026(21)	5,1 0,38	10^{-31} kg 10^{-4} u	10^{-28} g 10^{-4} u
Masa spoczynkowa protonu	m_p	1,6726485(86) 1,007276470(11)	5,1 0,011	10^{-27} kg u	10^{-24} g u
Stosunek masy protonu do masy elektronu	m_p/m_e	1836,15152(70)	0,38		
Masa spoczynkowa neutronu	m_n	1,6749543(86) 1,008665012(37)	5,1 0,037	10^{-27} kg u	10^{-24} g u
Stosunek ładunku do masy elek- tronu	e/m_e	1,7588047(49) 5,272764(15)	2,8 2,8	$10^{11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$	$10^7 \text{ cm}^{1/2} \text{ g}^{-1/2} \text{ (EM)}$ $10^{17} \text{ cm}^{3/2} \text{ g}^{-1/2} \text{ s}^{-1} \text{ (ES)}$

Kwant strumienia magnetycznego [c] ⁻¹ (hc/2e)	Φ_0 h/e	2,0678506(54) 4,135701(11) 1,3795215(36)	2,6 2,6 2,6	10 ⁻¹⁵ Wb 10 ⁻¹⁵ J · s · C ⁻¹	10 ⁻⁷ G · cm ² 10 ⁻⁷ cm ^{3/2} g ^{1/2} s ⁻¹ (EM) 10 ⁻¹⁷ cm ^{1/2} g ^{1/2} (ES)
Stosunek Josephsona częstości do napięcia	$2e/h$	4,835939(13)	2,6	10 ¹⁴ Hz · V ⁻¹	
Kwant cyrkulacji	$h/2m_e$ h/m_e	3,6369455(60) 7,273891(12)	1,6 1,6	10 ⁻⁴ J · s · kg ⁻¹ 10 ⁻⁴ J · s · kg ⁻¹	erg · s · g ⁻¹ erg · s · g ⁻¹
Stała Faradaya, $N_A e$	F	9,648456(27) 2,8925342(82)	2,8 2,8	10 ⁴ C · mol ⁻¹	10 ³ cm ^{1/2} g ^{1/2} · mol ⁻¹ (EM) 10 ¹⁴ cm ^{3/2} g ^{1/2} s ⁻¹ · mol ⁻¹ (ES)
Stała Rydberga, [$\mu_0 c^2/4\pi$] ² ($m_e e^4/4\pi \hbar^3 c$)	R_∞	1,097373177(83)	0,075	10 ⁷ m ⁻¹	10 ⁶ cm ⁻¹
Promień Bohra, [$\mu_0 c^2/4\pi$] ⁻¹ ($\hbar^2/m_e e^2$) = $a/4\pi R_\infty$	a_0	5,2917706(44)	0,82	10 ⁻¹¹ m	10 ⁻⁹ cm
Klasyczny promień elektronu, [$\mu_0 c^2/4\pi$]($e^2/m_e c^2$) = $\alpha^2/4\pi R_\infty$	$r_e = \alpha^2 \lambda_C$	2,8179380(70)	2,5	10 ⁻¹⁵ m	10 ⁻¹³ cm
Przekrój czynny Thomsona, (8/3) πr_e^2	σ_e	0,6652448(33)	4,9	10 ⁻²⁸ m ²	10 ⁻²⁴ cm ²
Moment magnetyczny elektronu w magnetonach Bohra	$g_e/2 = \mu_e/\mu_B$	1,0011596567(35)	0,0035		
Moment magnetyczny mionu w jednostkach [c]($e\hbar/2m_\mu c$)	$g_\mu/2$	1,00116616(31)	0,31		
Magneton Bohra [c]($e\hbar/2m_e c$)	μ_B	9,274078(36)	3,9	10 ⁻²⁴ J · T ⁻¹	10 ⁻²¹ erg · G ⁻¹
Moment magnetyczny elektronu	μ_e	9,284832(36)	3,9	10 ⁻²⁴ J · T ⁻¹	10 ⁻²¹ erg · G ⁻¹
Współczynnik giromagnetyczny protonów w H ₂ O	γ_p' $\gamma_p'/2\pi$	2,6751301(75) 4,257602(12)	2,8 2,8	10 ⁸ s ⁻¹ · T ⁻¹ 10 ⁷ Hz · T ⁻¹	10 ⁴ s ⁻¹ · G ⁻¹ 10 ³ Hz · G ⁻¹
γ_p' z poprawką dla diamagnetyzmu H ₂ O	γ_p $\gamma_p/2\pi$	2,6751987(75) 4,257711(12)	2,8 2,8	10 ⁸ s ⁻¹ · T ⁻¹ 10 ⁷ Hz · T ⁻¹	10 ⁴ s ⁻¹ · G ⁻¹ 10 ³ Hz · G ⁻¹
Moment magnetyczny protonów w H ₂ O w magnetonach Bohra	μ_p'/μ_B	1,52099322(10)	0,066	10 ⁻³	10 ⁻³
Moment magnetyczny protonu w magnetonach Bohra	μ_p/μ_B	1,521032209(16)	0,011	10 ⁻³	10 ⁻³
Stosunek momentów magnetycznych elektronu i protonu	μ_e/μ_p	658,2106880(66)	0,010		

Wielkość	Oznaczenie	Wartość i w nawiasach odchylenie standardowe ostatnich cyfr	Niepew- ność względna (ppm)	Jednostki *	
				SI	CGS
Moment magnetyczny protonu	μ_p	1,4106171(55)	3,9	$10^{-26} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$	$10^{-23} \text{ erg} \cdot \text{G}^{-1}$
Moment magnetyczny protonów w H_2O w magnetonach jądro- wych	μ_p'/μ_N	2,7927740(11)	0,38		
μ_p'/μ_N z poprawką dla diamagne- tyzmu H_2O	μ_p/μ_N	2,7928456(11)	0,38		
Magneton jądrowy [e] ($e\hbar/2m_p c$)	μ_N	5,050824(20)	3,9	$10^{-27} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$	$10^{-24} \text{ erg} \cdot \text{G}^{-1}$
Stosunek momentów magnetycz- nych mionu i protonu	μ_μ/μ_p	3,1833402(72)	2,3		
Moment magnetyczny mionu	μ_μ	4,490474(18)	3,9	$10^{-26} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$	$10^{-23} \text{ erg} \cdot \text{G}^{-1}$
Stosunek masy mionu do masy elektronu	m_μ/m_e	206,76865(47)	2,3		
Masa spoczynkowa mionu	m_μ	1,883566(11)	5,6	10^{-26} kg	10^{-26} g
		0,11342920(26)	2,3	u	u
Długość fali Comptona elektronu, $\hbar/m_e c = \alpha^2/2R_\infty$	λ_C	2,4263089(40)	1,6	10^{-12} m	10^{-10} cm
	$\tilde{\lambda}_C = \lambda_C/2\pi = \alpha\alpha_0$	3,8615905(64)	1,6	10^{-13} m	10^{-11} cm
Długość fali Comptona protonu, $\hbar/m_p c$	$\lambda_{C,p}$	1,3214099(22)	1,7	10^{-15} m	10^{-13} cm
	$\tilde{\lambda}_{C,p} = \lambda_{C,p}/2\pi$	2,1030892(36)	1,7	10^{-16} m	10^{-14} cm
Długość fali Comptona neutronu, $\hbar/m_n c$	$\lambda_{C,n}$	1,3195909(22)	1,7	10^{-15} m	10^{-13} cm
	$\tilde{\lambda}_{C,n} = \lambda_{C,n}/2\pi$	2,1001941(35)	1,7	10^{-16} m	10^{-14} cm
Objętość molowa gazu doskona- łego w warunkach normalnych ($T_0 = 273,15 \text{ K}$, $p_0 = 1 \text{ atm}$)	V_m	22,41383(70)	31	$10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$10^3 \text{ cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
Molowa stała gazowa, $p_0 V_m/T_0$	R	8,31441(26)	31	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$10^7 \text{ erg} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
		8,20568(26)	31	$10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$10 \text{ cm}^3 \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Stała Boltzmanna, R/N_A	k	1,380662(44)	32	$10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$	$10^{-16} \text{ erg} \cdot \text{K}^{-1}$
Stała Stefana-Boltzmanna, $\pi^2 k^4 / 60 h^3 c^2$	σ	5,67032(71)	125	$10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$	$10^{-5} \text{ erg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$
Pierwsza stała promieniowania, $2\pi h c^2$	c_1	3,741832(20)	5,4	$10^{-16} \text{ W} \cdot \text{m}^2$	$10^{-5} \text{ erg} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Druga stała promieniowania, hc/k	c_2	1,438786(45)	31	$10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$	$\text{cm} \cdot \text{K}$
Stała grawitacyjna	G	6,6720(41)	615	$10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$	$10^{-8} \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{g}^{-1}$

* Definicje podstawowych jednostek miar SI (Système International d'Unités — Międzynarodowy Układ Jednostek):

- metr (m): długość równa 1 650 763,73 długości w próżni fali promieniowania odpowiadającego przejściu między poziomami $2p_{10}$ i $5d_5$ atomu kryptonu 86
- kilogram (kg): masa międzynarodowego wzorca kilograma
- sekunda (s): czas trwania 9 192 631 770 okresów promieniowania odpowiadającego przejściu między dwoma nadsubtelnymi poziomami stanu podstawowego atomu cezu 133
- amper (A): natężenie prądu stałego, który płynąc w dwóch prostych równoległych przewodach nieskończonej długości o znikomym kołowym przekroju poprzecznym umieszczonych w próżni w odległości jednego metra jeden od drugiego wywołałby między tymi przewodami siłę równą $2 \cdot 10^{-7}$ niutona na jeden metr długości
- kelwin (K): $1/273,16$ temperatury termodynamicznej punktu potrójnego wody
- mol (mol): ilość substancji w układzie, który zawiera tyle elementarnych cząsteczek, ile jest atomów w 0,012 kg węgla 12
- kandela (cd): światłość w prostym kierunku powierzchni $1/600\,000$ metra kwadratowego ciała doskonale czarnego w temperaturze krzepnięcia platyny pod ciśnieniem 101 325 niutonów na metr kwadratowy.

Nazwy innych jednostek miar SI:

C = kulomb, F = farad, H = henr, Hz = herc = cykl/s, J = dżul, N = niuton, T = tesla (= 10^4 gausów (G)), V = wolt, Wb = weber = T m^2 , W = wat, Ω = om.

Definicje niektórych pozaukładowych jednostek miar występujących w tablicach:

atomowa jednostka masy (u): $1/12$ masy atomu węgla 12, atmosfera fizyczna (atm): 101325 N m^{-2} , przyspieszenie normalne siły ciężkości (g_n): $9,80665 \text{ m s}^{-2}$, kaloria termochemiczna (cal): $4,184 \text{ J}$.

W tablicy 1 z wyjątkiem stałych przyjętych jako dane dokładne, niepewności wszystkich innych są skorelowane, zob. rozdz. 4.

W przypadku, gdy podane są wzory na stałe, np. R_∞ , zapisane są one w postaci iloczynu dwóch czynników. Pierwszy czynnik, w nawiasie kwadratowym, włącza się tylko, jeżeli wszystkie wielkości wyrażone są w jednostkach miar SI. Drugi czynnik, w nawiasie okrągłym, jest wyrażeniem, którego należy używać, gdy wszystkie wielkości wyrażone są w jednostkach CGS z ładunkiem elektrycznym w jednostkach elektrostatycznych. Aby uniknąć osobnych kolumn dla jednostek elektromagnetycznych i elektrostatycznych, obie są podawane pod jednym nagłówkiem „CGS”. Jeżeli używa się tych jednostek, należy ładunek elementarny we wzorach w drugiej kolumnie rozumieć jako zastąpiony przez ładunek wyrażony w jednostkach elektromagnetycznych $e(\text{EM})$ albo elektrostatycznych $e(\text{ES})$ odpowiednio.

Tablica 2

Polecane wartości wielkości związanych z wzorcami BIPM jednostek elektrycznych z 1 stycznia 1969 r. i z jednostkami kX i Å*

Wielkość	Oznaczenie	Wartość i w nawiasach odchylenie standardowe ostatnich cyfr	Niepewność względna (ppm)
Stosunek ampera BIPM z 1 stycznia 1969 r. do ampera SI	$K = A_{\text{BIPM}}/A$	1,0000007(26)	2,6
Stosunek oma BIPM z 1 stycznia 1969 r. do oma SI	$R = \Omega_{\text{BIPM}}/\Omega$	0,99999947(19)	0,19
Stosunek wolta BIPM z 1 stycznia 1969 r. do wolta SI	V_{BIPM}/V	1,0000002(26)	2,6
Stosunek Josephsona częstości do napięcia użyty do definicji V_{BIPM}	$(2e/h)_{\text{BIPM}}$	$4,83594000 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \cdot V_{\text{BIPM}}^{-1}$	z definicji
Stosunek jednostki kX do angstroma, $\lambda(\text{CuK}\alpha_1) = 1,537400 \text{ kX}$	$A = \lambda(\text{Å})/\lambda(\text{kX})$	1,0020772(54)	5,3
Stosunek Å* do angstroma, $\lambda(\text{WK}\alpha_1) = 0,2090100 \text{ Å}^*$	$A^* = \lambda(\text{Å})/\lambda(\text{Å}^*)$	1,0000205(56)	5,6
Współczynnik przeliczeniowy napięcie-długość fali	$V\lambda = hc/e$	$1,2372820(66) \cdot 10^4 \text{ V} \cdot \text{kX}$	5,3
		$1,2398266(70) \cdot 10^4 \text{ V} \cdot \text{Å}^*$	5,6
Długość fali Comptona elektronu	$\lambda_c = h/m_e c$	$2,421279(13) \cdot 10^{-3} \text{ kX}$	5,6
		$2,426259(14) \cdot 10^{-2} \text{ Å}^*$	5,9

Równoważniki energetyczne

Wielkość	Oznaczenie	Wartość i w nawiasach odchylenia standardowe ostatnich cyfr	Niepewność względna (ppm)
1 kilogram	$\text{kg}c^2$	$5,609545(16) \cdot 10^{29} \text{ MeV}$	2,9
1 atomowa jednostka masy	$u c^2$	$931,5016(26) \text{ MeV}$	2,8
Masa spoczynkowa elektronu	$m_e c^2$	$0,5110034(14) \text{ MeV}$	2,8
Masa spoczynkowa mionu	$m_\mu c^2$	$105,65948(35) \text{ MeV}$	3,3
Masa spoczynkowa protonu	$m_p c^2$	$938,2796(27) \text{ MeV}$	2,8
Masa spoczynkowa neutronu	$m_n c^2$	$939,5731(27) \text{ MeV}$	2,8
1 elektronowolt	1 eV	$1,6021892(46) \cdot 10^{-19} \text{ J}$	2,9
		$1,6021892(46) \cdot 10^{-12} \text{ erg}$	2,9
	1 eV/h	$2,4179696(63) \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	2,6
	1 eV/hc	$8,065479(21) \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$	2,6
		$8,065479(21) \cdot 10^3 \text{ cm}^{-1}$	2,6
	1 eV/k	$1,160450(36) \cdot 10^4 \text{ K}$	31
Współczynnik przeliczeniowy napięcie-długość fali	hc	$1,2398520(32) \cdot 10^{-6} \text{ eV} \cdot \text{m}$	2,6
		$1,2398520(32) \cdot 10^{-4} \text{ eV} \cdot \text{cm}$	2,6
Stała Rydberga	$R_\infty hc$	$2,179907(12) \cdot 10^{-18} \text{ J}$	5,4
		$2,179907(12) \cdot 10^{-11} \text{ erg}$	5,4
		$13,605804(36) \text{ eV}$	2,6
	$R_\infty c$	$3,28984200(25) \cdot 10^{15} \text{ Hz}$	0,075
	$R_\infty hc/k$	$1,578885(49) \cdot 10^6 \text{ K}$	31
Magneton Bohra	μ_B	$5,7883785(95) \cdot 10^{-5} \text{ eV} \cdot \text{T}^{-1}$	1,6
	μ_B/h	$1,3996123(39) \cdot 10^{10} \text{ Hz} \cdot \text{T}^{-1}$	2,8
	μ_B/hc	$46,68604(13) \text{ m}^{-1} \cdot \text{T}^{-1}$	2,8
		$46,68604(13) \cdot 10^{-2} \text{ cm}^{-1} \cdot \text{T}^{-1}$	2,8
	μ_B/k	$0,671712(21) \text{ K} \cdot \text{T}^{-1}$	31
Magneton jądrowy	μ_N	$3,1524515(53) \cdot 10^{-8} \text{ eV} \cdot \text{T}^{-1}$	1,7
	μ_N/h	$7,622532(22) \cdot 10^6 \text{ Hz} \cdot \text{T}^{-1}$	2,8
	μ_N/hc	$2,5426030(72) \cdot 10^{-2} \text{ m}^{-1} \cdot \text{T}^{-1}$	2,8
		$2,5426030(72) \cdot 10^{-4} \text{ cm}^{-1} \cdot \text{T}^{-1}$	2,8
	μ_N/k	$3,65826(12) \cdot 10^{-4} \text{ K} \cdot \text{T}^{-1}$	31
Stała gazowa	R	$1,98719(6) \text{ cal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	31

Tablica 4

Rozszerzona macierz wariancji i kowariancji oraz współczynników korelacji dla polecanych wartości stałych fizycznych. Wariancje są na głównej przekątnej, kowariancje nad przekątną, współczynniki korelacji pod przekątną. Wartości wariancji i kowariancji są podane w (ppm)²

	α^{-1}	K^a	N_A	K^b	Λ^c	μ^d	e	h	m_e	F
α^{-1}	0,676	-0,399	0,142	-0,010	-0,058	0,725	-1,086	-1,495	-0,142	-0,943
K^a	-0,186	6,808	-13,206	-0,005	3,470	-0,428	7,203	14,006	13,207	-6,003
N_A	0,034	-0,983	26,516	-0,052	-6,948	0,153	-13,400	-26,658	-26,373	13,116
R^b	-0,064	-0,011	-0,053	0,036	0,014	0,011	0,041	0,072	0,052	-0,011
Λ^c	-0,013	0,249	-0,253	0,014	28,544	-0,062	3,542	7,027	6,911	-3,406
μ^d	0,388	-0,072	0,013	-0,025	-0,005	5,165	-1,165	-1,604	-0,153	-1,012
e	-0,457	0,956	-0,902	0,075	0,230	-0,178	8,330	15,573	13,401	-5,071
h	-0,334	0,986	-0,951	0,070	0,242	-0,130	0,991	29,651	26,661	-11,085
m_e	-0,034	0,986	-0,997	0,053	0,252	-0,013	0,904	0,953	26,376	-12,972
F	-0,404	-0,811	0,898	-0,020	-0,225	-0,157	-0,619	-0,718	-0,890	8,045

^a $K = \Delta_{BI\sigma}/A$, ^b $R = \Omega_{BI\sigma}/\Omega$, ^c $\Lambda = \lambda(\text{\AA})/\lambda(kX)$, ^d $\mu = \mu_\mu/\mu_p$.

to ich wariancje ε_k^2 są równe

$$\varepsilon_k^2 = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N \frac{\partial Q_k}{\partial x_i} \frac{\partial Q_k}{\partial x_j} v_{ij}, \quad (30)$$

gdzie v_{ij} jest kowariancją x_i i x_j . Zachodzi związek $v_{ij} = v_{ji}$. Wartości wariancji i kowariancji są podawane w jednostkach względnych (ppm)². Współczynnikami korelacji nazywamy wielkości r_{ij} zdefiniowane wzorem: $r_{ij} = v_{ij}/\varepsilon_i \varepsilon_j$, skąd wynika $r_{ii} = 1$.

Tablica 4 zawiera macierz współczynników wariancji, kowariancji i korelacji dla wyrównywanych stałych podstawowych oraz dodatkowo dla e , h , m_e , F . Wariancje są na głównej przekątnej, kowariancje nad przekątną, współczynniki korelacji pod przekątną. Tablica 4 pozwala obliczyć niepewność dowolnej wielkości, w której definicji występują stałe o niepewnościach skorelowanych procedurą wyrównywania.

5. Zakończenie

Bardziej szczegółowe informacje o danych użytych do wyrównania, o kryteriach ich wyboru oraz ogólny opis obecnego stanu pomiarów stałych fizycznych, ich niepewności i przyczyn niepewności zawarte są w pracy [6], która podaje odnośniki do oryginalnych prac, raportów i publikacji specjalnych. Na zakończenie trzeba powiedzieć, że właśnie w ostatnich dwóch latach nastąpił ogromny postęp w wyznaczaniu kilku podstawowych stałych fizycznych. Dlatego należy się spodziewać poprawy dokładności wyników osiągniętych dotychczas i ustalenia dalszych miejsc dziesiętnych stałych fizyki.

Przedstawione tu tablice, ich układ i forma, zostały opracowane we współpracy i uzgodnieniu z Redakcją Postępów Fizyki. Szczególne podziękowanie składam doktorowi Zygmuntowi Ajdukowi za liczne sugestie i sprawdzenie tablic.

Literatura

- [1] E. R. Cohen, J. W. M. DuMond, *Proceedings of the Second International Conference on Nuclidic Masses*, ed. W. H. Johnson, Springer Verlag, Wien 1964.
- [2] E. R. Cohen, J. W. M. DuMond, *Rev. Mod. Phys.* **37**, 537 (1965).
- [3] J. M. Massalski, J. Studnicki, *Międzynarodowy Układ Jednostek Miar SI*, PWN, Warszawa 1968.
- [4] B. N. Taylor, W. H. Parker, D. N. Langenberg, *Rev. Mod. Phys.* **41**, 375 (1969).
- [5] *Encyklopedia Fizyki*, Tom 3, str. 447—8, PWN, Warszawa 1974.
- [6] E. R. Cohen, B. N. Taylor, The 1973 Least-Squares Adjustment of the Fundamental Constants, *J. Phys. Chem. Reference Data* **2**, No. 4, 663 (1973).
- [7] E. R. Cohen, B. N. Taylor, *Rev. Mod. Phys.* **45**, S1 (1973), Supplement April 1973.
- [8] M. S. Rothenberg, *Phys. Today* **27**, 19 (1974).
- [9] Nat. Bur. Stand. (US), *Tech. News Bull.* **56**, No. 7, 159 (1972).
- [10] B. F. Field, T. F. Finnegan, J. Toots, *Metrologia* **9**, 155 (1973).

- [11] J. Terrien, *Metrologia* **9**, 40 (1973).
- [12] K. M. Evenson, J. S. Wells, F. R. Peterson, B. L. Danielson, G. W. Day, *Appl. Phys. Lett.* **22**, 192 (1973).
- [13] R. L. Barger, J. L. Hall, *Appl. Phys. Lett.* **22**, 196 (1973).
- [14] P. Giacomo, w *Atomic Masses and Fundamental Constants* **4**, Ed. J. H. Sanders i A. H. Wapstra, Plenum Publishing Corp., New York 1972, p. 348.
- [15] K. M. Baird, D. S. Smith, W. E. Berger, *Optics Commun.* **7**, 107 (1973).
- [16] J. Terrien, prywatna informacja; *Metrologia* **10**, 9 (1974).
- [17] K. M. Evenson, J. S. Wells, F. R. Peterson, B. L. Danielson, G. W. Day, R. L. Barger, J. L. Hall, *Phys. Rev. Lett.* **29**, 1346 (1972).
- [18] W. K. Clothier, *Metrologia* **1**, 36 (1965).
- [19] A. M. Thompson, *Metrologia* **4**, 1 (1968).
- [20] C. Morelli i in., *International Union of Geodesy and Geophysics and International Association of Geodesy*, Special Publication No. 4, Paris 1974.
- [21] J. C. Wesley, A. Rich, *Phys. Rev. A* **4**, 1341 (1971); *Rev. Mod. Phys.* **44**, 250 (1972).
- [22] S. Granger, G. W. Ford, *Phys. Rev. Lett.* **28**, 1479 (1972).
- [23] J. Bailey, W. Bartl, G. von Bochmann, R. C. Brown, F. J. M. Farley, M. Giesch, H. Jöstlein, S. van der Meer, E. Picasso, R. W. Williams, *Nuovo Cimento* **A9A**, 369 (1972).
- [24] P. F. Winkler, D. Kleppner, T. Myint, F. G. Walther, *Phys. Rev. A* **5**, 83 (1972).
- [25] E. B. D. Lambe, *Ph. D. Thesis*, Princeton University, 1959 (nieopublikowane); *Polarisation, Matière et Rayonnement*, Société Française de Physique, Paris, p. 441.
- [26] E. Klein, *Z. Phys.* **208**, 28 (1968).
- [27] A. H. Wapstra, N. B. Gove, K. Bos, *Proc. 4th Internat. Conf. on Atomic Masses and Fundamental Constants*, Teddington, Middx., England, Sept. 1971, London, Plenum 1972, p. 273, 283; N. B. Gove, A. H. Wapstra, *Nucl. Data Tables (USA)* **11**, 127 (1973).
- [28] A. H. Wapstra, N. B. Gove, *Nucl. Data Tables* **9**, 265 (1971).
- [29] T. Masui, w *Precision Measurement and Fundamental Constants*, Ed. D. N. Langenberg i B. N. Taylor, Nat. Bur. Stand. (US), Spec. Publ. **343** (Aug. 1971), p. 83.
- [30] L. Csillag, Ref. [14], p. 411.
- [31] B. P. Kibble, W. R. C. Rowley, G. W. Series, R. E. Shawyer, *J. Phys. B: Atom. Molec. Phys.* **6**, 1079 (1973).
- [32] E. G. Kessler, Jr., *Phys. Rev. A* **7**, 408 (1973).
- [33] R. L. Driscoll, P. T. Olsen, *Report to Comité Consultatif d'Electricité*, Comité International des Poids et Mesures, 12th Session, October 1968.
- [34] P. Vigoureux, N. Dupuy, *National Physical Laboratory Report* Qu 16 (1970) i Qu 23 (1972).
- [35] G. Marinenko, J. K. Taylor, *Analyt. Chem.* **40**, 1645 (1968).
- [36] V. E. Bower, Ref. [14], p. 516.
- [37] K. Hara, H. Nakamura, T. Sakai, N. Koizumi, *Report to Comité Consultatif d'Electricité*, Comité International des Poids et Mesures, 12th Session, October 1968.
- [38] P. T. Olsen, R. L. Driscoll, w *Atomic Masses and Fundamental Constants* **4**, Ed. J. H. Sanders i A. H. Wapstra, Plenum Publishing Corp., New York 1972, p. 471.
- [39] P. Vigoureux, *Proc. Roy. Soc. A (London)* **270**, 72 (1962).
- [40] T. N. Malyarevskaya, N. V. Studentsov, V. Ya. Shifrin, w *Studies in the Field of Magnetic Measurements*, Mendeleev All Union Scientific Research Institute of Metrology, Publications of the Institutes of Metrology, USSR, No. 120 (180), 1971 (Standards Publications, Moscow—Leningrad, 1971), p. 14; Trudy Metrologicheskikh Institutov, SSSR, No. 120 (180), 1971.
- [41] G. K. Yagola, V. I. Zingerman, V. N. Sepetyi, *Izmeritel. Tekhn.* **7**, 44 (1966).
- [42] B. P. Kibble, G. J. Hunt, *National Physical Laboratory Report* Qu 15, June, 1971.
- [43] B. A. Mamyrin i in., Ref. [14], p. 451.
- [44] B. W. Petley, K. Morris, *Precision Measurement and Fundamental Constants*, Ed.

- D. N. Langenberg i B. N. Taylor, *Nat. Bur. Stand. (US) Spec. Publ.* 343 (Aug. 1971), p. 173.
- [45] J. A. Bearden, A. Henins, J. G. Marzolf, W. C. Sauder, J. S. Thomsen, *Phys. Rev.* 135, A899 (1964).
- [46] I. Henins, J. A. Bearden, *Phys. Rev.* 135, A890 (1964).
- [47] A. Henins, *Ref.* [29], p. 225.
- [48] J. A. Bearden, *Phys. Rev.* 137, B181 (1965).
- [49] P. H. M. Van Assche i in., *Ref.* [29], p. 271.
- [50] B. E. Lautrup, A. Petermann, E. de Rafael, *Phys. Reports* 3C, 193 (1971).
- [51] N. M. Kroll, w *Atomic Physics* 3, Ed. S. J. Smith, G. K. Walters, Plenum Publishing Corp., New York 1973, p. 33.
- [52] T. Fulton, *Phys. Rev.* A7, 377 (1973).
- [53] R. Barbieri, P. Christillin, E. Remiddi, *Phys. Rev.* A8, 2266 (1973); *Phys. Lett.* 43B, 411 (1973).
- [54] E. S. Ensberg i in., *Ref.* [29], p. 321.
- [55] H. Hellwig, R. F. C. Vessot, M. W. Levine, P. W. Zitzewitz, D. W. Allan, D. J. Glaze, *IEEE. Trans. Instrum. Meas.* IM-19, 200 (1970).
- [56] L. Essen i in., *Metrologia* 9, 128 (1973).
- [57] K. M. Crowe, J. F. Hague, J. E. Rothberg, A. Schenck, D. L. Williams, R. W. Williams, K. K. Young, *Phys. Rev.* D5, 2145 (1972).
- [58] D. P. Hutchinson i in., *Ref.* [29], p. 337.
- [59] R. DeVoe, P. M. McIntyre, A. Magnon, D. Y. Stowell, R. A. Swanson, V. L. Telegdi, *Phys. Rev. Lett.* 25, 1779 (1970).
- [60] P. R. Heyl, *J. Res. Nat. Stand.* 5, 1243 (1930).
- [61] P. R. Heyl, P. Chrzanowski, *J. Res. Nat. Bur. Stand. (US)*, 29, 1 (1942).
- [62] *The International System of Units*, Ed. C. H. Page i P. Vigoureux, *Nat. Bur. Stand. (US)*. Spec. Publ. 330, 45 pages, April 1972.
- [63] T. Batuecas, *Ref.* [1], p. 139.
- [64] T. Batuecas, *Ref.* [14], p. 534.
- [65] W. R. Blevin, W. J. Brown, *Metrologia* 7, 15 (1971).
- [66] J. A. Bearden, *Phys. Rev.* 137, B455 (1965).
- [67] *Recommended Consistent Values of the Fundamental Physical Constants*, 1973, CODATA Bull. No. 11 (1973); tłum. ros. *Usp. Fiz. Nauk* 115, 623 (1975).

G. N. Flerow, W. S. Baraszenkow

Zjednoczony Instytut Badań Jądrowych
Dubna

Zastosowanie wiązek ciężkich jonów *

The Applications of the Heavy Ions Beams

Abstract: A survey of the use of heavy ions beams in science and technology is presented. Various applications of heavy ions are discussed. In particular, the recent developments in ions implantation, high temperature superconductors, nuclear filters, simulation of radiation damages in the reactor materials, studies of the surface of the material and application of the heavy ions in medicine and biology are reviewed.

1. Aspekty teoretyczne i praktyczne fizyki ciężkich jonów

Przedmiotem fizyki ciężkich jonów są różnorodne procesy zachodzące przy zderzeniach przyśpieszonych jonów z atomami tarczy oraz badanie własności nowych jąder powstałych przy „wbijaniu” fragmentu materii jądrowej w inny fragment. Ten zupełnie nowy rozdział fizyki jądrowej rozwinięty został dopiero w latach powojennych. Pierwszy akcelerator ciężkich jonów (były to jądra azotu) zbudowano w USA w początku lat 50, wkrótce po tym jak zaobserwowano, że przy wybuchach atomowych występują intensywne oddziaływania jonów powietrza. W roku 1960 uruchomiono w Dubnej akcelerator ciężkich jonów, w którym uzyskano wiązki przyśpieszonych jonów o dużym natężeniu do argonu ($Z = 18$) włącznie. Pozostaje on do chwili obecnej najpotężniejszym akceleratorem tego typu. Przed dwoma laty w Laboratorium Reakcji Jądrowych w Dubnej zbudowano układ dwóch akceleratorów (tandem), w którym jony wyprowadzone z jednego akceleratora trafiają następnie do drugiego, uzyskując dodatkową energię. Układ ten dostarcza wiązki jeszcze cięższych jonów do ksenonu ($Z = 54$) włącznie. Niedawno w USA ukończono rekonstrukcję akceleratora liniowego SUPERHILAC, który również może przyśpieszać jony ksenonu do

* Artykuł, opublikowany w *Uspiechach Fizycznych Nauk* 114, 351 (1974), został przetłumaczony za zgodą Autorów i Wydawcy (Przyp. Red.).

wysokiej energii. Budowany obecnie w RFN znacznie potężniejszy akcelerator UNILAC pozwoli na przyspieszenie wszystkich jąder układu okresowego Mendelejewa, w tym również uranu. Na przyspieszanie ciężkich jonów przestawiono także akcelerator protonowy o energii 6 GeV w Berkeley i przygotowuje się przebudowę synchrofazotronu o energii 10 GeV w Dubnej. Przy pomocy tych akceleratorów uzyskać można wiązki jonów o względnie małym natężeniu ale bardzo wysokiej energii — 2,3 GeV/nukleon w Berkeley oraz 5,5 GeV/nukleon w Dubnej.

Co powoduje tak duże zainteresowanie naukowców różnych krajów wiązkami ciężkich jonów? Głównie — unikalna możliwość zbadania przy pomocy ciężkich jonów superciężkich pierwiastków transuranowych oraz krótkożyciowych układów jądrowych składających się z 300—500 nukleonów. Nigdy w dotychczasowych doświadczeniach nie mieliśmy do czynienia z tak dużymi układami kwantowymi cząstek silnie oddziałujących. Być może, badając własności dynamiczne i statystyczne takich układów natrafimy na zupełnie nowe prawa przyrody. Układy wielonukleonowe powstałe w wyniku oddziaływania padającego ciężkiego jonu z ciężkim jądrem tarczy mogą być obdarzone dużym momentem pędu oraz dość niezwykłym kształtem, np. kształtem hantli, której jedna kula ślizga się jakby po powierzchni drugiej kuli, kształtem toroidu powstającego, gdy bardzo lekkie jądro wybija znaczną liczbę nukleonów ze środka ciężkiego jądra tarczy, lub nawet kształtem „pęcherza” z wnęką w środku. Badanie dużych i szybko obracających się zlepków materii jądrowej pozwoli lepiej zrozumieć zachowanie się materii w gwiazdach neutronowych i innych niezbadanych obiektach astrofizycznych. Głównym jednak celem obecnie jest dotarcie do przewidzianego teoretycznie obszaru $Z = 114, 126$ itd. (tak zwanych „wysp stabilności”). Reakcje z ciężkimi jonami stanowią obecnie jedyną praktycznie możliwość zbadania takich jąder. Odkrycie zaś długożyciowych pierwiastków superciężkich będzie miało tak daleko idące naukowe, a być może i praktyczne, skutki, że znaczenie ich trudno nawet w tej chwili próbować ocenić.

Reakcje z ciężkimi jonami dostarczają dużej liczby nowych izotopów położonych daleko od ścieżki stabilności β , w szczególności jąder lekkich o nadmiarze neutronów. Badanie takich jąder jest bardzo interesujące, bowiem zgodnie z przewidywaniami teoretycznymi w obszarze jąder o dużej liczbie neutronów możliwe jest istnienie pierwiastków stosunkowo stabilnych, tzw. „kropli neutronowych”.

Obecnie znamy jeszcze bardzo źle „geografię” jąder atomowych. Przy naświetlaniu tarczy uranowej jonami uranu lub toru o wysokiej energii powstaje ponad 6000 różnych izotopów, a więc kilkakrotnie więcej niż liczba wszystkich trwałych i promieniotwórczych izotopów zbadanych dotychczas w fizyce jądrowej. Jak bardzo trafnie zauważył A. Bromley, jeden z czołowych fizyków amerykańskich w dziedzinie ciężkich jonów, ekstrapolacja zgromadzonej dotychczas wiedzy w celu przewidzenia własności wszystkich możliwych jąder atomowych przypomina próbę opisu krajobrazu całego kraju w oparciu o badania dna i pobliskich stoków jednej ze znajdujących się w kraju przełęczy.

Niezwykle interesująca jest możliwość sprawdzenia praw elektrodynamiki kwantowej oraz badanie procesów zachodzących w polu elektromagnetycznym zderzających się jąder; są to najsilniejsze ze znanych obecnie we Wszechświecie pól elektromagnetycznych. Bardzo ciekawe są również badania jąder o maksymalnie dużych Z .

Rozważając perspektywy rozwoju fizyki jądrowej, znany teoretyk A. Bohr wypowiedział pogląd, że fizyką jądrową najbliższych dziesięciu lat będzie głównie fizyka ciężkich jonów. Z tym poglądem nie można się nie zgodzić. Niemniej, duża waga naukowa w badaniach podstawowych nowych zjawisk fizyki — to tylko jedna strona fizyki ciężkich jonów. Druga, nie mniej ważna, to możliwość rozległego praktycznego zastosowania wiązek ciężkich jonów w najróżniejszych dziedzinach nauki i techniki. Można bez przesady powiedzieć, że perspektywy praktycznego zastosowania wiązek ciężkich jonów są obecnie na tym samym etapie, na którym była przed 10—15 laty technika laserowych wiązek światła.

Wiązka lasera oddziałując z materią powoduje głównie silne lokalne grzanie, wiązka zaś ciężkich jonów może spowodować nie tylko silne działanie termiczne ale również zmiany mechaniczne, powstałe w wyniku zderzeń jonów i jąder odrzutu z jądrami sieci krystalicznej naświetlonej próbki. Ważne jest, że w wyniku tych zderzeń można zmienić skład chemiczny substancji zgodnie z góry ustalonym programem. Przy pomocy soczewek magnetycznych wiązkę ciężkich jonów można zogniskować do igłopodobnego promienia o średnicy równej kilku mikrom.

Połączenie tych wszystkich wspaniałych własności stało się podstawą licznych praktycznych zastosowań wiązek ciężkich jonów. Przy ich pomocy można wpływać na właściwie każdą cechę substancji zależną od jej struktury i składu chemicznego.

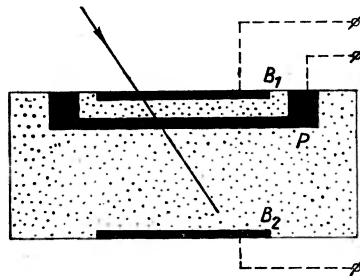
Na tej drodze dokonuje się obecnie zmian własności powierzchni materiału oraz jego warstw na głębokości do kilkudziesięciu mikronów (w przypadku tkanki biologicznej znacznie głębiej, patrz poniżej). Budowa akceleratorów wysokiej energii o wystarczająco dużych natężeniach wiązek (co jest sprawą niedalekiej przyszłości — nie ma tu żadnych trudności zasadniczych) pozwoli uzyskać większe zasięgi jonów w materii, a więc umożliwi oddziaływanie na głębsze warstwy naświetlanych materiałów.

Wykorzystanie wspaniałych możliwości dostarczanych przez wiązki ciężkich jonów dopiero się zaczyna, w niektórych ważnych kierunkach odbywa się pierwszy rekonesans, inne — być może najciekawsze — czekają jeszcze na odkrycie. Ale już na podstawie tego, co wiadomo obecnie, można powiedzieć, że zastosowanie wiązek ciężkich jonów o dużym natężeniu wywoła — podobnie jak to się stało w przypadku laserów — przewrót w technologii i metodach w różnych dziedzinach współczesnej nauki i techniki.

W dalszych rozdziałach przedstawimy szereg najbardziej obiecujących obecnie zastosowań praktycznych ciężkich jonów.

2. Implantacja jonów

Zastosowanie praktyczne wiązek ciężkich jonów jest jeszcze w stadium bardzo początkowym, niemniej już obecnie są one szeroko stosowane w przemyśle elektronicznym do wprowadzania składnika stopowego na powierzchnię oraz bliskie powierzchni warstwy materiałów półprzewodnikowych. W porównaniu z innymi znanymi sposobami wprowadzania składnika stopowego, do najbardziej uniwersalnych należy „wbijanie”, lub, jak się ostatnio mówi, implantacja jonów. Jest to sposób wprowadzania atomów dowolnego pierwiastka do dowolnego materiału. Implantacja jonów daje dodatnie wyniki nawet wtedy, gdy zawodzą inne sposoby wprowadzania składnika stopowego. Proces implantacji może zachodzić przy stosunkowo niskich temperaturach, uboczne zaś uszkodzenia struktury naświetlanej próbki mogą być usunięte poprzez podgrzanie do niezbyt



Rys. 1. Warstwy boru B_1 i B_2 oraz fosforu P implantowane do kryształu krzemu. Zmiana napięcia między warstwami B_1 i P jest miarą strat jonizacyjnych $\Delta E/\Delta x$, zmiana napięcia między warstwami P i B_2 stanowi miarę całkowitych strat jonizacyjnych cząstki

wysokich temperatur; pozwala to zmieniać elektryczne i inne fizyczne parametry próbki w sposób dobrze kontrolowany oraz w ściśle określonym kierunku. Z punktu widzenia zastosowań metody na skalę przemysłową ważny jest fakt, że proces implantacji jonów pozwala na całkowitą automatyzację oraz prawie 100% powtarzalność własności wytwarzanych materiałów.

Na tej drodze uzyskuje się istotne ulepszenie własności tranzystorów i innych układów półprzewodnikowych; w szczególności naświetlanie jonami boru, fosforu, tantalu i cięższymi pierwiastkami znacznie poprawia własności krzemowych i germanowych detektorów półprzewodnikowych szeroko stosowanych obecnie w fizyce jądrowej, przy analizie aktywacyjnej w górnictwie i poszukiwaniach geologicznych, szybkiej analizie zanieczyszczenia środowiska itd.

Implantacja jonów umożliwia dokładne sterowanie geometrią wprowadzanych domieszek, w wyniku czego wewnątrz naświetlanej próbki wytworzyć można dość złożone architektonicznie struktury o kompleksowych własnościach elektrofizycznych. Otwiera to drogi do wytwarzania złożonych, ale miniaturowych i wygodnych, układów elektronicznych.

Najprostszym przykładem zastosowań są krystaliczne detektory krzemowe,

do których przy pomocy wiązki jonów wprowadzono cienkie warstwy boru i fosforu (rys. 1). Warstwy te mają dokładnie określony kształt i ostrą granicę, co pozwala na jednoczesny pomiar, z wysoką dokładnością, jonizacji właściwej i całkowitej, a zatem na wyznaczenie energii i identyfikację cząstki.

Wspaniałe możliwości dostarcza implantacja jonów przy wytwarzaniu i badaniu własności nowych stopów, trudnych lub niemożliwych do otrzymania znanymi obecnie metodami, na przykład z powodu niezgodności chemicznej składników, uniemożliwiającej ich wzajemne przenikanie. Naświetlenie warstw składników w wiązce ciężkich jonów pozwala „przemóc” ich niezgodność chemiczną i uzyskać na tej drodze stopy o niezwykłej trwałości, odporności termicznej, antykorozyjnej itd. W większości przypadków potrzebne własności stopu uzyskuje się przy bardzo nieznacznych dodatkach odpowiednio dobranych domieszek.

Duże zainteresowanie budzi ostatnio jeszcze jedna dziedzina zastosowań implantacji jonów — wytwarzanie światłowodów plastycznych. Jak wiadomo, automatyzacja współczesnych eksperymentów naukowych oraz złożonych procesów technologicznych, wymagających kontroli dziesiątków i setek różnych parametrów, nie jest możliwa bez układów liczących, mogących szybko analizować i przekazywać ogromną liczbę różnych informacji. Dalszy istotny postęp w tej dziedzinie wydaje się niemożliwy bez zastosowania w urządzeniach liczących i sterujących wiązek świetlnych, pozwalających na przekazywanie informacji z największą możliwą w przyrodzie prędkością — prędkością światła, posiadającego jednocześnie szeroki zakres częstości a zatem możliwość przekazywania dużej ilości informacji. Niezbędne do tego materiały, pozwalające na zastąpienie obwodów drukowanych oraz skomplikowaną płataninę przewodów współczesnych układów elektronicznych, uzyskać można przy pomocy wiązek ciężkich jonów. Przy pomocy naświetlania w wiązce jonów cienkich przewodzących optycznie błon (np. naświetlania w wiązce jonów litu lub węgla, jak to zrobiono w pracy [1]) można, według uprzednio ułożonego programu, odpowiednio zmienić ich współczynniki załamania, tworząc światłowody dowolnego kształtu. Przewodzące światło błony powstałe w wyniku tego procesu odpowiadają elektronicznym obwodom drukowanym stosowanym obecnie. Wprowadzenie do błon specjalnych domieszek o odpowiednich własnościach magnetycznych pozwala na wytwarzanie elementów o większej objętości pamięci, co znacznie rozszerza możliwości techniki obliczeniowej. Należy oczekiwać, że ten kierunek zastosowania ciężkich jonów będzie miał znaczny wpływ na rozwój techniki obliczeniowej oraz przekształci się w oddzielną gałąź przemysłu.

Wiązki ciężkich jonów o dużym natężeniu mogą być bardzo skutecznie wykorzystane do uzyskania twardych powierzchni materiałów, zmniejszenia lub zwiększenia ich aktywności chemicznej w przypadku oddziaływania z określonymi substancjami. Na przykład, naświetlanie w wiązkach jonów węgla powoduje w szeregu przypadkach wytworzenie istotnie twardszych powierzchni metali i stopów, natomiast naświetlanie w wiązce jonów argonu powierzchni elementów wykonanych z uranu metalicznego prowadzi do zmniejszenia ich

aktywności. Przy pomocy wiązek jonów wykonać można polerowanie powierzchni oraz bardzo precyzyjne docieranie soczewek optycznych itd. Jest to dziedzina dostarczająca niemal nieograniczonego pola do działania umysłowi wynalazcy.

3. Wytwarzanie nadprzewodników wysokotemperaturowych

Jednym z najważniejszych problemów współczesnej energetyki, porównywalnym w skali ważności z zagadnieniem budowy reaktorów termojądrowych, jest wytwarzanie nadprzewodników wysokotemperaturowych zachowujących własności nadprzewodnictwa przy dużych natężeniach prądu, dużych polach magnetycznych oraz dostatecznie wysokich temperaturach, np. temperaturach pokojowych, a przynajmniej na początek, przy temperaturze wrzenia ciekłego wodoru $T_H = 20,4$ K.

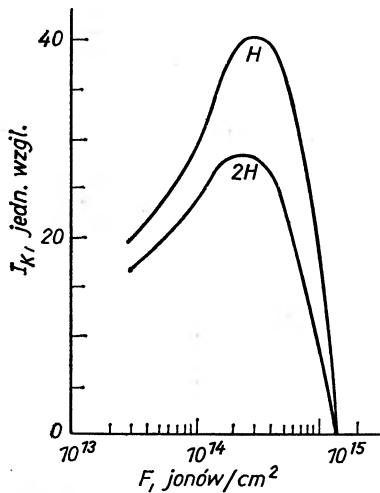
Jak wiadomo, metal staje się nadprzewodnikiem w bardzo niskich, „helowych”, temperaturach. Nawet dla niobu, który staje się nadprzewodnikiem przy najwyższej w porównaniu z innymi metalami temperaturze $T_{Nb} = 9,2$ K, ta temperatura jest zaledwie dwukrotnie większa od temperatury wrzenia ciekłego helu. Przejście do temperatur „wodorowych” T_H pozwoliłoby na wykorzystanie znacznie łatwiejszej i tańszej techniki kriogenicznej, prowadząc do szerokiego zastosowania nadprzewodników w przemyśle.

Na pierwszy rzut oka beznadziejne zadanie wytworzenia wysokotemperaturowego nadprzewodnictwa okazało się już nawet teraz częściowo rozwiązalne przynajmniej na poziomie temperatur „wodorowych” — znamy bowiem już stopy zachowujące własności nadprzewodnictwa w temperaturach bliskich T_H . Na przykład, stop niobu z ołowiem Nb_3Sn pozostaje nadprzewodnikiem w temperaturach do $T = 18,2$ K, natomiast temperatura $T \approx 20$ K, przy której zanika nadprzewodnictwo stałego roztworu $Nb_3Al + Nb_3Ge$, jedynie o ułamki stopnia różni się od temperatury wrzenia wodoru T_H . Możliwość uzyskania nadprzewodników w temperaturach półtora, a nawet dwukrotnie większych od T_H , mieści się w ramach przewidywań współczesnej teorii nadprzewodnictwa, z której wynika, że podstawowy mechanizm odpowiedzialny za nadprzewodnictwo (tzw. mechanizm fononowy) działa prawdopodobnie w obszarze temperatur $T < 25-30$ K [2]. Jednocześnie, teoria nie jest jeszcze na tyle dopracowana, by można było wykluczyć wyższe temperatury aż do $T \approx 40-50$ K.

Dalszy postęp w badaniu nadprzewodników przy $T > T_H$ zależy obecnie głównie od szczegółowych i systematycznych badań własności różnych wieloskładnikowych roztworów i stopów. Wykorzystanie wiązek ciężkich jonów dostarcza praktycznie nieograniczonych możliwości rozszerzenia tych badań. Wiązki ciężkich jonów pozwalając w sposób ciągły i ściśle kierunkowy zmieniać skład binarnych oraz złożonych wieloskładnikowych nadprzewodników, w tym również takich, które są trudne do otrzymania lub w ogóle nieosiągalne przy pomocy innych znanych obecnie sposobów. Przy pomocy wiązek jonów udaje się,

mówiąc obrazowo, obejść od tyłu termodynamikę stopów, uzyskując wieloskładnikowe metatrwałe układy, niezrównoważone termodynamicznie.

Rola wiązek ciężkich jonów w wytwarzaniu wysokotemperaturowych nadprzewodników ma jeszcze jeden ważny aspekt. Należy się spodziewać, że własności nadprzewodnictwa określone przez specyficzne oddziaływania par elektronowych i drgań sieci powinny być czułe nawet na niedużą liczbę innych atomów wprowadzonych do sieci a także na spowodowane jonami uszkodzenia radiacyjne. Obrazowo wpływ ich na charakter drgań sieci krystalicznej można porównać z działaniem ciężarków o różnej masie przyczepionych w różnych miejscach do rozhuśtywanej siatki do gry w siatkówkę. Dobierając odpowiednio wprowadzane atomy i uszkodzenia radiacyjne można tak zmienić częstość drgań sieci, by przy zmianie warunków zewnętrznych uniemożliwić powrót nadprzewodnika do stanu normalnego.

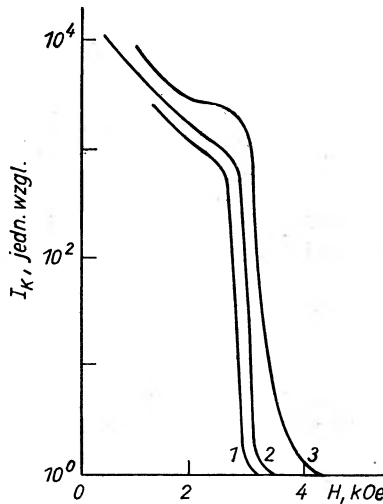


Rys. 2. Zależność krytycznego natężenia prądu (jednostki względn.) w folii ze stopu Nb_3Sn od dawki jonów tlenu [5]. Górna krzywa odpowiada przypadkowi, gdy poprzeczne pole magnetyczne H jest dwukrotnie mniejsze niż w przypadku dolnej krzywej

Jak pokazały ostatnie prace fizyka z Leningradu S. I. Cypkina i współpracowników [3, 4] oraz najnowsze pomiary fizyków zachodnioniemieckich [5], po naświetleniu ciężkimi jonami własności nadprzewodników znacznie się poprawiają. W szczególności, znacznie rosną wartości natężenia pola krytycznego H_k i prądu I_k , przy których zanika nadprzewodnictwo (rys. 2 i 3). Fakt ten jest szczególnie ważny ze względu na bardzo niskie wartości H_k i I_k stopów wieloskładnikowych o wysokim nadprzewodnictwie temperaturowym.

Niezwykle interesujące jest również badanie nadprzewodnictwa w złożonych warstwowych i nitkowatych strukturach z materiałów przewodzących i dielektryków, które można wytwarzać przy użyciu ciężkich jonów. (Jesteśmy wdzięczni N. E. Aleksejewskiemu i S. J. Cypkinowi za przedyskutowanie tych zagadnień.)

Badanie materiałów nadprzewodzących z wykorzystaniem wiązek ciężkich jonów znajduje się na razie w stadium początkowym, jednak dalsze perspektywy tego kierunku wydają się być bardzo ciekawe i obiecujące.



Rys. 3. Zależność dla folii z niobu krytycznego natężenia prądu od natężenia poprzecznego pola magnetycznego [3]. 1 — nienaświetlona folia, 2, 3 — folia naświetlona w wiązce jonów azotu o natężeniu odpowiednio 4×10^{14} i $1,25 \times 10^{15}$ cząstek/cm²

4. Modelowanie uszkodzeń radiacyjnych w materiałach reaktorowych

Jeszcze jedną niezwykle ważną dziedziną, w której zastosowano wiązki ciężkich jonów, jest wykorzystanie ich do modelowania uszkodzeń radiacyjnych wywołanych przez neutrony w wydzielających ciepło elementach paliwowych i konstrukcyjnych reaktorów atomowych. Szybkie neutrony w zderzeniach z jądrami atomowymi wybijają je z zajmowanych położeń, rozpraszają po całym materiale i nadają im znaczne ilości energii, dzięki czemu owe rozlatujące się jądra mogą wywoływać dalsze uszkodzenia radiacyjne zmieniające strukturę substancji napromieniowanej. Jednym z następstw tego procesu jest powstawanie w materii dużej liczby mikroskopijnych wydrążeń o wymiarach rzędu setek odległości międzyatomowych, co prowadzi do odpowiedniego zwiększenia wymiarów zewnętrznych napromieniowanej próbki — do jej pęcznienia. Rozwój takich wydrążeń jest związany z procesami dyfuzji powstałych ubytków i innych defektów punktowych, dlatego zwiększenie porowatości radiacyjnej zachodzi szczególnie szybko w dostatecznie wysokich temperaturach, gdy defekty punktowe są bardziej ruchome. Dla stali nierdzewnych, na przykład, odpowiada to zakresowi temperatur 400—800°C, co stanowi akurat obszar roboczych temperatur reaktorów atomowych z ciekłometalicznym nośnikiem ciepła. Zwiększenie objętości materiałów konstrukcyjnych na skutek pęcznienia może dochodzić

do 10—15%, a ponieważ wiązki neutronowe i temperatura mają bardzo niejednorodny rozkład w reaktorze, jego części konstrukcyjne deformują się i powstają w nich znaczne gradienty naprężeń. Stwarza to poważne problemy dla projektantów reaktorów, szczególnie, jeśli się weźmie pod uwagę, że radiacyjnemu pęcznieniu materiałów towarzyszy zmiana ich pełznięcia, w wyniku czego materiały stają się bardziej czułe na rozmaite deformacje [6, 7].

Efekt pęcznienia (lub „swelling”, jak się go często określa w literaturze fachowej) został zaobserwowany po raz pierwszy przed sześciu laty przez naukowców angielskich dla stali austenitowej. Później zjawisko to obserwowano praktycznie dla wszystkich metali.

Napromieniowanie neutronami nie tylko niszczy strukturę substancji, ale zmienia także jej skład chemiczny na skutek reakcji jądrowych, głównie (n, α), w których w wyniku pochłaniania neutronów przez jądra powstają atomy helu, mające z kolei istotny wpływ na inicjowanie i wzrost porów wakansyjnych. Znaczne zmiany w składzie chemicznym i strukturze ulegającej rozpadowi substancji wywołują fragmenty rozszczepienia.

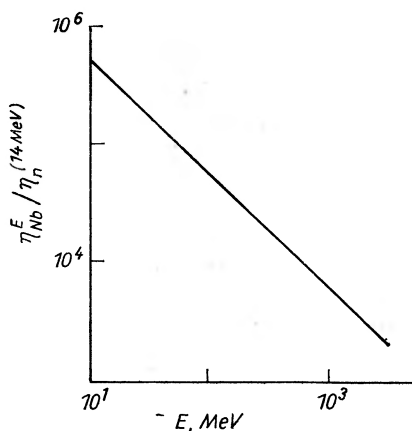
W układach rozmnażających na szybkich neutronach, które, jak się wydaje, zdobędą w ciągu 5—10 lat szeroką popularność, wiązki neutronów będą setki i tysiące razy przewyższały te, z którymi mamy do czynienia we współczesnych reaktorach atomowych. Zagadnienia wytrzymałości materiałów na promieniowanie będą miały przy tym znaczenie decydujące. Problemy te są również istotne dla innych typów reaktorów, w szczególności dla opracowywanych obecnie systemów opartych na zasadzie syntezy termojądrowej. Według ocen naukowców amerykańskich zamiana współczesnych materiałów konstrukcyjnych na nowe, znacznie bardziej odporne na uszkodzenia radiacyjne, może przynieść dla dziesięcioletniego narodowego programu rozwoju energetyki jądrowej USA oszczędności rzędu kilku miliardów dolarów [8, 9].

Liczne badania przeprowadzone w ciągu ostatnich kilku lat, wykazały, że skutki uszkodzeń radiacyjnych, w szczególności porowatość radiacyjna, stanowią bardzo złożone wieloaspektowe zjawisko, które zależy zarówno od dawki i warunków napromieniowania, jak od składu i uprzedniej obróbki termomechanicznej materiału. Czasem nawet niewielkie domieszki do substancji podstawowej znacznie zmieniają sposób jej zachowania w polach radiacyjnych. Dlatego przenoszenie wyników badań wykonanych dla określonych materiałów na inne często okazuje się niemożliwe, tym bardziej, że na razie jeszcze nie istnieje teoria, która pozwalałaby przewidywać i dostatecznie dokładnie obliczać złożony zespół zjawisk uszkodzeń radiacyjnych. Jednocześnie badania doświadczalne uszkodzeń radiacyjnych różnych materiałów bezpośrednio w istniejących reaktorach atomowych są utrudnione tym, że potrzebne są długie czasy napromieniowywania: zauważalna porowatość radiacyjna powstaje dopiero po napromieniowaniu substancji całkowitą dawką rzędu kilku jednostek 10^{22} neutronów/cm², a ponieważ typowe wiązki szybkich neutronów we współczesnych reaktorach wynoszą $\sim 10^{15}$ neutronów/cm²/s, taką dawkę uzyskuje się w ciągu, mniej więcej, roku; dlatego do określenia wytrzymałości materiałów dla całego okresu plano-

wego zużywania się rozpadającej się substancji w reaktorach na szybkie neutrony (całkowita dawka $\sim 10^{23}$ neutronów/cm²) potrzebne są lata.

Co się tyczy zachowania materiałów pod wpływem wiązek neutronowych $> 10^{16}$ neutronów/cm², charakterystycznych dla projektowanych reaktorów termojądrowych i układów rozmnażających w najbliższej przyszłości, to przy zastosowaniu współczesnych reaktorów nie możemy praktycznie uzyskać informacji doświadczalnych.

W tych warunkach niezwykle ważne staje się modelowanie przy pomocy wiązek ciężkich jonów uszkodzeń radiacyjnych, których doznają różne materiały w reaktorach atomowych i termojądrowych. Ciężkie jony mają przekrój na



Rys. 4. Stosunek wydajności $\eta_{Nb}^E / \eta_n(14 \text{ MeV})$ na tworzenie uszkodzeń radiacyjnych przez jony niobu o energii E i neutrony o energii 14 MeV [9]. Próbką naświetlana — folia z niobu. Wydajność η jest wielkością proporcjonalną do części energii kinetycznej straconej na wytworzenie uszkodzeń radiacyjnych

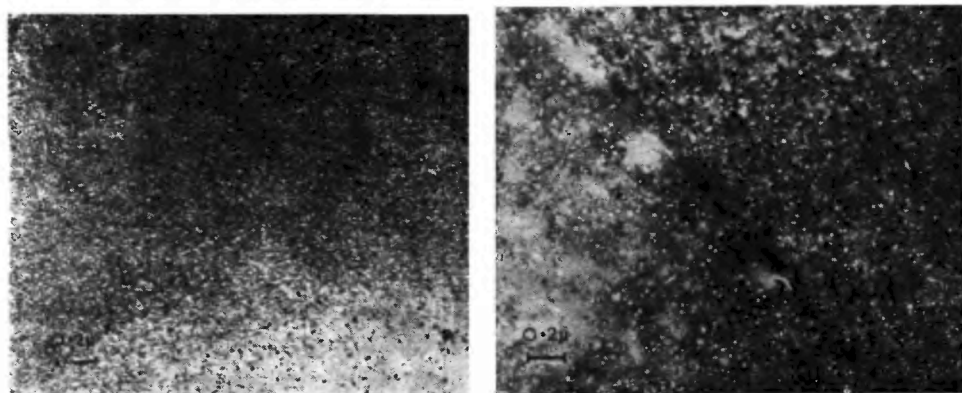
rozpraszanie około pięć—sześć rzędów wielkości większy niż neutrony *, dzięki czemu są one, jeśli chodzi o uszkodzenia radiacyjne, sto tysięcy lub nawet miliony razy bardziej efektywne niż neutrony (rys. 4). Efekt radiacyjny, który jest osiągalny w działających obecnie reaktorach atomowych o największej mocy w ciągu kilku lat, może być odtworzony w ciągu kilku godzin przy pomocy wiązki ciężkich jonów o natężeniu rzędu kilku mikroamperów. Badane zaś próbki przy tym nie są praktycznie naaktywowane, jak to ma miejsce przy naświetlaniach w reaktorze atomowym; upraszcza to znacznie badania. Dodatkową zaletą jest fakt, że w doświadczeniach z jonami dokładniejsze są wyznaczenie dawki promieniowania oraz kontrola temperatury i innych warunków.

Wykorzystanie różnych typów jonów pozwala na badanie uszkodzeń radiacyjnych w ich „czystej postaci”, bez wprowadzania do próbki różnych od zawartych w niej atomów, jak również umożliwia modelowanie różnorodnych

* Przy niskich energiach padający jon oddziałuje z całym atomem tarczy, neutron zaś tylko z jądrem atomu.

efektów związanych z powstaniem niejednorodności chemicznych w próbkach. Jak już wspominaliśmy powyżej, wprowadzenie domieszek, do próbki może w sposób istotny wpływać na jej odporność radiacyjną, obniżając ją znacznie, jak ma to miejsce po implantacji helu (rys. 5), — lub też, odwrotnie, podwyższając ją. Możliwość wprowadzania do próbki przy pomocy wiązek jonów domieszek praktycznie każdego pierwiastka zapewnia szerokie możliwości szybkiego badania własności radiacyjnych najróżniejszych układów dwu- i wieloskładnikowych.

Prowadzone obecnie badania wpływu promieniowania na grafit, stal nierdzewną, stopy cyrkonu i glinu, które są stosowane szeroko w technice reaktorowej, pokazały, że niektóre rodzaje stali pod wpływem działania wiązki jonów



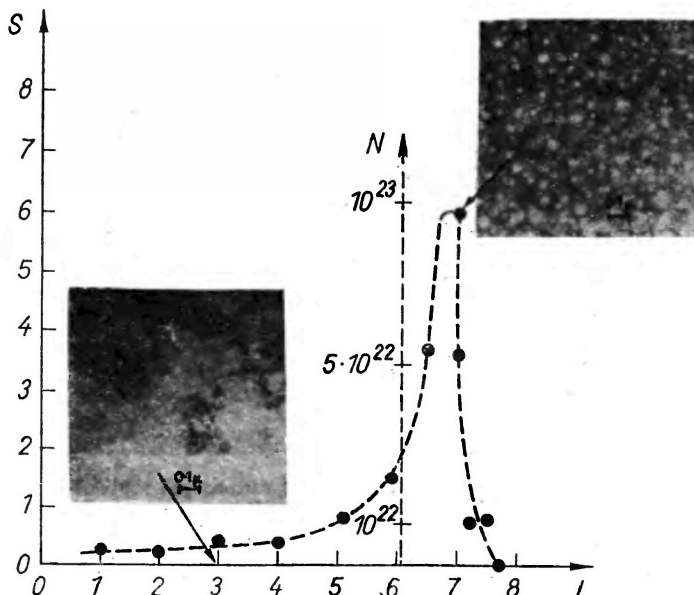
Rys. 5. Wpływ domieszki atomów helu na porowatość radiacyjną stali naświetlonej podwójnie naładowanymi jonami węgla o energii 20 MeV [10]. Dawka promieniowania — 10^{17} jonów/cm²; rys. a) przedstawia próbkę zawierającą tysiąc razy więcej atomów helu niż próbka pokazana na rys. b). Przy większej zawartości helu pory stają się mniejsze, natomiast ich liczba i zajmowana przez nie objętość znacznie wzrastają

zwiększają swoją objętość prawie półtorakrotnie. Wystąpienie podobnych efektów w przyszłych reaktorach o dużym strumieniu neutronów może znacznie skomplikować ich budowę.

Zupełnie nieoczekiwany jest uzyskany niedawno wniosek, że rozkład porów w naświetlanych warstwach próbki nie jest całkowicie przypadkowy, jak się spodziewano, lecz ma strukturę odtwarzającą symetrię sieci naświetlanej próbki. Poza tym występuje zjawisko nasycenia i dalsze zwiększanie dawki naświetlania nie powoduje zwiększania objętości próbki. Efekt ten daje możliwość wytwarzania, przy pomocy poprzedniego naświetlenia, materiałów odpornych na puchnięcie radiacyjne. Nie trzeba tłumaczyć na ile ważne są dalsze badania w tym kierunku.

Obecnie, ciągle jeszcze nie wykorzystuje się do badania naświetlonych próbek całego zespołu środków, którymi dysponuje współczesne metaloznawstwo; analiza jest ograniczona jedynie do obserwacji pod mikroskopem elektronowym

bardzo cienkich próbek, co znacznie ogranicza zakres uzyskanej informacji. Wynika to głównie z faktu, że w odróżnieniu od neutronów, których zasięgi sięgają centymetrów oraz uszkodzenia radiacyjne są równomiernie rozłożone w znacznych objętościach, w przypadku naświetlania próbki ciężkimi jonami o energii $\approx 5\text{--}10$ MeV/nukleon, cały efekt radiacyjny występuje w warstwie o grubości dziesięciu—dwudziestu mikronów, zaś w przypadku akceleratorów niskich energii wynosi zaledwie ułamki mikrona. Oprócz tego, cały efekt radiacyjny jest rozłożony dość nierównomiernie wzdłuż drogi jonu: liczba uszkodzeń radiacyjnych próbki na końcu drogi jonu jest wielokrotnie większa niż na początku (rys. 6).



Rys. 6. Puchnięcie w funkcji drogi przebytej przez podwójnie naładowany jon węgla o energii 20 MeV w niklu przy temperaturze 525°C [11]. Definicja puchnięcia: $S = \Delta V / (V - \Delta V)$, gdzie ΔV — objętość porów radiacyjnych, V — objętość próbki, w której powstały pory. Mikrozdjęcie przedstawia rozkład porów na początku i końcu drogi jonu. Dawka promieniowania wynosiła 3×10^{17} jonów/cm². Dla porównania podano odpowiednie dawki promieniowania N dla szybkich neutronów

Zastosowanie wiązek jonów wysokiej energii o dużych zasięgach w materiale tarczy pozwoli na uzyskanie bardziej szczegółowej informacji o charakterze uszkodzeń radiacyjnych. Jest to niezbędne do zrozumienia skomplikowanego zespołu zjawisk fizycznych i chemicznych zachodzących w naświetlanej próbce.

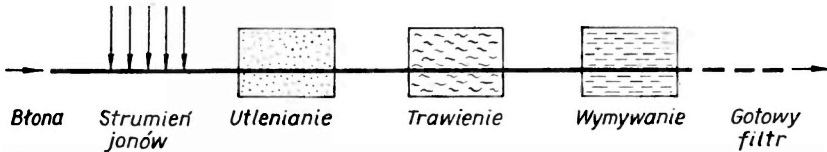
Przejsięcie do wyższych energii pozwoli również na szerokie zastosowanie ciężkich jonów Fe, Ni, Nb i innych. Obecnie jest na świecie zaledwie kilka laboratoriów posiadających wiązki tych jonów o mikronowych zasięgach i wystarczających natężeniach. Zastosowanie zaś jonów niskich energii, które mają zasięgi mniejsze od 1—2 tysięcy Å nie pozwala na odtworzenie obrazu uszkodzeń

radiacyjnych wywołanych strumieniem neutronów, ponieważ w tym przypadku znaczna część uszkodzeń wywołanych przez jony znajduje się na powierzchni naświetlanej próbki, pory zaś prawie nie powstają.

Ogromna większość prac dotyczących modelowania uszkodzeń radiacyjnych w ciężkich materiałach konstrukcyjnych wykonywana jest przy pomocy jonów węgla, co nie dostarcza wystarczającej informacji o odporności radiacyjnej badanych materiałów.

5. Filtry jądrowe

Najprostsze chyba ideowo a jednocześnie bardzo obiecujące z punktu widzenia możliwych zastosowań w najróżniejszych dziedzinach nauki, techniki i nawet rolnictwa jest zastosowanie wiązek ciężkich jonów w charakterze „mikroigły” do wytwarzania bardzo drobnych o unikalnych właściwościach filtrów.



Rys. 7. Proces wytwarzania filtrów przy pomocy wiązki jonów. Błona z materiału plastycznego przechodzi kolejno przez różne części układu. Poziome strzałki wskazują kierunek ruchu błony

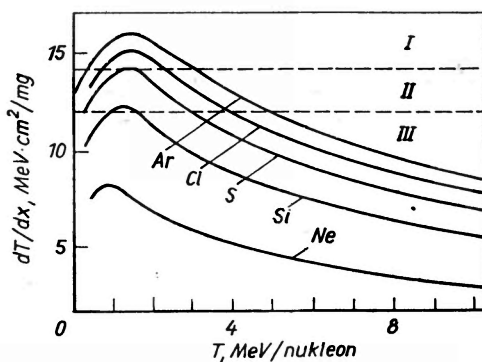
Schemat wytwarzania takich filtrów przedstawia rys. 7. Przejście ciężkiego jonu przez błonę z miki, szkła lub innego materiału plastycznego powoduje powstanie kanału silnego uszkodzenia radiacyjnego, w którym następuje rozerwanie i rozszczepienie złożonych cząsteczek próbki na drobniejsze składowe (rodniki). W tlenie atmosferycznym lub pod wpływem działania bardziej skutecznych substancji utleniających (np. nadtlenu wodoru) te bardzo aktywne chemicznie składowe łączą się z atomami tlenu tworząc kwasy, które w wyniku dalszego trawienia dają łatwo rozpuszczalne sole. W efekcie po wymywaniu w miejscach, w których błona została „przebita” jonami, powstają otwory, których średnica zależy od rodzaju i energii jonu, materiału błony oraz warunków trawienia [12—16].

Stosuje się również inne sposoby obróbki chemicznej błony. Ponadto, w celu przyśpieszenia procesu trawienia, naświetloną jonami błonę poddaje się z reguły dodatkowemu naświetleniu twardymi promieniami ultrafioletowymi, co powoduje dalsze rozszczepienie częściowo już rozerwanych cząsteczek o osłabionych wiązaniach*. Istota procesu we wszystkich wymienionych przypadkach jest

* Długość fali światła dobiera się tak, by selektywnie oddziaływać na już uszkodzone radiacyjnie miejsca błony. Na przykład, dla błon z polikarbonatu optymalna długość fali wynosi około 2800—3000 Å, większe długości fali prawie nie dają efektu, mniejsze powodują silne

ta sama: tak jak to ma miejsce w przypadku naświetlonej kliszy fotograficznej, miejsca uszkodzone stają się bardziej czułe na dalszą obróbkę chemiczną, w wyniku której powstają otwory na błonie.

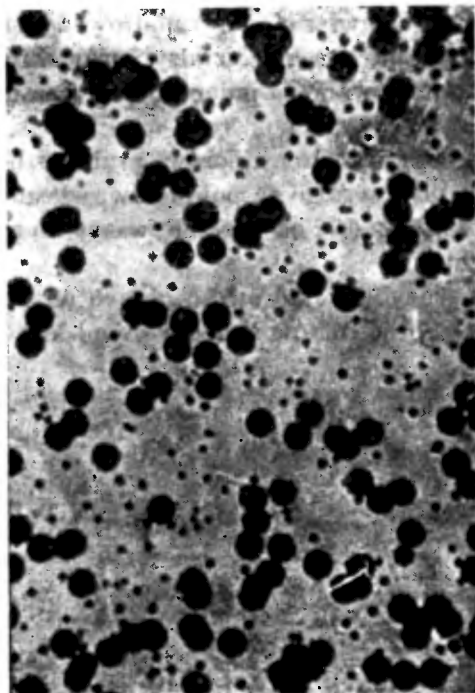
Na rys. 8 pokazano na przykładzie miki, jak zależy od energii jonu jego zdolność wytwarzania uszkodzeń radiacyjnych. Najłatwiej ulegają trawieniu ślady jonów o pośrednich energiach i dużych masach. Dla każdego materiału istnieje pewna masa minimalna; jony o mniejszej masie nie pozostawiają zauważalnych śladów w materiale. (Należy jednak pamiętać, że położenie obszarów I—III na rys. 8 jest orientacyjne i może znacznie się zmienić w zależności od metody trawienia oraz dodatkowej obróbki naświetlonej próbki).



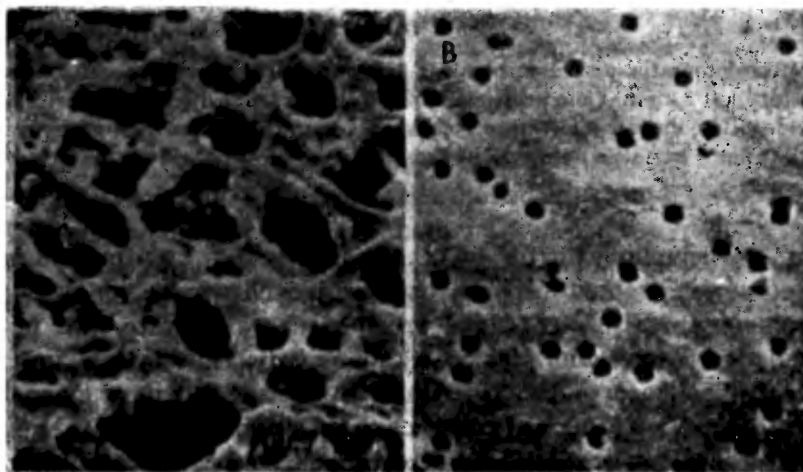
Rys. 8. Straty energii w miedzi dla różnych jonów. T — energia pierwotna jonu. Krzywe przedstawiają wyniki rachunków według pracy [12]. Pokazano obszary, w których po trawieniu obserwuje się ślady uszkodzeń (I), obszar o niewyraźnych śladach (II) oraz obszar, w którym ślady nie powstają (III)

Silną zależność średnicy otworu od rodzaju jonu widać również na rys. 9. Na rys. 10 porównano współczesny filtr chemiczny wysokiej jakości tzw. „mili-pory” i „filtr jądrowy” otrzymany w wyniku trawienia błony z polikarbonatu naświetlonej jonami. Chociaż średnie wymiary porów w obu przypadkach są takie same, filtr chemiczny ma znaczną ilość dużych, o nieprawidłowych kształtach, otworów, przez które przechodzą cząstki filtrowanej substancji o różnych średnicach; uniemożliwia to odfiltrowanie cząstek o zadanych wymiarach: widmo przepuszczonych przez filtr cząstek ma dużą dyspersję. Natomiast filtry

zniszczenie struktury całej powierzchni błony [16]. Zaletą stosowania promieniowania ultrafioletowego jest nie tylko selektywne działanie na już uszkodzone cząsteczki, lecz także pewne ogólne „osłabienie” błony, które powoduje szybsze trawienie otworu w kierunku od centralnej, silnie uszkodzonej części błony wzdłuż toru jonu do obszarów peryferycznych. Podobny efekt w szeregu przypadków można uzyskać naświetlając błonę (przed naświetleniem jonami) w wiązce cząstek (promieni X, kwantów γ , neutronów itd.), które częściowo niszczą jej strukturę. To dodatkowe naświetlenie należy wykonać tak, by nie pogorszyć istotnie mechanicznej i chemicznej odporności filtra. (Dziękujemy T. S. Zwarowej, W. P. Pierieługinowi i S. P. Tretiakowej za dyskusję na ten temat).



Rys. 9. Otwory powstałe w wyniku naświetlania szkła silikatowego jonami cynku i siarki (mniejsze otwory) [14]

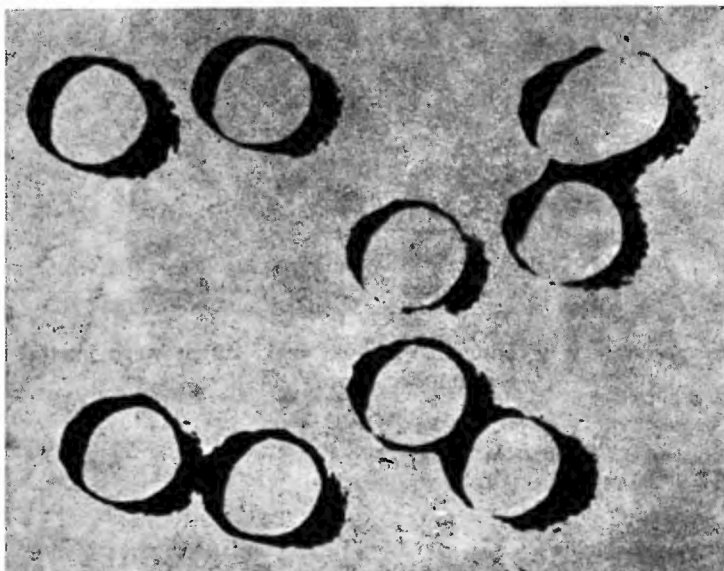


Rys. 10. Zdjęcia zwykłego filtru chemicznego o średniej efektywnej średnicy pora $0,45 \mu\text{m}$ (a) oraz filtru jądrowego o średnicy pora $0,4 \mu\text{m}$ (b) uzyskane przy pomocy mikroskopu elektronowego [15]

jądrowe lub jak czasami mówi się „pory jądrowe” posiadają geometrycznie bardzo regularne, praktycznie okrągłe kształty porów, których liczba i wymiary są łatwo zmienne i kontrolowane poprzez zmianę czasów naświetlania i trawienia.

Możliwość ciągłej zmiany średnicy porów, grubości błony filtrującej, praktycznie nieograniczony zestaw różnych polimerów, własności których mogą być odpowiednio dobrane w zależności od potrzeb, wszystko to zapewnia dużą przewagę filtrom jądrowym.

Obecnie uzyskać można filtry jądrowe o porach od 40 Å do kilkudziesięciu mikronów ($\sim 10^5$ Å). Grubość filtrów zmienia się od kilku mikronów do kilku-



Rys. 11. Mikrofotografia porów w błonie z lawsanu naświetlonej jonami ksenonu. Kanaly tworzą nieduży kąt z kierunkiem prostopadłym do płaszczyzny zdjęcia. Obszar cienia po prawej stronie każdego kanału jest miarą jego głębokości i kształtu. W prawym górnym rogu zdjęcia widoczny jest por o kształcie owalnym powstały w wyniku nałożenia się przy trawieniu dwóch porów

dziesięciu. Powierzchnie filtrów osiągnąć mogą metry kwadratowe przy zastosowaniu soczewek magnetycznych rozpraszających wiązkę jonów; filtry mogą być dowolnego kształtu — okrągłe, prostokątne, walcowate itd., w zależności od potrzeb. Przy natężeniu wiązki 10^{13} jonów/s (właśnie tyle wynosi natężenie jonów Xe w akceleratorze U-300 w Dubnej) uzyskać można w ciągu doby setki a nawet tysiące metrów kwadratowych naświetlonej błony.

Rys. 11 przedstawia zdjęcie poszczególnych porów w dużym powiększeniu; widać wyraźnie, że kanały filtracyjne mają na całej swojej głębokości stały praktycznie przekrój, w wyniku czego zatrzymane przez filtr cząstki gromadzą się na jego zewnętrznej powierzchni; jedynie nieduża liczba cząstek o wymiarach

mniejszych od średnicy porów może przykleić się do ścianek kanału. Różni to w sposób zasadniczy filtry jądrowe od innych stosowanych obecnie układów filtrujących, tworzących labirynt połączonych wnek zatrzymujących cząstki, jak to na przykład ma miejsce w przypadku „miliporów” [17], lub też tworzących skomplikowaną płataninę włókien cząsteczkowych, w których gęszczu grzezną cząstki filtrowane (rys. 12) itd. *. Unikalne własności struktury porów jądrowych otwierają szereg nowych możliwości ich zastosowania (patrz poniżej).

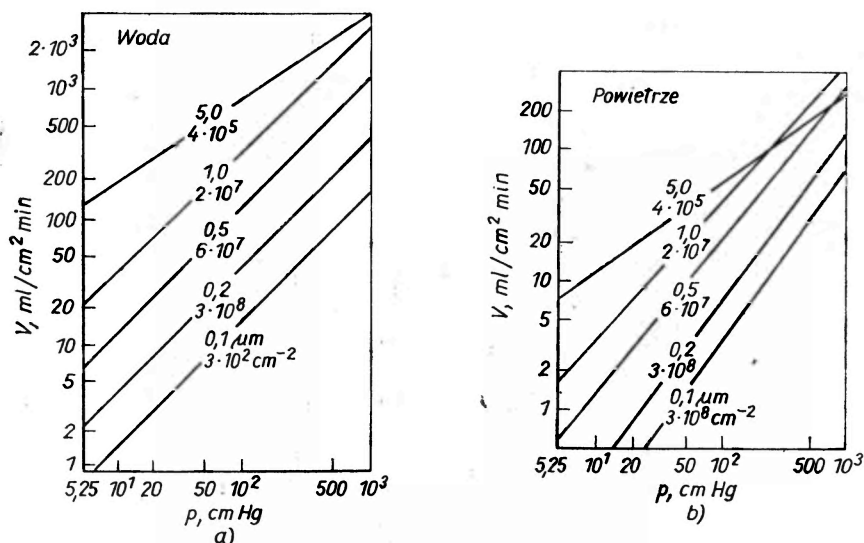


Rys. 12. Struktura filtrów włóknistych Pietrianowa [18]

Podkreślić należy znaczenie dodatkowego naświetlania błony promieniowaniem ultrafioletowym do otrzymania równych cylindrycznych kanałów. W przeciwnym wypadku przekrój kanału na wejściu i wyjściu jest znacznie większy niż w części środkowej; pogarsza to znacznie własności filtru (p. pierwszy odnośnik w tym paragrafie). Wydawać się może, że własności filtrów jądrowych mogą pogarszać przekrywające się pory (widoczne na rys. 10 i 11). Ponieważ położenia punktów, w które trafiają padające jony, podlegają rozkładowi liczb przypadkowych, liczba przekrywających się porów szybko rośnie ze wzrostem dawki promieniowania i średnicy porów. Z uwagi jednak na fakt, że kierunek ruchu poszczególnych jonów wiązki nie jest praktycznie nigdy ściśle równoległy,

* Filtry jądrowe, w odróżnieniu od filtrów innych typów, można oczyścić przepuszczając przez nie w krótkim czasie w przeciwnym kierunku filtrowany gaz lub ciecz.

nawet w tych przypadkach, gdy otwory wejściowe jonów pokrywają się, kanały wewnątrz błony są, z reguły, rozdzielone. Zlewanie się kanałów następuje jedynie w przypadku ich dużej średnicy (taki właśnie przypadek pokazano na rys. 11); w tych przypadkach należy zmniejszyć gęstość wiązki. Proste rachunki hydrodynamiczne oraz bezpośrednie pomiary pokazują, że wydajność filtrów jądrowych (objętość substancji oczyszczonej) V jest z dużą dokładnością funkcją wykładniczą skoku ciśnienia p na filtrze: $V = ap^b$, gdzie współczynniki a i b zależą od liczby jonów N , ich średnicy D oraz temperatury i czystości substancji filtrowanej. Z rys. 13 widać, że wydajność filtrów jądrowych jest znaczna; na przykład przy ciśnieniu 1 atm przez 1 dm² powierzchni filtru w ciągu sekundy przechodzi ponad 100 cm³ wody i 20 l powietrza całkowicie oczyszczonych



Rys. 13. Zależność objętości od ciśnienia wody (a) i powietrza (b) przechodzących w temperaturze pokojowej przez filtry jądrowe o różnych średnicach porów [19]. Liczby obok krzywych oznaczają średnicę porów D (w μm) oraz ich gęstość N na cm^2 . Filtry wykonano z błony z polikarbonatu o grubości 5 μm dla porów o średnicy $D = 0,1 \mu\text{m}$ oraz grubości 10 μm dla większych D

z cząstek o wymiarach większych od 0,5 μm . Filtr o porach dziesięciokrotnie mniejszych ($D = 500 \text{ \AA}$), przepuszcza w analogicznych warunkach około 0,8 l powietrza i 1,2 cm³ wody. Zwiększenie ciśnienia znacznie powiększa wydajność filtru.

Podkreślić należy, że do wytwarzania filtrów jądrowych wykorzystać można obok wiązek ciężkich jonów z akceleratora również fragmenty rozszczepienia powstałe przy naświetlaniu cienkiej folii uranowej ²³⁵U w strumieniu neutronów z reaktora atomowego. Fragmenty te mają duży ładunek i dużą masę, co powoduje, że wywołują bardzo skutecznie uszkodzenia radiacyjne w materiałach plastycznych. Tą właśnie metodą produkowane są filtry jądrowe „nucleopores” w znanej na całym świecie amerykańskiej firmie Nucleopore Corporation [19].

Rozszczepienie jąder uranu jest jednak niesymetryczne: obok szeregu ciężkich fragmentów o ładunku i masie zbliżonych do jądra ksenonu powstaje szereg lżejszych fragmentów (w obszarze kryptonu) powodujących mniejsze uszkodzenia radiacyjne. Oprócz tego, rozkłady mas, ładunków i energii kinetycznych lekkich i ciężkich fragmentów rozszczepienia mają określone dyspersje, w wyniku czego występuje znaczna dyspersja średnic porów w filtrach; jest ona o rząd wielkości większa, niż w przypadku filtrów powstałych w wyniku naświetlania w wiązce ciężkich jonów z akceleratora. A właśnie mała dyspersja rozkładu średnic porów jest główną zaletą filtrów jądrowych. Filtry uzyskane przy pomocy wiązki ciężkich jonów mają jakościowo znacznie lepsze parametry oraz zakres ich zastosowań jest znacznie szerszy niż filtrów innego rodzaju. Filtry jądrowe są bardzo odporne na działanie środowisk aktywnych: rozpuszczalników, kwasów itd.; mogą być uodpornione również na działanie zasad. Filtry pracują dobrze przy niskich i bardzo wysokich temperaturach, mogą działać w temperaturze ciekłego powietrza i nawet w temperaturach „helowych”. Mogą również, praktycznie bez zmiany własności, ulegać obróbce w dygestorach. Filtry jądrowe wykonane z polikarbonatu i lawsanu bardzo słabo pochłaniają wodę *, pracują stabilnie w silnym polu radiacyjnym.

Wszystkie te wspaniałe własności filtrów wykonanych przy pomocy wiązek ciężkich jonów czynią je przydatnymi we wszystkich bez wyjątku przypadkach wymagających bardzo dokładnego oczyszczenia i rozdzielania różnych substancji.

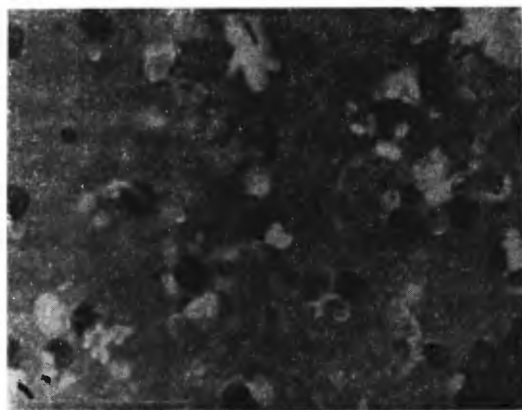
Zapotrzebowanie na filtry jądrowe jest obecnie bardzo duże. Mogą być z dużą wydajnością zastosowane do oczyszczania z bakterii wody pitnej w warunkach polowych, do filtrowania aerozoli, oczyszczania różnych gazów i cieczy: wody rozpuszczalników, kwasów, fotorezystorów wykorzystywanych do budowy układów mikroelektronicznych. Przy produkcji złożonych układów scalonych, w których dziesiątki elementów znajdują się na powierzchni kilku milimetrów kwadratowych, najdrobniejsza niepożądana domieszka powoduje zmiany w procesie technologicznym prowadzące w efekcie do braku. Wykorzystanie filtrów jądrowych może kilkakrotnie zwiększyć wydajność produkcji.

Jak powiedzieliśmy, cząstki o rozmiarach przekraczających średnicę porów pozostają na powierzchni filtru. Pozwala to na dokonanie ilościowej i jakościowej analizy rodzaju i własności cząstek odfiltrowanych. Przy pomocy zestawu filtrów o różnych średnicach porów cząstki można podzielić na poszczególne grupy według ich rozmiarów. W ten sposób określić można charakter zanieczyszczenia wody i powietrza w badaniach ekologicznych (rys. 14). Filtry jądrowe z powodzeniem stosowano do badania wymiarów i kształtu różnych typów komórek krwi (w szczególności do wydzielenia z krwi komórek rakowych; rys. 15), do badania lepkości krwi i zlepiania się jej komórek w różnych warunkach [21—25], do pomiaru deformacji komórek w badaniach cytologicznych, do diagnostyki klinicznej [26—28] itd.

* Ciężar filtru z polikarbonatu po jednej dobie przebywania w wodzie wzrasta jedynie o jedną czwartą procenta [19].

Filtry jądrowe są niehigroskopijne, słabo czułe na oddziaływania zewnętrzne, mają nieduży ciężar przy spoieleniu ($1 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) oraz zawierają bardzo mało (praktycznie wcale) pierwiastków Be, Co, Sr, Pb i U (patrz tabela 1).

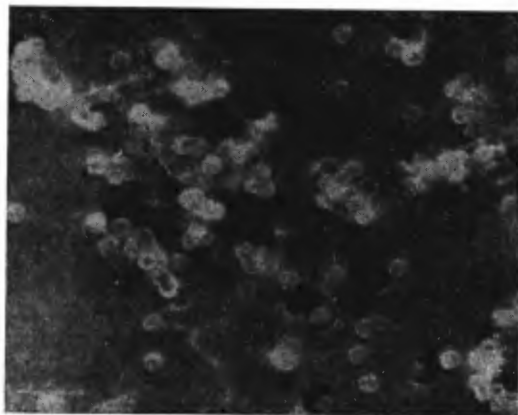
Filtry jądrowe są więc bardzo przydatne przy analizie aktywacyjnej składowej odfiltrowanej.



a



b



c

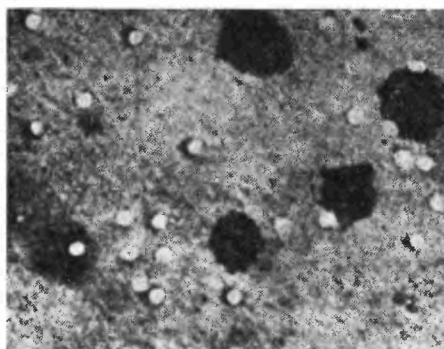
Rys. 14. Zdjęcie cząstek na powierzchni filtru o średnicy porów D uzyskane przy pomocy mikroskopu elektronowego [20]; a, b — wynik filtrowania powietrza atmosferycznego przez pory o $D = 0,2$ i $1 \mu\text{m}$; c — wynik filtrowania kulek z polistyrenu o $D = 0,5 \mu\text{m}$

Tabela 1

Zawartość niektórych pierwiastków w popiele filtru z polikarbonatu [19]

Pierwiastek	Be	Co	Sr	Pb	U
Zawartość maksymalna w %	0,004	0,007	<0,004	<0,004	<0,004

Kolejną ciekawą dziedziną zastosowania filtrów jądrowych jest ich użycie do „odsiewania” fal cieplnych. Jak wiadomo, najbardziej efektywnym ze wszystkich istniejących obecnie izolatorów termicznych jest układ warstwowo-próżniowy złożony z szeregu kolejno położonych ekranów odbijających o niskim stopniu pochłaniania [29, 30], odizolowanych jeden od drugiego warstwą próżniową. Jednak, na skutek występowania efektów powierzchniowych wewnątrz tej izolacji próżniowej powstaje pewna ilość gazu, co prowadzi do znacznej wymiany ciepła (do kilkudziesięciu % całkowitego strumienia cieplnego); w celu zmie-



Rys. 15. Wydzielenie komórek rakowych z krwi przy pomocy filtra jądrowego [22]. Komórki rakowe zatrzymują się na powierzchni błony filtrującej o średnicy porów $4,5 \mu\text{m}$. Komórki nie ulegają deformacji przy filtrowaniu, proces przebiega dość szybko, co stwarza korzystne warunki do badań

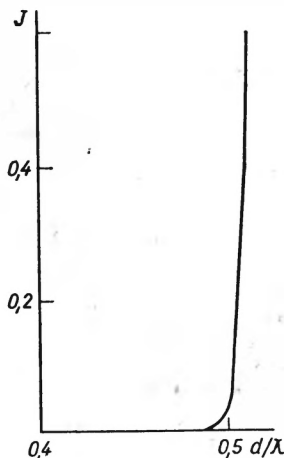
szenia efektywności izolacji cieplnej należy więc obniżyć ciśnienie wewnątrz izolującej warstwy próżniowej. Osiągnąć to można stosując w charakterze ekranów termicznych aluminiowane filtry jądrowe, które mają niską zdolność pochłaniającą oraz wysoką przepuszczalność gazu (w reżimie molekularnym przy niskich ciśnieniach przepuszczalność jest proporcjonalna do porowatości filtru); nie przepuszczają natomiast prawie zupełnie części promieniowania o długości fali większej od połowy średnicy porów (rys. 16).

Na przykład, przy temperaturach mniejszych od 300 K cała energia promieniowania jest przekazywana za pomocą fal o długości $\lambda > 5 \mu\text{m}$; w tym przypadku wystarczają filtry o średnicy porów $D < 2-2,5 \mu\text{m}$ [30]. W przypadku głębszych a więc chłodniejszych warstw osłony cieplnej rozmiary porów można zwiększyć proporcjonalnie do obniżenia temperatury, i odwrotnie, filtry o mniejszej średnicy porów pozwalają uzyskać osłony izolujące przy wyższych temperaturach zewnętrznych.

Filtry jądrowe są nieaktywne biologicznie, nie ulegają zniszczeniu pod wpływem działania bakterii oraz nie mają własności bakteriobójczych, mogą być poddane obróbce termicznej i chemicznej — stąd są szczególnie użyteczne w zastosowaniach biologicznych i medycznych. Ponieważ wymiary bakterii są większe od $0,2 \mu\text{m}$, filtry jądrowe można stosować z powodzeniem do sterylizacji środowisk biologicznych i w mikrobiologii; przy ich pomocy można od-

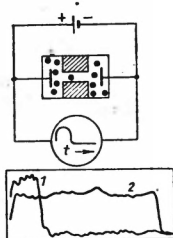
filtrować i rozdzielić różne rodzaje wirusów i cząsteczek białkowych (minimalny rozmiar wirusów wynosi około 200 Å, cząsteczek białka zaś około 40—50 Å) itd.

Bardzo obiecujące wydaje się zastosowanie filtrów jądrowych do zimnej stabilizacji wina, piwa i innych napojów, co pozwala na długie przechowywanie tych artykułów w temperaturze pokojowej bez zmiany ich smaku i aromatu.



Rys. 16. Natężenie promieniowania cieplnego o długości fali λ przechodzącego przez filtr aluminiowany o średnicy porów d i grubości $h \geq d$ [30]

Bardzo pomysłowa jest metoda wyznaczania rozmiaru i kształtu poszczególnych mikrocząsteczek przy pomocy porów jądrowych. W tym celu umieszcza się w elektrolicie błonę z jednym otworem (rys. 17) między dwie elektrody. Sygnał



Rys. 17. Ideowy schemat przyrządu do pomiaru liczby, rozmiarów i kształtu cząstek. Poniżej pokazano oscylogram uzyskany w przypadku wirusa T2 o rozmiarach 1010 Å (1) oraz cząstki z polistyrenu o rozmiarach 910 Å (2) [31]

z elektrod podaje się na oscyloskop. Cząstka przechodząc przez otwór zwiększa opór obwodu elektrycznego, który jest proporcjonalny do jej objętości, natomiast czas przejścia cząstki przez kanał filtrujący jest proporcjonalny do jej ładunku elektrycznego. Widać to wyraźnie na oscylogramie, co pozwala na jednoczesny pomiar rozmiaru i ładunku cząstki. W przypadku cząstek niesferycznych kształt oscylogramu zależy od sposobu usytuowania cząstki w ka-

nale, co daje możliwość badania kształtu cząstek. Metoda ta jest już z powodzeniem stosowana do badania morfologii wirusów [7]. Na tej drodze można obecnie mierzyć średnice $D > 600 \text{ \AA}$, dalsze doskonalenie metody pozwoli prawdopodobnie przejść do obszaru $D \approx 200\text{--}300 \text{ \AA}$ [31].

Obszar możliwych zastosowań filtrów jądrowych można znacznie powiększyć. Szerokie możliwości zastosowania w najróżniejszych dziedzinach nauki i gospodarki warunkuje łatwość i powtarzalność ich wykonania przy produkcji masowej. Zastosowanie zaś pozwala na rozwiązywanie zupełnie nowych zadań w badaniach naukowych oraz na przejście w przemyśle do wyższego jakościowo poziomu produkcji.

6. Badanie powierzchni materiałów

Przyśpieszone jony, oddziałując z atomami napromieniowanych materiałów, z dużą wydajnością wybijają elektrony z wewnętrznych powłok tych atomów i wzbudzają tym samym charakterystyczne promieniowanie rentgenowskie.

Strumień jonów można skolimować w bardzo wąską wiązkę skanującą powierzchnię badanego materiału, dlatego też analiza widma i natężeń promieniowania rentgenowskiego pozwala uzyskać informacje o składzie chemicznym różnych obszarów tej powierzchni.

Natężenie charakterystycznych promieni rentgenowskich wzbudzanych przez ciężkie jony przewyższa około miliona razy natężenie promieniowania rentgenowskiego inicjowanego przez wiązki elektronów i protonów. Poza tym w przypadku jonów praktycznie nie występuje tło w postaci promieniowania hamowania. To wszystko podnosi znacznie dokładność pomiarów i pozwala na badanie nawet bardzo małych, tzw. „śladowych” domieszek poszczególnych pierwiastków [32, 33].

Podobna metodyka posiada szerokie perspektywy w zastosowaniu do materiałów błonowych, które uzyskują coraz większe znaczenie we współczesnej nauce i technice.

Przytoczmy jeszcze jeden przykład, który pokazuje, jak ciekawe i często dość nieoczekiwane możliwości rozwiązania zagadnień związanych z badaniem materiałów wynikają z wykorzystania rozmaitych osobliwości oddziaływania przyśpieszonych jonów z materią.

Obecnie metalurgia stoi przed problemem opanowania technologii stopów tytanu z pierwiastkami lekkimi (beryłem, borem itd.), które wykazują dużą wytrzymałość i są lekkie. W tych stopach niezwykle ważna jest znajomość rozkładu składników. Niestety, wykrywanie pierwiastków lżejszych od żelaza metodą wzbudzenia promieniowania rentgenowskiego przez wiązki lekkich cząstek jest mało czułe z powodu słabej rozdzielczości dla niskoenergetycznych promieni rentgenowskich. Jednakże jądra berylu emitują neutrony przy naświetlaniu cząstkami α . Wiązkę cząstek α o przekroju $\approx 10 \mu\text{m}$ i o wymaganej energii można stosunkowo łatwo uzyskać przy pomocy generatora elektro-

statycznego. Wykorzystując następnie detektor neutronów, można uzyskać wyraźny obraz struktury stopów, obserwować rozkład składników na powierzchni materiału, a jeśli będzie się zmieniać energię cząstek α , to także rozkład składników na różnych głębokościach [34]. W tej dziedzinie istnieje wciąż jeszcze wiele niewykorzystanych możliwości.

7. Zastosowanie w medycynie i biologii

Podobnie jak inne rodzaje promieniowania twardego, wiązki ciężkich jonów można wykorzystać w radioterapii, w szczególności do leczenia nowotworów złośliwych.

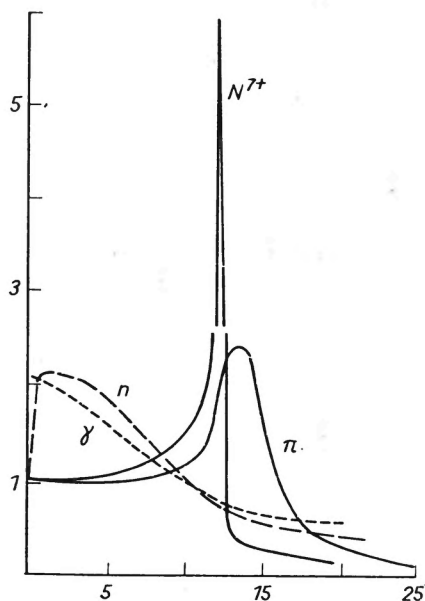
Jak wiadomo, zwykle chirurgiczne usunięcie takich tworów jest niewystarczające, gdyż nie udaje się przy tym uniknąć przeniesienia komórek rakowych z chorych narządów ciała do zdrowych (patrz rys. 15). Powodzeniu operacji sprzyja w sposób istotny przedoperacyjne napromieniowanie chorego miejsca i sąsiednich tkanek, a także pooperacyjne napromieniowanie leżących w pobliżu węzłów limfatycznych i innych organów, gdzie metastazy są najbardziej prawdopodobne. Niestety, tak szeroko wykorzystywane w praktyce medycznej typy promieniowania, jak promienie rentgenowskie, promienie γ , strumienie elektronów i neutronów nie dają się zwykle zogniskować tak, aby podziałać tylko na chory fragment ciała, nie poddając jednocześnie silnemu i bardzo szkodliwemu napromieniowaniu innych jego części.

Znacznie lepszy rozkład dawki mają wiązki protonów i mezonów π o wysokiej energii (rys. 18). Dość obiecujące są również ciężkie jony. Jak już zaznaczono w poprzednich rozdziałach, wysokoenergetyczne jony mają właściwość przekazywania większej części swojej energii niewielkiemu obszarowi otoczenia przy końcu swego toru. Pozwala to wykorzystywać wiązki ciężkich jonów do radioterapii ograniczonych fragmentów ciała ludzkiego minimalnie uszkadzając otaczające tkanki. Oprócz tego, dzięki wysokiemu stopniowi jonizacji, która jest wywoływana przez ciężkie jony przed zatrzymaniem, zniszczenie komórek zachodzi niezależnie od stężenia zawartego w nich tlenu. Podczas gdy wydajność innych względnie słabo jonizujących rodzajów promieniowania (w tym również wiązek protonów) obniża się kilkakrotnie w wewnętrznych, uboższych w tlen obszarach nowotworu, ciężkie jony atakują te obszary nowotworu równie wydajnie jak i obszary zewnętrzne [7, 35—39].

Mechanizm efektu tlenowego jest dość złożony. W znacznej mierze związany jest z tym, że przy braku tlenu uszkodzone radiacyjnie części cząsteczek rekombinują przed utlenieniem prowadzącym do nieodwracalnych zmian i następującej po tym śmierci komórek. Być może istotną rolę odgrywa tu nie tylko stopień uszkodzenia radiacyjnego, lecz również prędkość i ładunek cząstki jonizującej, ponieważ od tych czynników zależy liczba uszkodzeń komórki spowodowanych elektronami δ , a te uszkodzenia, najwidoczniej, łatwiej ulegają procesowi utleniania niż uszkodzenia radiacyjne w środkowej części kanału

jonizacji [7]. Wykorzystanie ciężkich jonów o różnych masach, energiach i ładunkach otwiera bardzo obiecujące perspektywy badania tego złożonego kompleksu zjawisk.

Doznając jednocześnie niesprężystych zderzeń z jądrami różnych pierwiastków wchodzących w skład tkanek biologicznych, ciężkie jony emitują, z kolei, szybkie cząstki jądrowe (π , n , p , α) i rozszczepiają się na lżejsze fragmenty o dużych zasięgach w tkankach przylegających, co pogarsza rozkład granicy obszaru przeznaczonego do naświetlenia. Dla bardzo ciężkich jonów pochłaniana



Rys. 18. Doświadczalny rozkład dawki promieniowania w tkance naświetlonej promieniami γ z Co^{60} , neutronami o niskiej energii (n), wiązką mezonów π o energii 65 MeV i siedmiokrotnie naładowanymi jonami azotu o energii 2,3 GeV/nukleon [35]. We wszystkich przypadkach dawka na powierzchni tkanki została unormowana do jedności

przez tkanki dawka może się nawet zmniejszyć w miarę zagłębiania się w ciało — podobnie jak to ma miejsce w przypadku kwantów γ i neutronów. Jednak w przypadku „umiarkowanie ciężkich” jonów, na przykład dla jonów azotu o wysokiej energii (patrz rys. 18), efekt radiacyjny ma dostatecznie wąskie maksimum, którego głębokość w ciele można zmieniać, dobierając odpowiednio energię i rodzaj jonu.

Sumaryczne działanie złożonych procesów: jądrowych, jonizacyjnych i biochemicznych, zachodzących w żywych tkankach pod działaniem ciężkich jonów, pozostaje wciąż jeszcze dość niejasne i wymaga szczegółowego zbadania.

Badanie tych zagadnień w chwili obecnej budzi szczególną uwagę w związku z problemem skonstruowania ochrony organizmu kosmonautów przed promieniowaniem kosmicznym, w skład którego wchodzi ciężkie jony. Podczas długo-

trwałych lotów właśnie te jony determinują zasadniczy efekt biologiczny promieniowania kosmicznego. W szczególności, jak wykazują oceny oparte na danych z lotów na Księżyc, jeśli się nie podejmie specjalnych i trudnych obecnie do realizacji środków, to w czasie dwuletniej podróży kosmicznej na Marsa przenikliwe promieniowanie kosmiczne zniszczy około 0,1% komórek mózgowych kosmonauty, a w przypadku pewnych gigantycznych komórek ilość ta przekroczy nawet 1,5% [39].

Wiązki ciężkich jonów można wykorzystać nie tylko w celu niszczenia nowotworów złośliwych, lecz również jako „skalpel jonowy” do niszczenia i bezkrwawego rozcinania obiektów biologicznych w tych przypadkach, gdy zwykła interwencja chirurgiczna jest niepożądana lub dość utrudniona. Sprzyja temu fakt, że obdarzone znacznym ładunkiem elektrycznym jony można zogniskować w niezwykle cienką i jednocześnie o dużym natężeniu wiązkę. Zmiana energii i rodzaju jonów umożliwia lokalizację efektu radiacyjnego na różnych głębokościach. Stwarza to wyjątkowe możliwości dla „chirurgicznych zastosowań” wiązek ciężkich jonów.

Skocentrowane wiązki jonów o przekrojach 1—10 μm^2 można wykorzystać do operacji wewnątrz poszczególnych żywych komórek, do badania przy pomocy analizy aktywacyjnej rozkładu zawartości różnych pierwiastków wewnątrz komórki.

Istnieje jeszcze jeden bardzo ważny aspekt zastosowania wiązek ciężkich jonów w medycynie — wytwarzanie sztucznych izotopów. Obecnie takie izotopy są wytwarzane głównie w reaktorach atomowych, dlatego też charakteryzują się one nadmiarem neutronów, w związku z czym rozpad zachodzi na drodze emisji elektronów. Przy naświetlaniu ciężkimi jonami tworzy się duża liczba różnych izotopów, w tym również takie, które posiadają nadmiar protonów i rozpadają się emitując pozyton. Ponieważ anihilacja tego pozytonu kreuje dwa kwanty γ , lecące niemal dokładnie w przeciwnych kierunkach, pozwala to bardzo dokładnie określić obszar, z którego są emitowane pozytony i gdzie, w związku z tym, został skoncentrowany izotop o nadmiarze protonów. W oparciu o ten fakt została rozpracowana diagnostyka i metody leczenia chorób mózgu oraz innych trudnodostępnych części ludzkiego ciała. Duży wybór różnych izotopów, które można uzyskać w wiązkach ciężkich jonów, pozwala w każdym konkretnym przypadku klinicznym na wybranie najbardziej odpowiedniego izotopu, którego efekt radiacyjny i czas życia dawałyby oczekiwany efekt z minimalnymi skutkami ubocznymi.

Nawet w przypadku już zbadanych i szeroko stosowanych izotopów zastosowanie wiązek ciężkich jonów może okazać się bardzo przydatne, gdyż przy ich użyciu czasami udaje się uniknąć długiego łańcucha przemian promieniotwórczych, przy pomocy których uzyskuje się obecnie poszczególne izotopy. W ten sposób można istotnie uprościć i obniżyć koszty produkcji niektórych izotopów.

8. Podsumowanie

Wymieniliśmy tylko pewne najciekawsze i, według nas, najważniejsze możliwości praktycznego zastosowania wiązek ciężkich jonów, jednak już na tej podstawie widoczne są wyjątkowe perspektywy tego kierunku „subtelnej technologii jądrowej”, który pozwala już dziś na efektywne rozwiązywanie wielu istotnych zagadnień i stawia szereg nowych niezwykle ważnych i aktualnych problemów. Część tych problemów można rozwiązać przy pomocy już istniejących akceleratorów ciężkich jonów, dla rozwiązania innych konieczne są nowe akceleratory, które umożliwiłyby uzyskanie wiązek jonów o wyższych natężeniach i energiach dla wszystkich pierwiastków, włączając najcięższe.

Tłumaczył z języka rosyjskiego *Teodor Siemiarczuk*

Literatura

- [1] R. D. Standley, W. M. Gibson, J. W. Rodgers, *Optical Society of America Meeting*, 5—8 April, 1971, str. 37.
- [2] V. L. Ginzburg, *Usp. Fiz. Nauk* **95**, 91 (1968).
- [3] S. I. Cypkin, R. S. Chudnova, *FTT* **13**, 3088 (1971).
- [4] S. I. Cypkin, *ibid.* **14**, 942 (1972).
- [5] G. Ischenko, H. Mayer, H. Voit, B. Besslein, E. Haindl, *Z. Phys.* **256**, 176 (1972).
- [6] *Proc. of the Symposium „Radiation Damage in Reactor Materials”*, Vienna IAEA, 1969.
- [7] *Proc. of the BNES European Conference on Voids Formed by Irradiation of Reactor Materials*, Reading University, 1971.
- [8] R. G. Shewmon, *Science* **173**, 987 (1971).
- [9] Oak Ridge National Laboratory Report, 1972. Projekt budowy nowego akceleratora ciężkich jonów.
- [10] R. S. Nelson, D. J. Mazey, J. A. Hudson, *J. Nucl. Mat.* **37**, 1 (1970).
- [11] J. A. Hudson, D. J. Mazey, R. S. Nelson, *ibid.*, **41**, 241 (1971).
- [12] R. L. Fleischer, P. B. Price, R. M. Walker, *Science* **149**, 383 (1965).
- [13] P. B. Price, R. L. Fleischer, *Ann. Rev. Sci.* **21**, 295 (1971).
- [14] G. N. Flerov, V. P. Perehygin, N. Otgonsuren, *AE* **33**, 981 (1972).
- [15] R. L. Fleischer, H. W. Alter, S. C. Furman, P. B. Price, R. M. Walker, *Science* **178**, 257 (1972).
- [16] *Proc. of the Intern. Topical Conference on Nuclear Track Registration in Insulation Solids and Applications*, Clermont-Ferrand 1969.
- [17] *Millipore Catalogue MC/1-1970*, Millipore Corporation, Bedford, Mass.
- [18] I. V. Petrianov, V. I. Kozlov, P. I. Basmanov, B. I. Ogorodnikov, *Voloknistyye filtruyushchiye materialy* FP, Moskva, Znaniye, 1968.
- [19] *Nucleopore, Specifications and Physical Properties*. Form SPP 10M 5/73, Nucleopore Corporation, Pleasanton, Calif.
- [20] K. P. Spurny, J. P. Lodge, E. R. Frank, D. C. Sheesley, *Environ. Sci. Technol.* **3**, 453, 464 (1969).
- [21] P. L. Fleischer, P. B. Price, E. M. Symes, *Science* **143**, 249 (1964).
- [22] S. H. Seal, *Cancer* **17**, 637 (1964).
- [23] M. I. Gragersen, C. A. Bryant, W. E. Hammerle, S. Usami, S. Chien, *Science* **157**, 825 (1967).
- [24] S. Chien, S. Usami, R. J. Dellenback, M. I. Gregersen, *ibid.*, str. 827.

- [25] S. Chien, S. Usami, R. J. Dellenback, M. I. Gregersen, L. B. Nanninga, M. M. Guest, *ibid.*, str. 829.
- [26] A. J. Reynaud, E. B. King, *Acta Cytol.* **11**, 289 (1967).
- [27] S. E. Jansson, B. Kock, O. Wegelius, *Experientia* **23**, 407 (1967).
- [28] E. B. King, W. M. Russel, *Acta Cytol.* **11**, 319 (1967).
- [29] M. G. Kaganer, *Teplovaya izolyaciya w technike niskich temperatur*, Mashinostroyeniye, Moskva 1966.
- [30] V. I. Verkin, R. S. Michalchenko, V. A. Pavlyuk, Y. S. Komissarov, A. G. Gerzhin, V. F. Getmaniec, *IFJ* **20** (6), 27 (1971).
- [31] R. W. Deblois, C. P. Bean, *Rev. Sci. Instr.* **41**, 909 (1970).
- [32] F. W. Saris, *Characteristic X-ray Production by Heavy Ion-atom Collisions*, Proefschrift, Leiden 1942.
- [33] W. D. Metz, *Science* **177**, 156 (1972).
- [34] G. N. Flerov, *Preprint ZIBJ P7-7571*, Dubna 1973.
- [35] *Lawrence Rad. Lab. Report UCRL-1972*, Berkeley 1972.
- [36] P. H. Fowler, *Proc. Phys. Soc.* **85**, 105 (1965).
- [37] L. L. Goldin, W. P. Dželepov, M. F. Łomanow, O. W. Sawczenko, W. S. Choroszkow, *Postepy Fizyki* **25**, 647 (1974).
- [38] A. L. Hammond, *Science* **175**, 1230 (1972).
- [39] G. M. Comstock, R. L. Fleisher, W. R. Giard, H. R. Hart, G. E. Nichols, P. B. Price, *Science* **172**, 154 (1971).

Z E Z J A Z D Ó W I K O N F E R E N C J I

Zimowa szkoła w Kocierzy „Nowe Materiały Magnetyczne”

W dniach 20—30 kwietnia 1975 r. odbyła się w Kocierzy, w Domu Wypoczynkowym Kopalni Miechowice, druga, tym razem międzynarodowa, szkoła zimowa „Nowe Materiały Magnetyczne” (International Winter School on New Magnetic Materials). Szkoła została zorganizowana przez Instytut Fizyki PAN. Tematyka szkoły dotyczyła przede wszystkim materiałów magnetycznych, w których występują tzw. domeny cylindryczne. Omawiane były zagadnienia związane z wytwarzaniem tego rodzaju materiałów, ich właściwościami i metodyką pomiarową. Silny nacisk był położony na teorię i eksperyment dotyczący dynamiki domen cylindrycznych, problemy bezpośrednio związane z ich wykorzystaniem jako nośników informacji w pamięciach maszyn cyfrowych.

Wykładowcami szkoły byli przedstawiciele przodujących ośrodków światowych w tej dziedzinie, między innymi laboratoriów badawczych firm IBM i Bell ze Stanów Zjednoczonych, które to zainicjowały tematykę domen cylindrycznych zarówno pod względem badań poznawczych jak i ich wykorzystania jako elementów logicznych i pamięciowych.

Ostatniego dnia miała miejsce dyskusja, prowadzona przez C. H. Bajorka (IBM Research Center), na temat perspektyw i dalszych możliwości wykorzystania domen cylindrycznych.

W szkole uczestniczyło ponad 70 osób, reprezentujących, poza ośrodkami reprezentowanymi przez wykładowców, instytuty i przemysłowe ośrodki badawcze, krajowe oraz z NRD i Węgier.

Zajęcia szkoły odbywały się w nieformalnej i sympatycznej atmosferze, czemu dodatkowo sprzyjały organizowane wycieczki krajoznawcze (m. in. Wawel), pokazy filmów i ogniska.

Wydaje się, że Szkoła spełniła swoje zadanie, zwłaszcza dzięki temu, że niektórzy wykładowcy prezentowali wyniki dotychczas niepublikowane.

Przewidywane jest opublikowanie pełnych materiałów Szkoły.

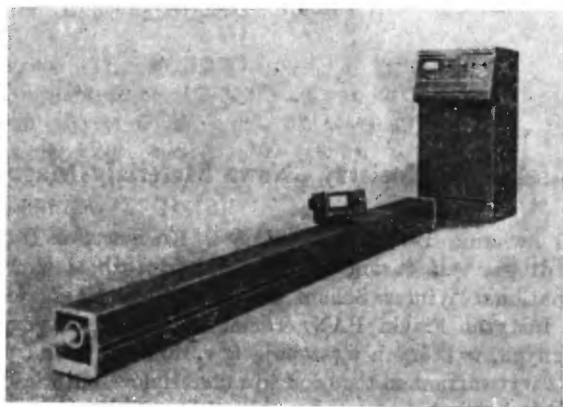
Henryk Lachowicz

Symposium laserowe

W dniach 30—31 maja 1975 roku, na terenie Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego przy ul. Hożej 69, odbyło się drugie Symposium Laserowe. Tak jak w roku ubiegłym (patrz *Postępy Fizyki* 25, 589 (1974)), z Symposium zorganizowanym przez Zakład

Optyki IFD UW połączona była wystawa aparatury naukowej produkcji amerykańskiej firmy Spectra Physics. Demonstrowane były lasery: 4-watowy argonowy (model 165-03), 4-watowy argonowy (model 166-03) z akusto-optycznym modulatorem dobroci (model 365), 15-watowy argonowy (model 171-03), barwnikowe typu „jet-stream” (model 375), oraz wyposażenie dodatkowe takie jak analizator widma (model 410-04) i rotator płaszczyzny polaryzacji (model 310-21).

Akusto-optyczny modulator dobroci pozwala zamienić ciągłą akcję lasera argonowego w akcję impulsową o regulowanej szerokości impulsu, częstości jego repetycji oraz mocy, zachowując równocześnie takie jego własności jak np. pracę w modzie TEM₀₀.



Ryc. 1. Laser argonowy, 15-watowy model Spectra Physics 170



Ryc. 2. Model Spectra Physics 375, Dye Laser

Laser argonowy model 171-03 (różni się on od modelu 170 tylko tym, że nie posiada wewnątrz rezonatora wydzielonej przestrzeni dł. 30 cm przeznaczanej na wmontowanie jedno-częstotliwościowego etalonu) pozwala uzyskać np. moc 6 watów w linii 514,5 nm i 5 watów w linii 488,0 nm. Ponadto, stosując właściwe zwierciadła i zewnętrzny pryzmat, można uzyskać szereg linii w ultrafiolecie w zakresie 379,5 nm — 333,6 nm o mocach od 5 mW do 350 mW.

Laser barwnikowy typu „jet-stream” został zaprojektowany w celu uzyskania znacznie większej mocy wyjściowej niż uzyskuje się w przypadku lasera, w którym barwnik przepływa

przez komórkę ograniczoną okienkami. Gdy laser barwnikowy pompowany jest 15-watowym laserem argonowym, moc wiązki wyjściowej jest wystarczająca, by użyć jej do pompowania drugiego lasera barwnikowego, działającego w obszarze dłuższych fal. W czasie Sympozjum mogliśmy zademonstrować taki tandem, w którym laser barwnikowy z roztworem rodaminy 6G pompował laser barwnikowy z roztworem błękitu nilu, laserującym w obszarze 700,0 nm — 800,0 nm.

Ekspozycja wzbudziła wielkie zainteresowanie, ponieważ przedstawione na niej lasery należą do najnowszych osiągnięć w skali światowej w dziedzinie laserów produkowanych fabrycznie. Obecnie, na przeciąg dwóch miesięcy zostaną one udostępnione do pracy naukowej Zakładowi Optyki IFD UW.

W dniu 30 maja w godzinach popołudniowych odbyło się posiedzenie, na którym zostały wygłoszone dwa referaty. Leo J. A. Bource, przedstawiciel firmy Spectra Physics, mówił o najnowszych osiągnięciach w dziedzinie konstrukcji laserów: jonowych Ar^+ i Kr^+ , oraz barwnikowych. Podkreślił on możliwość wykorzystania lasera argonowego (15—20 watów) jako źródła ciągłego promieniowania ultrafioletowego dużej mocy (do 2 watów). Dr Jerzy Krasieński z Zakładu Optyki IFD UW mówił o strojonych impulsowych laserach barwnikowych. Przedstawił on parametry skonstruowanego przez siebie strojonego lasera barwnikowego, pracującego w całym zakresie widma widzialnego, pompowanego laserem azotowym. Zastosowany w laserze barwnikowym pryzmat rutyłowy o cięciu zaproponowanym przez dr Jerzego Krasieńskiego, posiada dyspersję dziesięciokrotnie większą od dyspersji typowych pryzmatów szklanych, co pozwala uzyskać linię o bardzo małej szerokości spektralnej.

Aleksandra Kopystyńska

IV szkoła fizyki zorganizowana przez CERN i ZIBJ w Ałuszcie

W dniach od 15 do 29 maja 1975 r. odbyła się w Ałuszcie na Krymie IV szkoła fizyki zorganizowana przez dwa europejskie ośrodki badań jądrowych: CERN (Genewa, Szwajcaria) i ZIBJ (Dubna, ZSRR). Celem tych szkół, odbywających się co dwa lata, jest zapoznanie młodych fizyków-eksperymentatorów z różnorodnymi zagadnieniami teoretycznymi fizyki cząstek elementarnych. Pierwszą tego typu szkołę zorganizował CERN w 1963 r. Z biegiem czasu taka forma nauczania zyskała ogromną popularność wśród młodych, początkujących naukowców. W 1970 r. odbyła się w Loma Koli (Finlandia) po raz pierwszy szkoła fizyki zorganizowana przez CERN przy współudziale ZIBJ, a w rok później w Warnie (Bułgaria) zorganizowana przez ZIBJ przy współpracy z CERN-em. Postanowiono wówczas, by szkoły fizyki odbywały się regularnie co dwa lata i by organizowane były wspólnym wysiłkiem tych dwóch europejskich ośrodków badań jądrowych. III szkoła fizyki odbyła się w Ebeltoft (Dania) w 1973 r. W każdej z dotychczas organizowanych szkół brał udział Polacy.

Szkole w Ałuszcie charakteryzowała dobra organizacja wykładów i dyskusji oraz wolnego czasu słuchaczy. Zainteresowania uczestników dotyczyły różnorodnych dziedzin fizyki cząstek elementarnych oraz związane były z różnymi technikami doświadczalnymi. Najczęściej reprezentowane przez uczestników kierunki badań: oddziaływania pp , πp , e^+e^- , rozpady nowo odkrytych rezonansów; techniki: wizualne (komory pęcherzykowe, iskrowe, streamerowe) oraz elektroniczne (liczniki). W czasie trwania szkoły wygłoszono 9 wykładów (z których najciekawsze omówione są w skrócie poniżej) oraz 3 referaty prezentujące program badań naukowych w następujących ośrodkach: CERN — Genewa (prof. W. Jentschke), ZIBJ — Dubna (prof. K. Lanus) i IFWE — Sierpuchow (dr L. Solowiew).

W wykładzie *Oddziaływania słabe przy wysokich energiach* autor B. Arbuzow przedstawił w przystępny sposób model Weinberga-Salama, omówił dynamikę reakcji neutrino-hadron przy

użyciu modelu partonowego budowy hadronów oraz wspomniał o możliwości poszukiwania cząstek powabnych w reakcjach z udziałem neutrin.

Wykład *Oddziaływania elektromagnetyczne leptonów i hadronów* R. Faustow poświęcił omówieniu dwóch zagadnień: głęboko nieelastycznego rozpraszania elektron-hadron oraz anihilacji $e^+e^- \rightarrow$ hadrony. Autor wprowadził podstawowe pojęcia: skalowanie, funkcje struktury, model partonowy, omawiając przy tym własności oraz związki między wielkościami opisującymi elektroprodukcję i anihilację.

L. Montanet w wykładzie *O rezonansach* w niezwykle przystępny sposób omówił teorie rezonansów, ich produkcję i rozpady oraz analizę fal cząstkowych z podaniem wielu przykładów obliczania mas, szerokości połówkowych i liczb kwantowych rezonansów przy użyciu danych doświadczalnych.

W wykładzie *Produkcja wielocząstkowa* A. Sissakian omówił rozkłady krotności, skalowanie, model dwóch mechanizmów, korelacje, metody teoretycznego opisu reakcji wielocząstkowych, związki między procesami elastycznymi i nieelastycznymi oraz zjawiska występujące w reakcjach z dużym pędem poprzecznym.

Wykład *Fenomenologia reggowska* C. Michael poświęcił wprowadzeniu do teorii biegunów i cięć Reggego oraz zagadnieniom związanym z hipotezą dualności; przedstawił tu również dane doświadczalne dla procesów dwuciałowych oraz omówił własności amplitud rozpraszania o określonej skrętności i macierzy gęstości.

Dynamiczny model struktury mezonów A. Fillipowa to wykład, w którym autor poruszył najmniej znane fizykom problemy wewnętrznej struktury hadronów. Autor zapoznał słuchaczy z istniejącym obecnie stanem wiedzy oraz hipotezami dotyczącymi tych zagadnień.

Po każdym wykładzie prowadzona była dyskusja, w czasie której prowadzący wyjaśniał niezrozumiałe dla słuchaczy problemy oraz odpowiadał na pytania wykraczające nierzadko poza materiał wykładowy.

Gospodarze szkoły wzorowo zorganizowali uczestnikom czas wolny od zajęć dając możliwość poznania Krymu, jego zabytków i kultury dzięki wycieczkom, pokazom filmowym oraz występom artystycznym.

W IV szkole fizyki wzięło udział 104 uczestników: 62 z krajów będących członkami ZIBJ oraz 42 z krajów-członków CERN-u. Z Polski przyjechało 5 osób: M. Leopold (IBJ Warszawa), P. Stopa i B. Wosiek (IFJ Kraków) oraz J. Ciborowski (IFD UW Warszawa) i M. Krawczyk (IFT UW Warszawa). Ponadto uczestniczyli w szkole J. S. Kłosiński (IF UŁ Łódź) i G. Odyniec (IFD UW Warszawa) odbywający staż naukowy w Związku Radzieckim.

J. Ciborowski, M. Krawczyk

Symposium elektroniki jądrowej w Stresa

Symposium zorganizowane w 1969 r. w Stresa we Włoszech przez Nuclear and Plasma Sciences Society i North Italy Section of Institute of Electrical and Electronics Engineers miało na celu przedstawienie najnowszych rozwiązań w zakresie przyrządów, metod i systemów pomiarowych stosowanych w tzw. elektronice jądrowej na całym świecie.

Wskutek zainteresowania wielu naukowców i instytucji tego typu spotkaniami, zorganizowano w dniach od 20 do 23 maja 1975 r. drugie symposium, które odbyło się również w Stresie.

W czasie dyskusji podsumowującej wysunięto postulaty sugerujące organizowanie takich sympozjów w sposób systematyczny np. co 4 lata.

W drugim symposium elektroniki jądrowej uczestniczyli przedstawiciele ponad stu instytucji z całego świata. Wygłoszono 94 referaty obejmujące bardzo szeroki wachlarz zagadnień. Tematycznie można je podzielić następująco:

1. Elektronika analogowa.
2. Elektronika w badaniach środowiska i biomedycynie.
3. Mini- i mikrokomputery.
4. Elektronika cyfrowa.
5. System CAMAC.
6. Elektronika szybka i pomiary czasowe.
7. Zastosowanie techniki jądrowej w innych dziedzinach.

Jako przedstawiciel Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego — elektronik pracujący w grupie prowadzącej prace doświadczalne z dziedziny fizyki — zainteresowany byłem szczególnie: komorami wielodrutowymi i systemami zbierania informacji z tych komór, elektroniką szybką i pomiarami czasowymi, systemem CAMAC oraz systemami zbierania i wstępnego przetwarzania informacji za pomocą mini- i mikrokomputerów. A oto kilka referatów z wyżej wymienionej tematyki.

1. *System szybkiego odczytywania wielodrutowych komór proporcjonalnych.* (A Fast Readout System for Multiwire Proportional Chambers), opracowany przez pracowników Instytutu Fizyki Jądrowej z Grenoble i Uniwersytetu w Neuchatel. System ten korzysta z hybrydowych przedwzmacniaczy. Po pewnej modyfikacji można przy jego użyciu uzyskać czas rozdzielczy 10 ns.

2. *Dwuparametryczny system odczytu wielodrutowych komór proporcjonalnych z częstotliwością do 10 MHz* (Two Dimensional MWPC Readout at 10 MHz) opracowany przez zespół z CERN (Genewa) (w tym Z. Hajduk z IFJ Kraków). Szybkość czytania systemu 10 MHz, rozdzielczość $\pm 500 \mu\text{m}$.

3. *Defektoskop przemysłowy w systemie CAMAC zbudowany na bazie wielodrutowej komory proporcjonalnej* (Industrial Defectoscope in CAMAC system Based on Multiwire Proportional Chamber) wykonany przez pracowników Politechniki Warszawskiej. Komora do tego defektoskopu została opracowana przy współdziałaniu pracowników Zakładu Wielkich Energii Instytutu Fizyki Doświadczalnej UW.

4. *Wzmacniacz do wielodrutowej komory proporcjonalnej i system jej odczytu* (MWPC Amplifier and Readout System) opracowany przez Uniwersytet w Lozannie. Jest to duży system czytania 9000 drutów komory proporcjonalnej.

5. *Porównanie mikroprocesorów i minikomputerów w zastosowaniach do pomiarów w fizyce jądrowej, biomedycynie i badaniach środowiska* (Microprocessors and Minicomputer Balance for Nuclear, Biomedical and Environmental Measurements). Autorzy: Instytut im. R. Bosco-vicha z Jugosławii i Stony Brook University z USA. W referacie przedstawiono przegląd mini- i mikrokomputerów oraz możliwości zastąpienia minikomputerów przez mikrokomputery.

6. *Porównanie mikroprocesorów MOS i Bipolarnych* (A Comparison of MOS and Bipolar Microprocessors) przedstawione przez Zjednoczenie INTEL z Brukseli.

7. *Zastosowania systemu CAMAC w USA* (Application and Development of CAMAC in North America).

8. *Autonomiczny kontroler kasety CAMAC wykorzystujący mikroprocesor* (Autonomus CAMAC Crate Controller Incorporates a Microprocessor), wytwórca CEN z Saclay. Autonomiczny kontroler JCAM 10 jest oparty na mikroprocesorze INTEL 8080. W połączeniu z pamięciami RAM i REPROM może obsługiwać system 1000 urządzeń peryferyjnych reprezentowanych przez moduły CAMAC.

9. *System odczytu komory dryfowej* (A Readout Unit for Drift Chambers) prezentowany przez M. Turalę z Max-Planck-Institut w Monachium (M. Turala jest pracownikiem IFJ Kraków oddelegowanym służbowo do Max-Planck-Institut). Wyżej wymieniony system umożliwia odczyt 4 informacji z 16 drutów z dokładnością $\pm 1 \text{ ns}$.

10. *Oscyloskop o czasie rzeczywistym i zastosowanie fotodetektorów z rozdzielczością rzędu pikosekund* (A Real Time Oscilloscope and Photodetector Device with Picosecond Resolution). Pracownik LEP Limeil z Francji prezentował oscyloskop z bardzo krótkim czasem narastania i rozdzielczości kilku pikosekund oraz czułości 0,1 V.

Trudno jest przytoczyć chociażby tytuły wszystkich interesujących referatów w krótkiej notatce, ale pełny ich zestaw oraz szczegółowe informacje można uzyskać u uczestników, których nazwiska oraz miejsca pracy zostaną podane niżej.

Atmosfera podczas sympozjum była bardzo przyjemna. Podczas każdej przerwy barek konferencyjny zamieniał się w klub dyskusyjny; omawiano na bieżąco właśnie wygłoszone referaty, wymieniano adresy, odnajdywano ludzi poznanych w rozmaitych okolicznościach — poprzednie sympozja, wyjazdy do innych instytutów — lub znanych tylko z publikacji dotyczących aparatury jądrowej. Dodatkową okazję do zawierania znajomości i dyskusji był coctail zorganizowany w jednym z hoteli w Stresa.

W czasie sympozjum zorganizowana została wystawa aparatury jądrowej produkowanej przez przodujące firmy jak: ORTEC, LECROY, SEN, BORER, NUCLEAR ENTERPRISES.

Polska reprezentowana była przez: grupę z Politechniki Warszawskiej w składzie: A. Piątkowski, P. Brzeski, A. Modzelewski, M. Kazubek; grupę z IBJ Świerk: R. Bayer, J. Jaszczuk, M. Szymczak; M. Szawłowskiego z IBJ Warszawa; Cz. Ruszowskiego z Instytutu Fizyki Doświadczalnej UW oraz M. Turalę (przebywającego obecnie w Max-Planck-Institut).

Podsumowując można powiedzieć, że uczestnictwo w tego rodzaju sympozjach przynosi korzyści zawodowe oraz zbliża ludzi pracujących w różnych ośrodkach nad podobną lub pokrewną tematyką.

Można by sobie życzyć, aby i w kraju organizowano np. raz na rok, może nie sympozja, ale spotkania informacyjne poświęcone elektronice jądrowej.

Ozesław Ruszowski

V Międzynarodowe Sympozjum Fizyki Wielkich Energii i Cząstek Elementarnych w Warszawie

Organizatorem Sympozjum był Instytut Badań Jądrowych przy współudziale Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej. Obrady Sympozjum odbywały się w Instytucie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego w dniach 3—9 września 1975 roku.

Było to piąte z kolei spotkanie uczonych krajów socjalistycznych pracujących w dziedzinie fizyki wielkich energii i cząstek elementarnych. Pierwsze spotkanie podobnego typu odbyło się w roku 1953 w Dreźnie. W ciągu kilku następnych lat liczba uczestników organizowanych cyklicznie spotkań systematycznie wzrastała. Po kilkuletniej przerwie, w 1970 roku zostało zorganizowane sympozjum kontynuujące tradycje poprzednich. Istotną zmianą było szczególne podkreślenie wagi udziału młodych fizyków.

Przedmiotem sympozjum zorganizowanego w Warszawie było przedyskutowanie najważniejszych wyników z dziedziny fizyki wysokich energii i fizyki cząstek elementarnych, uzyskanych na świecie w ostatnim roku, a zwłaszcza przedstawienie wyników uzyskanych w laboratoriach krajów socjalistycznych, ze szczególnym uwzględnieniem współpracy ze Zjednoczonym Instytutem Badań Jądrowych w Dubnej.

W Sympozjum wzięło udział 117 fizyków, w tym 19 ze Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych, 18 z ZSRR (spoza ZIBJ), 6 z Bułgarii, 4 z Czechosłowacji, 6 z NRD, 1 z Mongolii, 3 z Węgier i 60 z Polski.

W czasie Sympozjum wygłaszano godzinne referaty przeglądowe na początku każdej sesji dziennej oraz piętnastominutowe referaty z prac własnych.

Referaty przeglądowe stały na bardzo wysokim poziomie i dały syntetyczny obraz fizyki wysokich energii i cząstek elementarnych w ostatnim roku. Oto nazwiska referentów i tytuły przedstawionych przez nich referatów:

Trudno jest przytoczyć chociażby tytuły wszystkich interesujących referatów w krótkiej notatce, ale pełny ich zestaw oraz szczegółowe informacje można uzyskać u uczestników, których nazwiska oraz miejsca pracy zostaną podane niżej.

Atmosfera podczas sympozjum była bardzo przyjemna. Podczas każdej przerwy barek konferencyjny zamieniał się w klub dyskusyjny; omawiano na bieżąco właśnie wygłoszone referaty, wymieniano adresy, odnajdywano ludzi poznanych w rozmaitych okolicznościach — poprzednie sympozja, wyjazdy do innych instytutów — lub znanych tylko z publikacji dotyczących aparatury jądrowej. Dodatkową okazję do zawierania znajomości i dyskusji był coctail zorganizowany w jednym z hoteli w Stresa.

W czasie sympozjum zorganizowana została wystawa aparatury jądrowej produkowanej przez produujące firmy jak: ORTEC, LECROY, SEN, BORER, NUCLEAR ENTERPRISES.

Polska reprezentowana była przez: grupę z Politechniki Warszawskiej w składzie: A. Piątkowski, P. Brzeski, A. Modzelewski, M. Kazubek; grupę z IBJ Świerk: R. Bayer, J. Jaszczyk, M. Szymczak; M. Szawłowski z IBJ Warszawa; Cz. Ruszowski z Instytutu Fizyki Doświadczalnej UW oraz M. Turałę (przebywającego obecnie w Max-Planck-Institut).

Podsumowując można powiedzieć, że uczestnictwo w tego rodzaju sympozjach przynosi korzyści zawodowe oraz zbliża ludzi pracujących w różnych ośrodkach nad podobną lub pokrewną tematyką.

Można by sobie życzyć, aby i w kraju organizowano np. raz na rok, może nie sympozja, ale spotkania informacyjne poświęcone elektronice jądrowej.

Ozesław Ruszowski

V Międzynarodowe Sympozjum Fizyki Wielkich Energii i Cząstek Elementarnych w Warszawie

Organizatorem Sympozjum był Instytut Badań Jądrowych przy współudziale Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej. Obrady Sympozjum odbywały się w Instytucie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego w dniach 3—9 września 1975 roku.

Było to piąte z kolei spotkanie uczonych krajów socjalistycznych pracujących w dziedzinie fizyki wielkich energii i cząstek elementarnych. Pierwsze spotkanie podobnego typu odbyło się w roku 1953 w Dreźnie. W ciągu kilku następnych lat liczba uczestników organizowanych cyklicznie spotkań systematycznie wzrastała. Po kilkuletniej przerwie, w 1970 roku zostało zorganizowane sympozjum kontynuujące tradycje poprzednich. Istotną zmianą było szczególnie podkreślenie wagi udziału młodych fizyków.

Przedmiotem sympozjum zorganizowanego w Warszawie było przedyskutowanie najważniejszych wyników z dziedziny fizyki wysokich energii i fizyki cząstek elementarnych, uzyskanych na świecie w ostatnim roku, a zwłaszcza przedstawienie wyników uzyskanych w laboratoriach krajów socjalistycznych, ze szczególnym uwzględnieniem współpracy ze Zjednoczonym Instytutem Badań Jądrowych w Dubnej.

W Sympozjum wzięło udział 117 fizyków, w tym 19 ze Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych, 18 z ZSRR (spoza ZIBJ), 6 z Bułgarii, 4 z Czechosłowacji, 6 z NRD, 1 z Mongolii, 3 z Węgier i 60 z Polski.

W czasie Sympozjum wygłaszano godzinne referaty przeglądowe na początku każdej sesji dziennej oraz piętnastominutowe referaty z prac własnych.

Referaty przeglądowe stały na bardzo wysokim poziomie i dały syntetyczny obraz fizyki wysokich energii i cząstek elementarnych w ostatnim roku. Oto nazwiska referentów i tytuły przedstawionych przez nich referatów:

U. Kundt (NRD), *Nowe cząstki*; T. Hofmoki (Polska), *Oddziaływania cząstek wysokich energii z jądrami*; R. Sosnowski (Polska), *Wielociałowe reakcje hadronów przy wysokich energiach*; W. M. Szechter (ZSRR), *Prądy neutralne w doświadczeniach z neutronami*; A. W. Jefremow (ZIBJ — Dubna), *Procesy z dużym przekazem pędu*; W. G. Kadyszewski (ZIBJ — Dubna), *Hipoteza fundamentalnej długości i fizyka wielkich energii*.

Liczba referatów z prac własnych wynosiła 65, w tym 27 referatów wygłosili fizycy polscy. Dwie trzecie referatów dotyczyło prac eksperymentalnych. Dla wielu młodych fizyków wygłoszenie referatu na tym spotkaniu było debiutem na forum międzynarodowym.

Symposium warszawskie było bardzo udaną imprezą. Przyczyniło się do utrwalania współpracy fizyków wysokich energii i cząstek elementarnych krajów socjalistycznych, a także do nawiązywania nowych kontaktów.

Wacław Krzyżanowski

VI Ogólnokrajowe Seminarium Kriotechniki

W dniach od 8 do 10 września 1975 roku odbyło się we Wrocławiu organizowane od 1970 r. przez INTiBS PAN i Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego kolejne VI Ogólnokrajowe Seminarium Kriotechniki. W obradach Seminarium wzięło udział ponad 80 osób, z czego połowę stanowili specjaliści z krajowych ośrodków naukowych spoza Wrocławia (głównie Warszawy, Krakowa i Poznania). Oprócz tego w Seminarium wzięli udział naukowcy z ZSRR, Bułgarii i NRD pracujący obecnie w Międzynarodowym Laboratorium Silnych Pól Magnetycznych i Niskich Temperatur we Wrocławiu.

Otwarcia Seminarium dokonał prof. dr Włodzimierz Trzebiatowski, Prezes PAN i koordynator problemu „Wykorzystanie zjawisk kriogenicznych w urządzeniach elektrycznych”. Zostało wygłoszonych 8 referatów przeglądowych w następującej kolejności:

1. J. Rafałowicz, E. Trojnar (Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN, Wrocław) — *Kierunki badawcze w zakresie kriogeniki w INTiBS PAN*.

2. R. Werkun (Zakład Doświadczalny Kriopan Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN, Wrocław) — *Informacja o nowych urządzeniach niskotemperaturowych wykonywanych w Zakładzie Doświadczalnym Kriopan*.

3. E. Ciurzyński (Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Dolmel, Wrocław) — *Układ pomiaru temperatury w wirującym kriostacie*.

4. L. Lipiński (Zakład Kriotechniki Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN, Wrocław) — *Cechowanie termometrów niskotemperaturowych w Zakładzie Kriotechniki INTiBS PAN*.

5. J. Rafałowicz (Zakład Kriotechniki Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN, Wrocław) — *Metoda analizy przewodnictwa cieplnego metali w zakresie niskich temperatur*.

6. K. Balcerek, D. Włosewicz (Zakład Kriotechniki Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN, Wrocław) — *Metody stacjonarnego przepływu ciepła w badaniach przewodnictwa cieplnego ciał stałych w niskich temperaturach*.

7. S. Augustynowicz (Centralny Ośrodek Techniki Medycznej, Zakład Niskich Temperatur, Warszawa) — *Tendencje rozwoju techniki kriogenicznej w medycynie*.

8. B. Sujak (Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław) — *Podstawowe problemy fizyczne w realizowaniu kri izolacji elektrycznej*.

Oprócz referatów przeglądowych wygłoszono 35 komunikatów z prac własnych obejmujących następujące dziedziny: unikalne przyrządy do badań magnetycznych, termometria niskotemperaturowa, minichłodziarki i mikroskraplarki, przewodnictwo cieplne materiałów

kriogenicznych (metale, stopy, izolacje wielowarstwowe), kriourządzenia do celów medycznych, helowe kriostaty przepływowe i kriostaty helowe z tworzyw sztucznych, egzoemisja elektronów jako metoda badania krioizolacji elektrycznej.

Ilość komunikatów zaprezentowanych przez poszczególne ośrodki naukowe przedstawia się następująco: INTiBS PAN, Wrocław — 9, IFD UW, Wrocław — 11, MLSPMiNT, Wrocław — 6, COTM, Warszawa — 4, IF PAN, Warszawa — 1, ICh UJ, Kraków — 1, OBR Dolmel, Wrocław — 1, ZANiD PW, Wrocław — 1, WSI, Zielona Góra — 1. Na podstawie prezentowanych prac można zaobserwować specjalizację poszczególnych grup badawczych w różnych dziedzinach kriotechniki:

INTiBS PAN, Wrocław — naczynia Dewara na ciekły azot i hel i kriostaty badawcze, termometria niskotemperaturowa, izolacja wielowarstwowa, przewodnictwo cieplne metali i stopów w niskich temperaturach, kriostaty helowe i pojemniki z tworzyw sztucznych, badania elektryczne metali i badania zjawisk nadprzewodnictwa dla celów krioelkrotechniki,

MLSPMiNT, Wrocław — unikalne metody i przyrządy do badań magnetycznych,

IFD UW, Wrocław — minichłodziarki i kriostaty przepływowe z regulowaną temperaturą, wykorzystanie zjawisk egzoemisji elektronów w krioelkrotechnice,

IF PAN, Warszawa — wyspecjalizowane chłodziarki na ^3He ,

ICh UJ, Kraków — rozpuszczalność substancji w kriocieczach,

COTM, Warszawa — kriourządzenia do celów medycznych,

OBR Dolmel, Wrocław — kriogeneratory elektryczne.

Materiały VI Ogólnokrajowego Seminarium Kriotechniki w formie streszczeń prezentowanych referatów i komunikatów zostaną wydane przez INTiBS PAN. Obrady Seminarium odbywały się w INTiBS PAN we Wrocławiu.

Jerzy Rafałowicz, Tadeusz Zakrzewski

Międzynarodowa konferencja z zakresu dydaktyki fizyki w Opolu

W dniach 22—23 września 1975 r. odbyła się w Opolu międzynarodowa konferencja z zakresu dydaktyki fizyki z udziałem przedstawicieli z Polski, Czechosłowacji i Niemieckiej Republiki Demokratycznej. Konferencja przebiegała pod hasłem „Problematyka prac naukowo-badawczych w dydaktyce fizyki”. Zorganizowana została przez Zakład Dydaktyki Fizyki Instytutu Fizyki Wyższej Szkoły Pedagogicznej im. Powstańców Śląskich w Opolu z okazji 25-ciulecia istnienia tej uczelni.

Obrady odbywały się w Dużej Sali Wykładowej Instytutu Fizyki. Łącznie z gośćmi zagranicznymi w konferencji uczestniczyło 80 osób. Z Czechosłowacji w konferencji wzięli udział dr Oldřich Lepil z Uniwersytetu w Ołomuńcu i dr Ivo Wolf z Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Hradec Kralove, z NRD — dr Joachim Wilke z Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Poczdamie.

Na tematykę prac referowanych składały się referaty przeglądowe dotyczące aktualnego stanu i perspektyw badań naukowych w dydaktyce fizyki oraz doniesienia naukowe z badań szczegółowych. Przedstawiono następujące prace:

1. *Nauczanie programowane jako przedmiot pracy naukowo-badawczej w dydaktyce fizyki*, doc. dr Kazimierz Badiąg (Uniwersytet Gdański).

2. *Elementy metodologii w nauczaniu fizyki w szkole średniej, Rola literatury popularnonaukowej w procesie nauczania fizyki oraz Założenia dydaktyczne krótkich filmów monotematycznych*, doc. dr hab. Danuta Stachórska (Uniwersytet MCS, Lublin).

3. *Kybernetický přístup k tvorbe; učebních pomůcek*, dr Oldřich Lepil (współautor prof. dr Józef Fuka) (Uniwersytet Ołomuńiec).

4. *Die Bedeutung grundlegender physikalischer Experimente für die Führung des Erkenntnisprozesses der Schüler im Physikunterricht der oberen Klassen*, dr Jans Joachim Wilke (Pädagogische Hochschule „Karl Liebknecht”, Poczdam) (współautor prof. dr Manfred Wünschmann).

5. *Metodologia badań podstawowych z dydaktyki fizyki*, doc. dr Mieczysław Sawicki (Instytut Kształcenia Nauczycieli, Warszawa).

6. *Badania nad celowością zmiany kryteriów przyjmowania kandydatów na kierunek fizyki WSP*, dr Jadwiga Salach (Wyższa Szkoła Pedagogiczna, Kraków).

7. *Niektóre doświadczenia pokazowe z wybranych działów fizyki* mgr mgr Piotr Łabuz, Bronisław Tokar (Wyższa Szkoła Pedagogiczna, Opole).

8. *Rola projektowania pomocy naukowo-dydaktycznych*, dr Jan Heffner (Wyższa Szkoła Pedagogiczna, Opole).

Podczas trwania konferencji czynna była wystawa publikacji opolskiego ośrodka dydaktyki fizyki, a także pracowników Instytutu Fizyki WSP w Opolu. Szczególną uwagę zwróciły pokazy doświadczeń z wybranych działów fizyki przygotowane przez gospodarzy konferencji oraz wystawa prototypów pomocy naukowych zaprojektowanych przez pracowników Zakładu Dydaktyki Fizyki i wykonanych przez warsztaty Instytutu Fizyki w Opolu. Eksponowane także były fotografie aparatury naukowej znajdującej się w poszczególnych zakładach Instytutu Fizyki. Aparaturę tę mogli uczestnicy konferencji oglądać w pracowniach naukowych Instytutu.

Materiały z konferencji będą opublikowane w „Zeszytach Naukowych WSP w Opolu”.

Janina Miliszkiewicz, Danuta Tokar

R E C E N Z J E

A. Strzałkowski, A. Śliżyński: **Matematyczne metody opracowywania wyników pomiarów**, PWN, Warszawa 1973, str. 337, cena zł 38,—

Z opracowywaniem wyników doświadczalnych każdy fizyk styka się niemal codziennie, rzadko jednak styka się z dobrym podręcznikiem ujmującym te zagadnienia. W ostatnim piętnastoleciu wydano wprawdzie wiele wartościowych książek z zakresu statystyki matematycznej i rachunku prawdopodobieństwa, czyli dziedzin stanowiących podstawę przy opracowywaniu danych doświadczalnych, jednakże pozycje te są z reguły dość trudne do praktycznego wykorzystania przez ogół fizyków.

Książka A. Strzałkowskiego i A. Śliżyńskiego wychodzi naprzeciw powszechnemu zapotrzebowaniu na dobrą a zarazem przystępną edycję z tej problematyki. Napisana przez zawodowych fizyków na bazie prowadzonych przez nich wykładów dla studentów fizyki wydaje się znacznie lepiej trafiać do mentalności fizyka eksperymentatora niż książki pisane przez matematyków. Autorzy podzielili swą książkę na cztery rozdziały, z których pierwszy poświęcony jest technice rachunków numerycznych. Omówiono w nim podstawowe zasady dokonywania przybliżeń i oceny ich dokładności. Ponadto szczegółowo opisana jest zasada działania przyrządów rachunkowych — od suwaka logarytmicznego począwszy, a na maszynach elektronicznych skończywszy. Przy okazji podano zasady programowania w dwóch podstawowych językach: ALGOL-u i FORTRAN-ie. W rozdziale drugim omówiono metody przedstawiania danych doświadczalnych (graficzne, tablicowe i analityczne), numeryczne różniczkowanie i całkowanie funkcji określonej przez skończony ciąg jej wartości, a ponadto metody przybliżania funkcji przez wielomiany i funkcje trygonometryczne (analiza harmoniczna). Rozdział trzeci poświęcony jest podstawom statystycznej analizy wyników pomiarowych. Umieszczono tu klasyczne zagadnienia z rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej, w tym teorię estymacji i testowania hipotez. Natomiast rozdział czwarty poświęcony jest w całości rachunkowi wyrównawczemu metodą najmniejszych kwadratów; przy końcu rozdziału jest mowa o zagadnieniu regresji i korelacji, ważnych z punktu widzenia poszukiwania zależności między dwoma wielkościami. Metodę najmniejszych kwadratów przedstawiono na gruncie rachunku krakowianowego, któremu zresztą poświęcono sporo miejsca w uzupełnieniach. Na marginesie nasuwa się uwaga, czy operowanie rachunkiem krakowianowym — aczkolwiek bardzo eleganckie i efektywne — nie odstraszy nieco czytelników, którzy z krakowianami nigdy nie mieli do czynienia, jak np. absolwenci Uniwersytetu Warszawskiego...

Do właściwej książki dołączony jest specjalny dodatek w formie 45-stronicowej broszury, zawierającej zestaw pojęć, związków i reguł, używanych w tekście książki. Pomysł bardzo szczęśliwy — zwykle bowiem potrzebne są informacje gotowe, nie poprzedzone długimi wywodami.

Książka, o której mowa, wyróżnia się dużą prostotą i przejrzystością. Autorzy nie stronią nawet od bardzo elementarnych zagadnień, słusznie uważając, że tę tematykę należy wyłożyć od podstaw, gdyż wiele tu nieporozumień. Wychodzi to książce na dobre, choć u niektórych może sprawiać wrażenie pewnej niekonsekwencji.

Zaletą książki są liczne przykłady, najczęściej wzięte z fizyki. Daje się wprowadzić zauważyć pewną tendencyjność w ich wyborze (odpowiednio do specjalności autorów), niemniej w naszym nie pomniejsza to ich wartości. W kilku miejscach użyto jednostek CGS, co w następnych wydaniach warto by zmienić, stosownie do ogólnie znanych zaleceń.

Reasumując należy wyrazić uznanie autorom i wydawnictwu (PWN) za wypełnienie wyraźnej luki w polskim piśmiennictwie fizycznym.

Alfred Zagórski

D. S. Czernawski, J. M. Romanowski, N. W. Stiepanowa: *Co to jest biofizyka matematyczna* (tłumaczyła z języka rosyjskiego E. Skrzypczak), PWN, Warszawa 1974, str. 234, cena zł 20,—

Tytuł książki *Co to jest biofizyka matematyczna* obiecuje więcej niż książka ta w rzeczywistości zawiera. Autorzy ograniczyli się bowiem jedynie do wybranego działu nauki, którą przyjęto nazywać biofizyką matematyczną, a mianowicie do tzw. modeli kinetycznych (tj. modeli opisujących ewolucji w czasie układów opisywanych równaniami różniczkowymi zwyczajnymi). Oryginał radziecki (1971 r.) nosił zresztą podtytuł „kinetyczne modele w biofizyce”, który nie wiadomo dlaczego został w polskim przekładzie pominięty.

Przy ogromnym niezaspokojonym zapotrzebowaniu na publikacje z dziedziny biofizyki, ukazanie się książki *Co to jest biofizyka matematyczna* należy powitać z zadowoleniem. Napisana jest bowiem w sposób raczej popularny, niezbędne wiadomości z zakresu matematyki (w szczególności z jakościowej teorii układów dynamicznych) autorzy przypominają w pierwszych dwóch rozdziałach. Książka dostępna jest dzięki temu nie tylko dla nauczycieli, ale również dla uczniów starszych klas szkoły średniej, którzy znają już pojęcie pochodnej. Przy wciąż tradycyjnym nauczaniu biologii w szkole, pokazanie w jaki sposób „fizyka i matematyka mogą na obecnym etapie rozwoju biologii pomóc w poznaniu harmonii procesów biologicznych”, wydaje się bardzo cenne. Dlatego również fizycy innych specjalności powinni przeczytać omawianą książkę z zainteresowaniem.

Na przykładach takich procesów biologicznych jak rozwój mikroorganizmów, proces fotosyntezy, glikoliza autorzy pokazują, jak buduje się modele kinetyczne i „jak wiele można wynioskować nawet z najprostszego wariantu modelu i to bez użycia maszyny matematycznych”. Procesy biologiczne, chociaż znacznie bardziej skomplikowane niż procesy w przyrodzie nieożywionej, mają bowiem pewne właściwości, które bardzo upraszczają ich modelowanie. Kinetyka skomplikowanych reakcji enzymatycznych jest w istocie znacznie prostsza od kinetyki syntezy wody z tlenu i wodoru, ponieważ dla zajścia reakcji biochemicznej wystarczy, aby substrat spotkał się z właściwym enzymem, a o „resztę” sam enzym już się „zatroszczy”.

Autorzy pokazują jak analiza modeli, nawet analiza jakościowa tj. bez rozwiązywania sformułowanych równań kinetycznych, pozwala na zoptymalizowanie procesów przetwórczych, w których wykorzystuje się mikroorganizmy czy też na intensyfikację procesów leczenia przez ustalenie optymalnych momentów podawania leków. Zapoznając Czytelnika z całym szeregiem problemów współczesnej biologii, wyjaśniają, jak modele matematyczne przyczyniają się do zrozumienia tak fundamentalnych zagadnień jak istnienie „zegara biologicznego” czy możliwości samoorganizacji żywej materii. Rozdział dotyczący tego ostatniego zagadnienia został napisany specjalnie dla wydania polskiego, dzięki czemu wartość poznawcza książki jeszcze wzrosła. Należy za to wyrazić uznanie Redakcji i Tłumacze.

Staranny przekład doc. dr Ewy Skrzypczak i dobry układ graficzny to dodatkowe walory wydania polskiego. Drobne niedociągnięcia redaktorskie i korektorskie powinny zostać usunięte w drugim wydaniu. Nakład 2500 egzemplarzy wydaje się bowiem niewystarczający.

Biofizyka, w szczególności biofizyka teoretyczna i matematyczna, przeżywa okres burzliwego rozwoju. Na naszym rynku księgarskim powinny się znaleźć zarówno tłumaczenia najlepszych pozycji zagranicznych, jak również oryginalne opracowania polskie. Może PWN podjęłoby inicjatywę wydawania „Biblioteki Biofizyki”?

Włodzimierz Klonowski

G. Białkowski, *Mechanika klasyczna. Mechanika punktu materialnego i bryły sztywnej*, PWN, Warszawa 1975, 500 str., cena zł 60,—

Czytając *Mechanikę klasyczną* Grzegorza Białkowskiego widać, że autor jest entuzjastą klasycznej mechaniki. Stara się pokazać czytelnikowi, że mechanika klasyczna jest piękna, interesująca i że wciąż jeszcze stanowi aktualne pole badań. Książka zawiera oprócz zwykle wykładanego fizykom w Polsce materiału szereg zagadnień rzadko omawianych. Bardzo szeroko omówione są na przykład układy z rozmaitego rodzaju więzami. Nawet dla czytelnika dobrze obznajomionego ze zwykłym kursem mechaniki może być nowe rozwiązanie problemu kuli poruszającej się na szorstkiej, obracającej się płaszczyźnie pochylonej. W teorii małych drgań obok zwykle wykładanego materiału można znaleźć ciekawe wiadomości o układach dyssypatywnych, o trwałości ruchu, czy o wpływie bardziej skomplikowanych więzów. Wprowadzone są też jako tło wiadomości ze szczególnej, a nawet ogólnej, teorii względności i z fizyki statystycznej. Nie sądzę, żeby któregoś z tych działów można się było z samej „Mechaniki klasycznej” Białkowskiego nauczyć, ale tak jak są przedstawione, pogłębiają zrozumienie klasycznej mechaniki. W tekście znajdują się rozwiązania wielu szczegółowych zagadnień, które mogą być wykorzystane jako zadania, lub jako części wykładu. Autor podaje prawie wyłącznie zagadnienia rozwiązywalne analitycznie. Z moich ulubionych brakuje tylko wahadła Kapicy, to znaczy wahadła z drgającym punktem zawieszenia (por. np. książkę: L. Landau i E. Lifszic, *Mechanika*, PWN, Warszawa 1961, s. 115).

Dowody i rachunki są na ogół prowadzone krótko, przejrzysto i z dobrym komentarzem. Dużo uroku dodają książce przypisy historyczne, z których nawet można się dowiedzieć, jaki był defekt horoskopu wystawionego przez Galileusza księciu Toskanii. Książka zawiera sporo rozważań filozoficznych. Niektóre z nich, jak staranne odróżnianie definicji od założeń, są bezsporne i stanowią ważny składnik. Inne mogą wywołać dyskusję. Dlaczego na przykład powodzenie klasycznej mechaniki ma stanowić argument za przyczynowością, skoro większość problemów można rozwiązać równie dobrze przy danych warunkach początkowych jak przy danych warunkach końcowych? Na to pytanie można odpowiedzieć i to na kilka wzajemnie sprzecznych sposobów, ale szkoda by było, gdyby czytelnik przyjmował równie bezkrytycznie filozofię autora, jak może przyjmować jego wywody matematyczne. Uderza bardzo słabe powiązanie wykładu z doświadczeniem i zupełny prawie brak przykładów numerycznych. Zdarzają się nawet, na szczęście bardzo rzadko, zupełnie nie fizyczne przykłady, jak atom wodoru, czy jon H^+ liczony bez mechaniki kwantowej. Czytelnik, który chciałby się dowiedzieć, dlaczego boomerang wraca do ręki, dlaczego niektóre frygi puszczone w obrót na północ nagle odwracają się i zaczynają wirować na trzonku, czy jaki jest wpływ położenia Jowisza na loty kosmiczne w kierunku Saturna, musi sobie szukać innej książki, chyba że jest dostatecznie zapalony, żeby sam porachować. Jako lekturę uzupełniającą w tym kierunku polecałbym znakomitą książkę Barger i Olssona, *Classical Mechanics a Modern Perspective*, McGraw-Hill 1973.

Do tradycyjnych obowiązków recenzenta należy wskazanie pewnej liczby usterek recenzowanego dzieła. Tu najłatwiej jest zauważyć, że znaczna część odnośników historycznych ma pomyśloną numerację. Błędów korektorskich niewiele. Język na ogół dobry, czemu trudno się dziwić znając literackie zainteresowania autora. Mimo to dostał się jakoś do tekstu τ -obraz

(może lepszy od 3-j symbolu, który gdzieś widziałem, ale jednak dość okropny) i obszar niepunktowy na oznaczenie zbioru złożonego z więcej niż jednego punktu. Zabawne przejęzyczenie zostawili też korektorzy w notce [42]. Coś jest pomyłonego w ostatnich dwu paragrafach (np. rozumowanie u góry str. 478, czy definicja miary Lebesgue'a). Z rzeczy mniej oczywistych brakuje odnośnika do Caratheodory'ego przy omawianiu jego twierdzenia na str. 159. Rozróżnienie symetrii kinematycznych i dynamicznych wydaje się niejasne. Wreszcie definicję przekroju czynnego lepiej jest oprzeć na liczbach cząstek, a nie na strumieniach. Obszerną dyskusję tego ostatniego zagadnienia znaleźć można w monografii J. R. Taylora, *Scattering Theory*, John Wiley and Sons (1972), str. 44.

Mechanika klasyczna profesora Białkowskiego może stanowić cenną pomoc dla każdego, kto prowadzi uniwersyteckie wykłady czy ćwiczenia z mechaniki teoretycznej. Ponieważ studenci dobrze wiedzą, że warto jest znać podręcznik, z którego korzysta prowadzący zajęcia, książki można wróżyć dużą poczytność. Powinna jednak zainteresować krąg odbiorców znacznie szerszy niż związany z wyższymi uczelniami. Wymagane przygotowanie matematyczne nie przekracza standardowego kursu rachunku różniczkowego i całkowego do równań różniczkowych zwyczajnych włącznie. Z tym jednym warunkiem książkę można polecić wszystkim, którzy interesują się fizyką i lubią ładne rozumowania analityczne i dedukcyjne.

Kacper Zalewski

L. G. Grieczko, W. I. Sugakow, O. F. Tomaszewicz, A. M. Fiedorczenko: *Zadania z fizyki teoretycznej*, tłumaczyli z języka rosyjskiego Maria Krawczyk i Zbigniew Rek, PWN, Warszawa 1975, stron 317, cena zł 44,—

Książka jest obszernym zbiorem zadań z różnych działów fizyki teoretycznej wykładanych w wyższych uczelniach, zawiera 119 zadań z nierelatywistycznej mechaniki klasycznej (w tym 20 zadań z mechaniki ośrodków ciągłych), 148 zadań z elektrodynamiki i teorii względności, 126 zadań z nierelatywistycznej mechaniki kwantowej, 171 zadań z fizyki statystycznej i termodynamiki. Zestawy zadań poprzedzone są krótkim tekstem podającym podstawowe prawa, definicje, wzory i metody rozważanego działu, na końcu książki są uzupełnienia matematyczne z rachunku wektorowego (z uwzględnieniem współrzędnych krzywoliniowych) i funkcji specjalnych. Dwie trzecie książki zajmują odpowiedzi, rozwiązania i wskazówki do zamieszczonych zadań. Zadania, jak przyznają to autorzy w przedmowie wydania oryginalnego, są w większości standardowe i niektóre pochodzą z dużych zbiorów opracowanych dla poszczególnych działów, wiele zadań jest jednak oryginalnych (zarówno przedmowa jak i spis wykończonych zbiorów zadań zostały w polskim tłumaczeniu pominięte).

Książka stanowi bardzo wartościową pozycję dla wszystkich studentów mających w programie studiów zajęcia z fizyki teoretycznej, dobór zadań jest w pełni zgodny z programem realizowanym w Polsce. Moim zdaniem zbiór jest zupełnie wystarczający dla studentów wyższych uczelni technicznych, wyższych szkół pedagogicznych oraz studentów matematyki i fizyki o specjalności nauczycielskiej uniwersytetów. Stanowi on również podstawowy zestaw dla studentów fizyki innych specjalności i może być uzupełniony obszerniejszymi zbiorami poszczególnych działów dostępnymi u nas w języku rosyjskim, zbiory zadań z mechaniki klasycznej, kwantowej i elektrodynamiki zostały przetłumaczone na język polski.

Tłumaczenie książki jest dobre, terminologia jest poprawna. Wskutek nieuwagi jest jednak w tłumaczeniu kilka błędów np. na str. 45¹⁶ zamiast „paraboli” winno być „hiperboli”, na str. 98⁹ zamiast „arsen helu” winno być „arsenek galu”, na str. 98¹¹ zamiast „antymon indu” winno być „antymonek indu”, na str. 99¹ zamiast „stosunek” winno być „iloczyn”, często używane na str. 98 i 99 wyrażenie „steżenie elektronów” winno być zastąpione przez „kon-

centracja elektronów” itp. Mimo zamieszczonej erraty książka zawiera wiele drobnych błędów powstałych z winy korekty czy tłumaczy np. zbędne używanie nawiasów kwadratowych w iloczynach wektorowych, używanie wymienne „cząstka” i „cząsteczka” na str. 16 i 17 czy błędna transkrypcja nazwiska jednego z autorów na karcie tytułowej „Fiedorcienko” zamiast „Fiedorczenko”. Wiele drobnych błędów tego typu zawiera również oryginał rosyjski i zostały one na ogół przeniesione do wydania polskiego np. jaki sens ma wzór $\delta^n(x) = (-1)^n \delta(x)$ na str. 81; są też istotniejsze błędy w treści i rozwiązaniach zadań, np. zadania I. 19. W następnych wydaniach tego zbioru, których się spodziewam mimo dziesięcioletniego nakładu pierwszego wydania, należy te błędy usunąć.

Zygmunt Ajduk

PTF

Oddział Białostocki

W dniu 27 lutego 1975 r. odbyło się Walne Zebranie Oddziału, na którym wybrano nowy zarząd w następującym składzie:

przewodnicząca — Eudokia Ostaszewicz
wiceprzewodniczący — Fabian Grądzki
sekretarz — Mieczysław Kucharczyk
skarbnik — Zdzisław Lasocki
członek zarządu — Klara Turowska.

Oddział organizował zebrania naukowe, jak również pokazy dla młodzieży szkolnej.

Dzięki staraniom Oddziału powołano 1 grudnia 1974 r. Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Białymstoku, obejmujący swą działalnością miasto Białystok i teren dawnego województwa białostockiego.

Oddział Białostocki PTF utworzony w początkach 1965 r. liczy obecnie 34 członków.

Oddział Szczeciński

W dniu 20 marca 1975 r. odbyło się Walne Zebranie Oddziału, na którym wybrano nowy zarząd w składzie:

przewodniczący — Tadeusz Rewaj
wiceprzewodniczący — Kazimierz Balcerowicz
sekretarz — Alina Lakner-Małowicz
skarbnik — Katarzyna Zawalska
członek zarządu d/s sekcji dydaktycznej — Mieczysław Prajsnar.

Oddział popularyzuje fizykę poprzez akcję odczytową oraz współpracę z Sekcją Fizyki Młodzieżowego Towarzystwa Naukowego, organizując dla MTN wykłady i ćwiczenia laboratoryjne oraz testy i quizy. O skuteczności tej akcji świadczy fakt, że kandydaci na studia fizyki w wyższych uczelniach Szczecina rekrutują się głównie spośród członków Sekcji Fizyki MTN. Oddział organizuje również seminaria dla nauczycieli szkół średnich.

W czerwcu 1975 r. został powołany Okręgowy Komitet Olimpiady Fizycznej.

Oddział Szczeciński PTF powstał 20 czerwca 1955 r. i liczy obecnie 61 członków.

Adres Oddziału Szczecińskiego PTF: Al. Piastów 19 (WBM i O, pok. nr 205a), 70-310 Szczecin.

Mianowania profesorów

Rada Państwa nadała tytuły naukowe profesora zwyczajnego nauk fizycznych — Romanowi Żelaznemu, profesorowi nadzwyczajnemu w Instytucie Badań Jądrowych w Świerku,

profesora nadzwyczajnego nauk fizycznych — Ryszardowi Rączce, docentowi w Instytucie Badań Jądrowych w Świerku i Konradowi Rudnickiemu, docentowi Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Jerzy Pniewski doktorem h.c.
Uniwersytetu Lyonńskiego

W dniu 24 czerwca 1975 r. Uniwersytet Claude Bernarda w Lyonie nadał tytuł doktora honoris causa Jerzemu Pniewskiemu, profesorowi Uniwersytetu Warszawskiego, wybitnemu badaczowi w dziedzinie fizyki cząstek elementarnych i oddziaływań wysokiej energii.

Nagrody brytyjskiego Instytutu Fizyki

Brytyjski Instytut Fizyki przyznał doroczne nagrody następującym osobom:

Medal i Nagrodę Thomasa Younga otrzymał Daniel J. Bradley, profesor Optyki Stosowanej w Imperial College, za wkład do fizyki laserów,

Medal i Nagrodę Braggów otrzymał W. A. Coates (Royal Institution) za osiągnięcia

dydaktyczne, w szczególności za zaprojektowanie i wykonanie pokazów ilustrujących wykłady w Royal Institution,

Medal i Nagrodę Maxwella otrzymał Anthony J. Leggett (Uniwersytet Sussex) za wkład do teorii własności materii skondensowanej w najniższych temperaturach,

Medal i Nagrodę Duddella otrzymał Ernst Ruska (Fritz Haber Institut, Berlin Zachodni) za fundamentalne prace w dziedzinie optyki elektronowej i mikroskopii elektronowej,

Nagrodę Charlesa Vernona Boya otrzymał Richard A. Stradling (Oxford) za badania półprzewodników i półmetali, w szczególności zjawisk kwantowych transportu i spektroskopii magnetofonowej,

Medal i Nagrodę Guthrie otrzymał David Tabor (Cavendish Laboratory, Cambridge) za wybitny wkład w badania zjawisk powierzchniowych.

Nagroda Oppenheimera dla Kemmera

Centrum Badań Teoretycznych Uniwersytetu w Miami (Floryda) przyznało Nagrodę J. Roberta Oppenheimera Mikołajowi Kemmerowi z Uniwersytetu w Edynburgu za wybitny wkład w odkrycie pewnych regularności i symetrii w klasyfikacji cząstek elementarnych.

Kemmer urodził się na terenie ZSRR, fizykę studiował w Zurichu i Getyndze. Od 1936 r. wykładał w Wielkiej Brytanii w Imperial College w Londynie i w Cambridge, obecnie jest profesorem fizyki matematycznej w Uniwersytecie Edynburskim.

Nagrody Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego

W czasie walnego zebrania Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego w kwietniu 1975 r. zostały wręczone następujące nagrody:

Nagrodę Toma W. Bonniera otrzymała pani Chien Shiung Wu, nowy prezes Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego, profesor Uniwersytetu Columbia, za badania rozpadu β i za „pięknie precyzyjne eksperymenty, które wykazały niezachowanie parzystości w oddziaływaniach słabych”,

Nagrodę Davissona i Germera otrzymali Homer D. Hagstrum (Bell Lab.) i James J. Lander (emeryt Bell Lab.) za pionierskie

badania własności fizycznych i chemicznych powierzchni metali i półprzewodników,

Nagroda Dannie H. Heinemana została przyznana Ludwikowi D. Faddiejewowi (Instytut Matematyczny Stiekiłowa, ZSRR) za wnikliwe prace matematyczne i fizyczne nad problemem trzech ciał oraz za wkład w kwantyzację pól metodą całkowania funkcyjnego.

Reorganizacja laboratoriów brytyjskich

The Science Research Council podała w maju do wiadomości, że nastąpi przegrupowanie działalności laboratoriów Rutherforda, Daresbury i Ośrodka Obliczeniowego Atlas.

Badania w dziedzinie fizyki wysokich energii zarówno w zakresie narodowym, jak i współpracy z CERN-em, zostaną skupione w Laboratorium Rutherforda. Prace rozpoczęte w Daresbury w związku z eksperymentami 400 GeV synchrotronu w CERN-ie będą tam nadal kontynuowane. W przyszłym roku Daresbury przejmie z Atlas Laboratory wiele prac obliczeniowych z innych dziedzin niż fizyka wysokich energii. Laboratoria Atlas i Rutherforda staną się narodowym centrum obliczeniowym.

Czy będzie nadmiar fizyków w RFN?

Niemieckie Towarzystwo Fizyczne opublikowało wyniki badań nad perspektywą rynku pracy fizyków na lata 1975—1990: „Zum Angebot und Bedarf an Physikern in der Bundes Republik Deutschland bis 1990”.

Raport przewiduje, że zapotrzebowanie na fizyków, wynoszące obecnie około 1100 rocznie, będzie się zmniejszać w latach osiemdziesiątych i spadnie w 1990 r. do około 600, natomiast liczba nowych fizyków będzie rosła od 1200 rocznie w 1971 r. do około 3200 rocznie w 1990 r.

Jedną z przyczyn spadku zapotrzebowania na fizyków jest znaczny spadek urodzeń, który zaczął się w 1961 r. W wyniku tego od 1982 r. będzie zatrzymany wzrost liczby nauczycieli fizyki w szkołach średnich, a w cztery lata później zatrzymany wzrost personelu dydaktycznego wyższych uczelni.

Inną przyczyną spodziewanego spadku zatrudnienia fizyków jest zahamowanie wzrostu

dydaktyczne, w szczególności za zaprojektowanie i wykonanie pokazów ilustrujących wykłady w Royal Institution,

Medal i Nagrodę Maxwella otrzymał Anthony J. Leggett (Uniwersytet Sussex) za wkład do teorii własności materii skondensowanej w najniższych temperaturach,

Medal i Nagrodę Duddella otrzymał Ernst Ruska (Fritz Haber Institut, Berlin Zachodni) za fundamentalne prace w dziedzinie optyki elektronowej i mikroskopii elektronowej,

Nagrodę Charlesa Vernona Boysa otrzymał Richard A. Stradling (Oxford) za badania półprzewodników i półmetali, w szczególności zjawisk kwantowych transportu i spektroskopii magnetofonowej,

Medal i Nagrodę Guthrie otrzymał David Tabor (Cavendish Laboratory, Cambridge) za wybitny wkład w badania zjawisk powierzchniowych.

Nagroda Oppenheimera dla Kemmera

Centrum Badań Teoretycznych Uniwersytetu w Miami (Floryda) przyznało Nagrodę J. Roberta Oppenheimera Mikołajowi Kemmerowi z Uniwersytetu w Edynburgu za wybitny wkład w odkrycie pewnych regularności i symetrii w klasyfikacji cząstek elementarnych.

Kemmer urodził się na terenie ZSRR, fizykę studiował w Zurychu i Getyndze. Od 1936 r. wykładał w Wielkiej Brytanii w Imperial College w Londynie i w Cambridge, obecnie jest profesorem fizyki matematycznej w Uniwersytecie Edynburskim.

Nagrody Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego

W czasie walnego zebrania Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego w kwietniu 1975 r. zostały wręczone następujące nagrody:

Nagrodę Toma W. Bonniera otrzymała pani Chien Shiung Wu, nowy prezes Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego, profesor Uniwersytetu Columbia, za badania rozpadu β i za „pięknie precyzyjne eksperymenty, które wykazały niezachowanie parzystości w oddziaływaniach słabych”,

Nagrodę Davissona i Germera otrzymali Homer D. Hagstrum (Bell Lab.) i James J. Lander (emeryt Bell Lab.) za pionierskie

badania własności fizycznych i chemicznych powierzchni metali i półprzewodników,

Nagroda Dannie H. Heinemana została przyznana Ludwikowi D. Faddiejewowi (Instytut Matematyczny Stiekiłowa, ZSRR) za wnikliwe prace matematyczne i fizyczne nad problemem trzech ciał oraz za wkład w kwantyzację pól metodą całkowania funkcyjnego.

Reorganizacja laboratoriów brytyjskich

The Science Research Council podała w maju do wiadomości, że nastąpi przegrupowanie działalności laboratoriów Rutherforda, Daresbury i Ośrodka Obliczeniowego Atlas.

Badania w dziedzinie fizyki wysokich energii zarówno w zakresie narodowym, jak i współpracy z CERN-em, zostaną skupione w Laboratorium Rutherforda. Prace rozpoczęte w Daresbury w związku z eksperymentami 400 GeV synchrotronu w CERN-ie będą tam nadal kontynuowane. W przyszłym roku Daresbury przejmie z Atlas Laboratory wiele prac obliczeniowych z innych dziedzin niż fizyka wysokich energii. Laboratoria Atlas i Rutherforda staną się narodowym centrum obliczeniowym.

Czy będzie nadmiar fizyków w RFN?

Niemieckie Towarzystwo Fizyczne opublikowało wyniki badań nad perspektywą rynku pracy fizyków na lata 1975—1990: „Zum Angebot und Bedarf an Physikern in der Bundes Republik Deutschland bis 1990”.

Raport przewiduje, że zapotrzebowanie na fizyków, wynoszące obecnie około 1100 rocznie, będzie się zmniejszać w latach osiemdziesiątych i spadnie w 1990 r. do około 600, natomiast liczba nowych fizyków będzie rosła od 1200 rocznie w 1971 r. do około 3200 rocznie w 1990 r.

Jedną z przyczyn spadku zapotrzebowania na fizyków jest znaczny spadek urodzeń, który zaczął się w 1961 r. W wyniku tego od 1982 r. będzie zatrzymany wzrost liczby nauczycieli fizyki w szkołach średnich, a w cztery lata później zatrzymany wzrost personelu dydaktycznego wyższych uczelni.

Inną przyczyną spodziewanego spadku zatrudnienia fizyków jest zahamowanie wzrostu

liczby nowych instytutów badawczych i zamowienie rozwoju już istniejących.

Wśród młodzieży RFN rozpoczynającej studia 2,8% wybiera kierunek fizyczny, z nich 70% uzyskuje stopnie magistra lub doktora. Średni czas studiów fizycznych trwa 6,5 lat.

Obecnie w RFN pracuje około 25 000 fizyków (w tym 9000 jako nauczyciele szkół średnich i 8000 w przemyśle i handlu).

Aby zapobiec możliwości bezrobocia wśród fizyków z końcem lat osiemdziesiątych, Niemieckie Towarzystwo Fizyczne proponuje: 1) ukierunkować program nauczania fizyki w uniwersytetach bardziej ku fizyce stosowanej, tak aby kończący studenci otrzymywali wykształcenie bardziej „elastyczne” i mogli w razie potrzeby znaleźć zatrudnienie w nowo powstałych kierunkach, 2) informować uczniów szkół średnich o rozwoju sytuacji na rynku pracy, tak aby mogli wybierać te kierunki studiów, które zapewnią im zatrudnienie, 3) prowadzić aktualne badania podaży i popytu na fizyków.

Francuskie Towarzystwo Fizyczne szuka zatrudnienia dla fizyków

Oddział w Grenoble Francuskiego Towarzystwa Fizycznego prowadzi od paru lat działalność nazwaną „Bourse de l'emploi des Physiciens”, której celem jest pomóc fizykom w znajdowaniu pracy. Interesujący artykuł na ten temat pióra P. Averbucha przynosi czerwcowy zeszyt „Europhysics News”.

W latach sześćdziesiątych instytuty uniwersytetów, Centre de la Recherche Scientifique i innych organizacji państwowych rozwijały się szybko i młodzi fizycy po uzyskaniu stopnia doktora łatwo znajdowali w nich stałe zajęcia. Rozdzielano też tyle stypendiów doktoranckich jak gdyby ten eksponencjalny rozwój nigdy nie miał się skończyć. Tymczasem w latach siedemdziesiątych nadszedł nagły kryzys i pojawił się problem, gdzie mają pracować nowi doktorzy fizyki.

Oddział w Grenoble FTF rozpoczął rozmowy z kierownikami przemysłu, rekomendując im kandydatów na posady w przemyśle. Wydał specjalną książeczkę, w której przedstawione jest, jakie wykształcenie techniczne i intelektualne uzyskują fizycy w czasie stu-

diów doktorskich. Podobną akcję prowadzi również Komisariat Energii Atomowej w trosce o dalsze losy swoich stypendystów. Doprowadzono do tego, że zakłady przemysłowe przesyłają do instytutów naukowych swoje zapotrzebowania na młodych fizyków. Okazało się, że kierownicy przemysłu nie są wcale tak przeciwni prowadzeniu badań podstawowych, jak to ogólnie mniemają fizycy, że niektóre problemy przemysłu mogą stać się fascynujące dla fizyków, że fizyka i przemysł mogą znaleźć wspólny język.

Stulecie Konwencji Metrycznej

System metryczny, zbiór układów jednostek miar opartych na wzorcach metra i kilograma, przyjęty w 1791 r. przez francuskie Zgromadzenie Narodowe, wprowadzono we Francji ustawą z dnia 7 kwietnia 1795 r. Następnie ustawą z dnia 10 grudnia 1799 r. wprowadzono archiwalne wzorce metra i kilograma.

W 1832 r. K. F. Gauss w pracy *Należenie ziemskiego pola magnetycznego wyrażone w mierze absolutnej* podał zasadę budowy układu jednostek będących podstawą układu CGS.

20 maja 1875 r. utworzono w Paryżu Międzynarodową Konwencję Metryczną. 12 czerwca 1875 r. osiemnaście państw przyjęło Konwencję Metryczną: Argentyna, Austro-Węgry, Belgia, Brazylia, Dania, Francja, Hiszpania, Niemcy, Peru, Portugalia, Rosja, Szwajcaria, Szwecja z Norwegią, Turcja, USA, Wenezuela, Włochy. W Konwencji uznano system metryczny za międzynarodowy. Umowa dotyczyła definicji, wykonania, przechowywania i okresowego sprawdzania wzorców jednostek miar systemu metrycznego. Do wykonania tych prac powołano Generalną Konferencję Miar, Międzynarodowy Komitet Miar oraz kierowane przez niego Międzynarodowe Biuro Miar i Wag (Bureau International des Poids et Mesures) z siedzibą w Sèvres pod Paryżem, które przechowuje wzorce metra i kilograma i jest jednym z najpoważniejszych laboratoriów prowadzących badania nad ustaleniem jednostek miar z najwyższą osiągalną w danej epoce dokładnością.

System metryczny wprowadzono w Polskę w 1919 r. Obecnie Konwencję Metryczną przyjęły 43 państwa. W Wielkiej Brytanii prowadzi się prace nad wprowadzeniem jed-

nostek metrycznych, również USA postanowiły przyjąć system metryczny.

M. Suffczyński

Nie ten Zernike

W zeszytcie 2/75 na str. 247 w informacji dotyczącej Fritza Zernike podaliśmy, że jest on laureatem Nagrody Nobla z r. 1953. W istocie rzeczy chodzi tu o innego fizyka tego samego nazwiska. Fritz Zernike, który w r. 1953 otrzymał Nagrodę Nobla za wynalezienie metody kontrastu fazowego w mikroskopii, zmarł w r. 1966.

Za zwrócenie nam uwagi na popełnioną omyłkę wyrażamy wdzięczność prof. Władysławowi Kapuścińskiemu.

Technologia magnesów

W dniach od 21 do 25 kwietnia 1975 odbywała się w Rzymie Piąta Międzynarodowa Konferencja na temat Technologii Magnesów. Pierwotnie zamierzano urządzić tę konferencję we Frascati, ale ze względu na dużą liczbę uczestników (około 300) przeniesiono ją do Rzymu. Mimo to powszechnie nazywa się ją konferencją na temat magnesów we Frascati.

Zakres zagadnień, które były przedmiotem dyskusji, był bardzo szeroki. Wiele uwagi poświęcono technice wytwarzania pól magnetycznych stosowanych w urządzeniach typu Tokamak służących do doświadczeń w dziedzinie kontrolowanej fuzji jądrowej. Światowy kryzys energetyczny stanowi silny bodziec w kierunku poszukiwań praktycznych rozwiązań tego typu. Pierwsze prace w tej dziedzinie prowadzone były w ZSRR przez niezującego już L. A. Arcimowicza. We Frascati budowane jest urządzenie tego rodzaju przez zespół kierowany przez R. Toschi'ego. Inny zespół pod kierownictwem P. J. Reardona zajmując się w Princeton (USA) konstrukcją ogromnego urządzenia mającego kosztować 250 milionów dolarów.

W wielu ośrodkach prowadzone są badania możliwości zastosowania magnesów do uzyskania wiązek różnych promieniowań do celów medycznych. Między innymi chodzi tu o biologiczne działanie pionów.

Zakres zastosowań magnesów z uzwojeniem z materiałów nadprzewodzących stale rozszerza się. Koszty inwestycyjne tego rodzaju

instalacji są na ogół wyższe niż instalacji konwencjonalnych, przede wszystkim ze względu na wysoki koszt materiałów nadprzewodzących i koniecznych urządzeń kriogenicznych. Natomiast magnesy z uzwojeniami z nadprzewodników dają olbrzymie oszczędności w zużyciu prądu elektrycznego mogąc w krótkim czasie opłacić zwiększony nakład inwestycyjny. Zajmują też znacznie mniej miejsca niż równoważne magnesy konwencjonalne.

Technologia nadprzewodników jest obecnie zaawansowana. Znane są materiały nadprzewodzące zachowujące swoje własności w silnych polach magnetycznych np. stopy niobytan. Należy sądzić, że zakres zastosowań materiałów nadprzewodzących w praktyce elektrotechnicznej będzie się rozszerzał. W Leningradzie, w Massachusetts Institute of Technology oraz w International Research and Development Co. w Wielkiej Brytanii buduje się małe próbne nadprzewodnikowe silniki elektryczne. Wydaje się, że sprawa budowy dużych elektrowni mocy rzędu 1000 MW z generatorami nadprzewodnikowymi jest technologicznie dojrzała. Szczególnie interesujące byłoby użycie generatorów i silników nadprzewodnikowych na statkach, gdyż pozwoliłoby to zaoszczędzić cenną przestrzeń, którą można by przeznaczyć na transport towarów.

W Tesla Engineering Ltd w Wielkiej Brytanii, w laboratoriach Francuskich Kolei Państwowych, w Mitsubishi Electric Corporation w Japonii, w MIT oraz wspólnie w AEG, u Siemens i w Brown Boveri prowadzone są próby wytwarzania pól magnetycznych dostatecznie silnych, aby mogły służyć lewitacji pociągów kolejowych. Skonstruowano szereg działających modeli. Na konferencji przedstawiono projekt nadprzewodnikowych magnesów do lewitacji szybkich (500 km/godz) pociągów międzymiastowych. Najważniejszymi zaletami pociągów lewitowanych byłyby oszczędności energii i zmniejszenie szkodliwego działania na naturalne środowisko.

Dyskutowano możliwości zastosowania dużych uzwojeń nadprzewodnikowych do magazynowania energii elektrycznej, co pozwoliłoby zredukować moc elektrowni do poziomu średniego a nie szczytowego poboru mocy. W Wisconsin pracuje się nad wielkimi urządzeniami o pojemności energetycznej do 10000 MW/h.

W dziedzinie wytwarzania pól magnetycznych do celów fizyki wysokich energii zastosowanie uzwojeń nadprzewodzących rozpowszechnia się coraz bardziej, szczególnie tam, gdzie chodzi o uzyskanie silnych pól w dużej objętości, a więc przede wszystkim w komorach pęcherzykowych. Używa się także z powodzeniem magnesów nadprzewodnikowych w spektrometrach magnetycznych oraz w układach soczewek kwadrupolowych i w innych układach służących do formowania i kierowania wiązki cząstek naładowanych, względnie do jej ogniskowania.

Doświadczenia z tarczami spolaryzowanymi, tj. zawierającymi równolegle ustawione wektory spinów jądrowych, wymagają silnych pól w małych objętościach. Tu również magnesy nadprzewodzące znajdują zastosowanie. Trudność polega na tym, że cząstki wysyłane z tarczy w możliwie wielkim kącie brylowym winny trafić do detektorów, magnesy zaś tworzą niepożądane przeszkody na ich drodze.

Bardzo interesująca wydaje się możliwość zastosowania magnesów nadprzewodnikowych w synchrotronach. W Laboratorium Fermiego synchrotron o średnicy 2 km z konwencjonalnymi magnesami wytwarzającymi pole o natężeniu 2,25 T ma nadawać protonom energie 500 GeV. Obecnie studiuje się kwestię opracowania technicznego magnesów nadprzewodnikowych, które użyte w miejsce konwencjonalnych pozwoliłyby uzyskać pole o natężeniu 4,5 T i protony o energii 1 TeV, tj. dwukrotnie większej, przy zachowaniu dotychczasowej średnicy synchrotronu. Synchrotron nadprzewodnikowy w Berkeley ESCAR (Experimental Super Conducting Accelerator Ring) ma przyspieszać protony do energii 4,2 GeV.

W Europie zagadnienie wytwarzania silnych pulsowanych pól magnetycznych przy pomocy magnesów nadprzewodnikowych jest przedmiotem badań prowadzonych w Laboratorium Rutherforda, w Karlsruhe i w Saclay, a również w Instytucie Radiotechnicznym w Moskwie.

W Japonii w Laboratorium KEK rozważa się możliwość użycia magnesów nadprzewodzących w protonowych i protonowo-elektronowych pierścieniach akumulujących.

Wiele zagadnień technicznych związanych z magnesami nadprzewodnikowymi pozostaje jeszcze do rozwiązania, między innymi sprawa

deformacji mechanicznych pod wpływem działania sił magnetycznych w samym nadprzewodniku. Duże nadzieje postępów technologicznych wiąże się z pracami zespołu budującego synchrotron ESCAR.

Za najciekawszą wypowiedź konferencji uznano ogólnie referat przeglądowy M. N. Wilsona na temat własności poszczególnych materiałów nadprzewodzących. Z punktu widzenia konstrukcji elektromagnesów ważnymi zaletami materiału nadprzewodzącego są zdolność do zachowania własności nadprzewodzenia przy możliwie dużej gęstości prądu i w stosunkowo wysokiej temperaturze. W dotychczasowej praktyce najczęściej używany jest stop niob-tytan, ale stopy niob-cyna i niob-aluminium są również przedmiotem badań, a w szczególności stop wanad-gal, który pozostaje nadprzewodnikiem aż do temperatury 14,5 K.

Seminarium Egzozemisi Elektronów

W dniach od 2 do 6 czerwca 1975 r. we wrocławskim Uniwersyteckim Ośrodku Szkoleniowym „Krokus” odbyło się II Ogólnopolskie Seminarium Egzozemisi Elektronów zorganizowane przez Zakład Kriofizyki Ciała Stałego Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego. Kierownikiem naukowym Seminarium był prof. Bogdan Sujak.

W Seminarium wzięło udział około 60 osób, głównie z polskich ośrodków zajmujących się zagadnieniami egzozemisi elektronów oraz paru fizyków z NRD i ZSRR.

Wygłoszono 35 referatów i komunikatów w następujących grupach tematycznych: 1) EEE w niskich temperaturach z układów metal-dielektryk-metal w czasie deformowania oraz z metali i stopów, występująca podczas przemian fazowych, 2) przechodzenie elektronów przez układy cienkich warstw, 3) EEE z dielektryków, 4) generowanie elektronów i fotonów na powierzchni ferroelektryka, 5) układy pomiarowe do badań EEE w niskich temperaturach.

Referaty i komunikaty będą wydrukowane w języku angielskim w czasopiśmie „Acta Universitatis Wratislaviensis” w r. 1976.

K. Biedrzycki

I Szkoła Mikrofalowego Rezonansu Rotacyjnego

W dniach 6 i 7 listopada 1974 r. odbyła się w Poznaniu I Szkoła Mikrofalowego Rezonansu Rotacyjnego, zorganizowana pod auspicjami Komisji Spektroskopowej PAN przez Oddział Poznański Instytutu Fizyki PAN. Tematem Szkoły był problem zastosowania metody mikrofalowego rezonansu rotacyjnego w badaniach oddziaływań molekularnych. W szkole wzięło udział 30 osób. Wygłoszono 8 wykładów. Dyskusjom przewodniczył prof. Jan Stankowski.

Uczestnicy Szkoły zapoznali się z pracami prowadzonymi w zespole Radiospektroskopii Molekularnej Instytutu Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu.

J. Galica

VI Międzynarodowa Konferencja Inżynierii Kriogenicznej

Szósta Międzynarodowa Konferencja Inżynierii Kriogenicznej — ICEC 6 odbędzie się w dniach od 11 do 14 maja 1976 r. w Grenoble. Połączona będzie z wystawą sprzętu kriogenicznego.

Konferencja jest sponsorowana przez Międzynarodowy Komitet Inżynierii Kriogenicznej, Międzynarodowy Instytut Zamrażalnictwa i Centrum Badawcze Bardzo Niskich Temperatur w Grenoble.

Streszczenia referatów należy nadsyłać Komitetowi Organizacyjnemu do 15 listopada 1975 r., zgłoszenia wystawianej aparatury również do 15 listopada 1975 r., a pełne teksty referatów do 15 lutego 1976 r. Informacji udziela Sekretarz ICEC 6, Centre de Recherches sur Très Basses Températures, B P. 166 Centre de Tri, 38042 Grenoble, Francja.

POSTĘPY FIZYKI

(dwumiesięcznik)

Warunki prenumeraty czasopisma

Cena prenumeraty: półrocznie zł 45.—
rocznie zł 90.—

Prenumeratę przyjmują Oddziały RSW Prasa—Książka—Ruch oraz urzędy pocztowe i doręczyciele w terminach:

do dnia 25 listopada na styczeń, I kwartał, I półrocze i cały rok następny
do dnia 10 każdego miesiąca (z wyjątkiem grudnia) poprzedzającego okres prenumeraty

Jednostki gospodarki uspołecznionej, instytucje i organizacje społeczno-polityczne oraz wszelkiego rodzaju inne zakłady pracy składają zamówienia w miejscowych Oddziałach RSW Prasa—Książka—Ruch.

Zakłady pracy w miejscowościach, w których nie ma Oddziałów RSW oraz prenumeratorki indywidualni, zamawiają prenumeratę w urzędach pocztowych lub u doręczycieli.

Prenumeratę ze zleceniem wysyłki za granicę, która jest o 50% droższa od prenumeraty krajowej, przyjmuje Biuro Kolportażu Wydawnictw Zagranicznych RSW Prasa—Książka—Ruch ul. Wronia 23, 00-958 Warszawa.

Bieżące i archiwalne numery można nabyć lub zamówić we Wzorcowni Wydawnictw Naukowych PAN — Ossolineum — PWN, Pałac Kultury i Nauki (wysoki partel) 00-901 Warszawa oraz w księgarniach naukowych „Domu Książki”.

INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

A subscription order stating the period of time, subscriber's name and address can be sent to any subscription agent or directly to Foreign Trade Enterprise ARS POLONA—RUCH, 00-068 Warszawa, Krakowskie Przedmieście 7, P.O. Box 1001, Poland.

Please send payments (annual subscription US \$ 12) to the account of ARS POLONA—RUCH, through Bank Handlowy S.A., Traugutta 7, 00-067 Warszawa, Poland.

Tylko prenumerata zapewnia regularne otrzymywanie czasopisma

TREŚĆ

R. S. Ingarden — Wojciech Rubinowicz (22 lutego 1889 — 13 października 1974). Szkic biograficzny. Cz. I	3
M. Suffczyński — Stałe fizyczne	35
G. N. Flerow, W. S. Baraszenkow — Zastosowanie wiązek ciężkich jonów (tłum. T. Siemiarczuk)	53

ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

H. Lachowicz — Zimowa szkoła w Kocierzy: „Nowe Materiały Magnetyczne”	81
A. Kopystyńska — Sympozjum Laserowe w Warszawie	81
J. Ciborowski, M. Krawczyk — IV szkoła fizyki zorganizowana przez CERN i ZIBJ w Aluszcie	83
C. Ruszowski — Sympozjum Elektroniki Jądrowej w Stresa	84
W. Krzyżanowski — V Międzynarodowe Sympozjum Fizyki Wielkich Energii i Cząstek Elementarnych w Warszawie	86
J. Rafałowicz, T. Zakrzewski — VI Ogólnokrajowe Seminarium Kriotechniki	87
J. Miliszkiewicz, D. Tokar — Międzynarodowa konferencja z zakresu dydaktyki fizyki w Opolu	88

RECENZJE

A. Strzałkowski, A. Śliżyński — Matematyczne metody opracowywania wyników pomiarów (A. Zagórski)	90
D. S. Czernawski, J. M. Romanowski, N. W. Stiepanowa — Co to jest biofizyka matematyczna (W. Klonowski)	91
G. Białkowski — Mechanika klasyczna. Mechanika punktu materialnego i bryły sztywnej (K. Zalewski)	92
L. G. Grieczko, W. I. Sugakov, O. F. Tomasiewicz, A. M. Piodorczyuko — Zadania z fizyki teoretycznej (Z. Ajduk)	93

KRONIKA

CONTENTS

R. S. Ingarden — Adalbert Rubinowicz (February 22, 1889 — October 13, 1974). Biographical Essay. Part I	3
M. Suffczyński — Fundamental Physical Constants	35
G. N. Flerow, W. S. Baraszenkow — The Applications of the Heavy Ions Beams	53

MEETINGS AND CONFERENCES

REVIEWS

CHRONICLE