

---

PTF

DWUMIESIĘCZNIK  
POŚWIĘCONY  
UPOWSZECHNIENIU  
WIEDZY  
FIZYCZNEJ

# POSTĘPY FIZYKI

TOM 39  
ZESZYT 1  
1988

---

ZARZĄD

Prezes

Prof. dr JANUSZ ZAKRZEWSKI

Wiceprezesa

Prof. dr ANDRZEJ OLEŚ  
Prof. dr TADEUSZ SKALIŃSKI

Sekretarz Generalny

Doc. dr STANISŁAW G. ROHOZIŃSKI

Skarbnik

Doc. dr TADEUSZ PNIEWSKI

Członkowie Zarządu

Dr TERESA BIAŁECKA  
Doc. dr JERZY DEMBCZYŃSKI  
Doc. dr STANISŁAW HAŁAS  
Prof. dr STANISŁAW ŁĘGOWSKI  
Doc. dr STANISŁAW MICHALAK  
Prof. dr JÓZEF TERLECKI  
Prof. dr CECYLIA WESOŁOWSKA

oraz redaktorzy naczelni czasopism PTF

Prof. dr ADAM SOBICZEWSKI — *Postępy Fizyki*  
Prof. dr WIESŁAW CZYŻ — *Acta Physica Polonica*  
Mgr MACIEJ JĘDRZEJCZAK — *Delta*

Prof. dr ROMAN INGARDEN — *Reports on Mathematical Physics*

Przewodniczący Oddziałów Towarzystwa

Doc. dr MICHAŁ ŚWIECKI (Białystok)  
Dr BRONISŁAW GRZEGORZEWSKI (Bydgoszcz)  
Dr MARTA DUŚ-SITEK (Częstochowa)  
Doc. dr JERZY GRZYWACZ (Gdańsk)  
Doc. dr MIECZYŚLAW F. PAZDUR (Gliwice)  
Doc. dr WIESŁAWA ZAREK (Katowice)  
Doc. dr SŁAWOMIR CHOJNACKI (Kielce)  
Prof. dr LUCJAN JARCZYK (Kraków)  
Doc. dr STANISŁAW HAŁAS (Lublin)

Doc. dr STANISŁAW MICHALAK (Łódź)  
Dr ANTONI GOLY (Opole)  
Doc. dr JADWIGA STANKOWSKA (Poznań)  
Prof. dr ALEKSANDER SZYMAŃSKI (Rzeszów)  
Dr HENRYK WREMBEL (Słupsk)  
Doc. dr TADEUSZ REWAJ (Szczecin)  
Prof. dr STANISŁAW DEMBIŃSKI (Toruń)  
Prof. dr MARIAN GRYNBERG (Warszawa)  
Prof. dr EUGENIUSZ JAGOSZEWSKI (Wrocław)

ADRES ZARZĄDU

00-681 WARSZAWA, ul. Hoża 69 tel. 21-26-68

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 39, Zeszyt 1

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE  
1988

## RADA REDAKCYJNA

Iwo Białynicki-Birula, Jerzy Czerwonko, Marek Demiański, Adam Kujawski, Marian Mięśowicz,  
Ludwik Natanson, Tadeusz Skaliński, Maciej Suffczyński, Józef Szudy, Przemysław Zieliński

## KOMITET REDAKCYJNY

*Redaktor Naczelny* — Adam Sobiczewski  
*Członkowie Redakcji* — Tomasz Dietl, Magdalena Staszal, Barbara Wojtowicz

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

### Korespondenci Oddziałów PTF

mgr *Piotr Malinowski* (Białystok)  
dr *Romualda Pfranger* (Częstochowa)  
dr *Stanisław Zachara* (Gdańsk)  
doc. dr *Eugeniusz Soczkiewicz* (Gliwice)  
dr *Janusz Frąckowiak* (Katowice)  
dr *Małgorzata Suchańska* (Kielce)  
dr *Anna Kapuścik* (Kraków)  
prof. dr *Tomasz Goworek* (Lublin)  
prof. dr *Leszek Wojtczak* (Łódź)  
dr *Wojciech Wojtanowski* (Opole)  
prof. dr *Andrzej Graja* (Poznań)  
mgr *Danuta Ficek* (Słupsk)  
mgr *Ewa Weinert-Rączka* (Szczecin)  
doc. dr *Hanna Męczyńska* (Toruń)  
dr *Wanda Ejchart* (Warszawa)  
dr *Bernard Jancewicz* (Wrocław)

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

---

Nakład 2026+94 egz. Ark. wyd. 9,50. Ark. druk. 6<sup>1</sup>/<sub>16</sub>+12 wkł. Papier druk. kl. III  
70×100, 80 g. Oddano do składania w październiku 1987. Podpisano do druku  
w lutym 1988. Druk ukończono w lutym 1988. Zam. 513/87. Cena zł 150.—

---

Drukarnia Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, ul. Manifestu Lipcowego 13

Michał Heller

Specola Vaticana \*  
Watykan

## Jak Einstein stworzył ogólną teorię względności?

### How did Einstein Create the General Theory of Relativity?

**Abstract:** The paper tells the story of Einstein's discovery of the general theory of relativity. This great scientific achievement was accompanied by Einstein's "conversion" from Mach's philosophy of physics to his own views on the nature of physical theory.

„W świetle osiągniętej wiedzy sukces wydaje się niemal sprawą normalnego biegu rzeczy; każdy inteligentny badacz mógłby go osiągnąć bez zbytnich problemów. Ale te lata pełnych napięcia poszukiwań w ciemności, z ich wyteżonym dążeniem, z załamaniem nadziei, wyczerpaniem, i wreszcie wynurzanie się ku światłu — tylko ci są w stanie to zrozumieć, którzy sami tego doświadczyli.”

Albert Einstein, *Notes on the Origin of the General Theory of Relativity.*

### 1. Wprowadzenie

A więc przede wszystkim: „stworzył” czy „odkrył”? Wiadomo, jak głęboko Einstein był przekonany o obiektywności świata, czyli o jego niezależności od ludzkiego umysłu. Nauka zatem nie tworzy świata, lecz go odkrywa. Ale pomiędzy światem a ludzkim umysłem istnieje przedziwny rezonans. Na tym polega zagadka zrozumiałości świata, zagadka, której — jak sądzi Einstein — „nigdy nie pojmiemy” [1]. Dzięki tego rodzaju rezonansowi powstają teorie naukowe. W konstrukcji teorii bierze udział zarówno doświadczenie (*experience*), jak i myśl (*reason*). „W ten sposób — pisze Einstein — wyznaczyliśmy czystej myśli i doświadczeniu stosowne im miejsca w teoretycznym systemie fizyki. Struktura całego systemu jest dziełem myśli; empiryczna zawartość i wzajemne związki między wynikami doświadczeń muszą być reprezentowane w konkluzjach teorii. Na możliwości takiej reprezentacji polega wartość i usprawiedliwienie całego systemu, przede wszystkim zaś pojęć i fundamentalnych zasad, leżących u jego podstaw. Ale oprócz tego, te ostatnie są wolną inwencją ludzkiego intelektu. Inwencji tej nie można usprawiedliwić ani naturą samego intelektu, ani żadnymi innymi sposobami *a priori*.” [2]. Zarówno z bezpośredniego kontekstu, w jakim Einstein wypowiedział te słowa, jak i z ogóln-

\* Tzn. Watykańskie Obserwatorium Astronomiczne (przyp. Red.).

nego kontekstu jego poglądów na naukę, jasno wynika, że teorie naukowe są „wolną inwencją ludzkiego ducha” nie w modnym dziś znaczeniu jakoby „człowiek tworzył rzeczywistość”, lecz w tym sensie, że żadnej teorii fizycznej (zdaniem Einsteina) nie da się w sposób logiczny wyprowadzić ze zbioru danych doświadczalnych. I dlatego tytułowe „jak Einstein stworzył ogólną teorię względności?” wydaje się lepiej odpowiadać duchowi einsteinowskiej myśli; pod warunkiem wszakże, że będzie się ustawicznie pamiętać, iż nic nie było bardziej obce przekonaniom Einsteina jak subiektywistyczne interpretacje nauki.

W niniejszym artykule pragnę zdać sprawę z mojej próby prześledzenia drogi, która doprowadziła Einsteina do ogólnej teorii względności. Przewodnikami dla mnie były dwa motywy. Po pierwsze, ciekawość historyczna. Istnieje całe mnóstwo historycznych i metodologicznych „wprowadzeń” do szczególnej teorii względności. Gorzej z teorią ogólną. Jest ona nie tylko znacznie trudniejsza z matematycznego punktu widzenia, ale wymaga także znacznie głębszego wglądu w podstawy fizyki. I dlatego perspektywa historycznego studium jej powstania zawiera w sobie obietnicę intelektualnych emocji. Po drugie, względy filozoficzne. Filozofia fizyki Alberta Einsteina jest dość dobrze znana. Wiadomo również, że w drugiej części swojego twórczego życia Einstein był wyraźnie odosobniony w swoich poglądach. Niejako oficjalną filozofią tamtych czasów był neopozytywizm, a twórca ogólnej teorii względności uważał go za filozofię kalekę. Dopiero po latach sześćdziesiątych oficjalna filozofia nauki zaczęła dochodzić do twierdzeń, które Einstein głosił przed pół wiekiem. Z góry można przypuszczać, że Einstein nauczył się swojej filozofii fizyki w trakcie dochodzenia do swoich teorii. Ogólna teoria względności musiała tu odegrać niemałą rolę. Jak zobaczymy, przypuszczenie to potwierdzi się w całej pełni. Gdyby Einstein pozostał wierny empirystycznej filozofii Macha, którą uznawał za młodu, nigdy by nie stworzył nowej teorii grawitacji.

Swój wykład „O metodzie fizyki teoretycznej” Einstein rozpoczął słowami: „Jeżeli chcecie dowiedzieć się czegoś od fizyków-teoretyków na temat metody, jaką się posługują, radzę wam trzymać się ściśle jednej zasady: nie słuchajcie tego, co mówią, lecz skupcie całą uwagę na tym, co czynią.” [2]. Myślę, że Einsteina warto także słuchać, ale w tym artykule chcę przede wszystkim przyjrzeć się temu, co robił.

## 2. Teoria grawitacji: sytuacja problemowa po powstaniu szczególnej teorii względności

Dla ogromnej większości ówczesnych fizyków nie było żadnej sytuacji problemowej. Teoria grawitacji Newtona stanowiła jądro klasycznego paradygmatu. Zdawała ona doskonale sprawę z ogromnego zakresu zjawisk w skali zarówno lokalnej, jak i astro-nomicznej. Owszem, istniały pewne anomalie, tzn. „niewielkie” rozbieżności pomiędzy przewidywaniami wynikającymi z teorii grawitacji Newtona a wynikami niektórych obserwacji (do najbardziej znanych należał ruch peryhelium Merkurego), ale nikt nie miał zamiaru odrzucać teorii Newtona tylko dlatego, że dotychczas nie znaleziono zadowalającego wytłumaczenia dla kilku małych „poprawek”. Inną trudnością teorii grawitacji Newtona były kłopoty z jej zastosowaniami kosmologicznymi (zauważone przez samego Newtona i opisane w jego liście do Bentleya [2a]). Trudnościom tym miała m. in.

zaradzić słynna poprawka do równania Poissona, zaproponowana przez C. Neumanna<sup>1</sup>. Paradoks Seeligera, związany zresztą z tamtymi problemami, dopełniał pojęciowych trudności, w jakie była uwikłana teoria Newtona. Stan taki istniał już co najmniej kilkadziesiąt lat i sam przez się nie stworzyłby wystarczająco dramatycznej sytuacji problemowej, która mogłaby wyzwolić rewolucję w fizyce grawitacji.

„Zaiskrzyło” ostrzegawczo (przynajmniej dla samego Einsteina) na styku pomiędzy teorią grawitacji Newtona a szczególną teorią względności. Sprawa dotyczyła w gruncie rzeczy starego problemu, który w zetknięciu z nową teorią nabrał nowej wymowy. Istnienie *actio in distans* nie było odkrywczym zarzutem przeciwko teorii Newtona, ale wobec obowiązującego w szczególnej teorii względności postulatu o nieistnieniu sygnałów rozchodzących się szybciej niż światło, zarzut ten stał się poważniejszy. Przestał być wewnętrzną sprawą teorii Newtona, zaczął wyraźnie wskazywać na niezgodność dwu paradygmatów.

Dnia 25 września 1907 r. Einstein przyjął zaproszenie Starka, redaktora czasopisma *Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik*, do napisania przeglądowego artykułu na temat szczególnej teorii względności. Mimo braku czasu<sup>2</sup> Einstein zabrał się do intensywnej pracy. W manuskrypcie, zachowanym w Pierpont Morgan Library w Nowym Jorku (przeznaczonym pierwotnie jako artykuł do *Nature*), Einstein wspomina pracę nad artykułem do *Jahrbuch*: „Wtedy przysłała mi do głowy najszcześniejsza myśl mojego życia (*der glücklichste Gedanke meines Lebens*) w następującej postaci: Pole grawitacyjne ma tylko względne istnienie, podobnie jak pole elektryczne generowane przez magneto-elektryczną indukcję. *Ponieważ dla obserwatora swobodnie spadającego z dachu jakiegoś domu — przynajmniej w jego bezpośrednim otoczeniu — nie istnieje pole grawitacyjne* [podkreślenie Einsteina]. Istotnie, jeżeli obserwator upuści jakieś przedmioty, pozostaną one względem niego w stanie spoczynku, niezależnie od ich szczególnej chemicznej lub fizycznej natury...” ([3], s. 178). Pais przypuszcza, że „najszcześniejsza myśl życia” przysłała Einsteinowi do głowy podczas pracy nad drugą częścią artykułu do *Jahrbuch* (prawdopodobnie w listopadzie 1907 r.). Tak się szczęśliwie składa, że sam Einstein przekazał nam moment, w którym to zaszło. Według relacji J. Ishiway, podczas swojego wykładu w Kioto, Einstein miał powiedzieć: „Siedziałem właśnie na krześle w biurze patentowym w Bernie, gdy nagle zaświtała mi myśl: «Gdy ktoś spada swobodnie, nie będzie odczuwać swojej wazkości». Byłem zaskoczony. Ta prosta myśl zrobiła na mnie wrażenie. Pchnęła mnie ona w kierunku teorii grawitacji.” [4].

Gdybyśmy chcieli doszukiwać się wcześniejszych inspiracji, być może należałoby cofnąć się aż do lektury młodego Einsteina dzieła Macha o historii mechaniki. W czwartym paragrafie drugiego rozdziału tej książki, która, jak wiadomo, wywarła wielki wpływ

<sup>1</sup> C. Neumann zaproponował, by równanie Poissona:  $\Delta\varphi = -4\pi G\rho$  zamienić na:  $\Delta\varphi = -4\pi G\rho + \Lambda\varphi$ , gdzie  $G$  jest stałą grawitacji,  $\varphi$  potencjałem grawitacyjnym,  $\rho$  gęstością materii, a  $\Lambda$  nową stałą uniwersalną. Celem tego zabiegu było zapewnienie istnienia rozciągającego się do nieskończoności równomiernego rozkładu materii, podlegającej prawu ciężenia.

<sup>2</sup> Już 1 listopada Einstein pisał do Starka: „Pracuję gorliwie nad drugą częścią artykułu w niestety nielicznych chwilach wolnego czasu” ([3], s. 179).

na przyszłego twórcę teorii względności, znajduje się następujący fragment: „My sami, gdy skaczemy lub spadamy z jakiejś wysokości, doświadczamy szczególnego przeżycia, które musi pochodzić z ustania grawitacyjnego ciśnienia jednych części naszego ciała na drugie, krwi itd.” ([5], s. 252). Być może lektura tego tekstu zapadła w podświadomość Einsteina i po latach wydała owoce.

Artykuł Einsteina z 1907 r. nosi tytuł „O zasadzie względności i jej następstwach” [6]. Jest to obszerny przegląd szczególnej teorii względności, która jest tu przedstawiona jako konsekwencja zasady względności, uzupełnionej założeniem o stałości prędkości światła. Podobnie jak w oryginalnej pracy Einsteina z 1905 r. znajduje się tu część mechaniczna i część elektrodynamiczna. Pod koniec artykułu Einstein zwraca się ku zagadnieniom grawitacji i ich związkowi z zasadą względności.

Posługując się swoją „najszcześniejszą myślą życia”, Einstein podjął próbę rozciągnięcia zasady względności z ruchów jednostajnych na ruchy jednostajnie przyspieszone. Pole grawitacyjne można wyeliminować, swobodnie w nim spadając, lub wygenerować — przez spowodowanie jednostajnego przyspieszenia. Jeżeli układ odniesienia  $\Sigma_1$  porusza się w pewnym kierunku ze stałym przyspieszeniem  $\gamma$ , a drugi układ odniesienia  $\Sigma_2$  znajduje się w jednorodnym polu grawitacyjnym, nadającym wszystkim ciałom stałe przyspieszenie  $-\gamma$  w tym samym kierunku, to wszystkie prawa fizyki w obydwu układach odniesienia działają tak samo. „Jest to następstwem faktu — pisze Einstein — że wszystkie ciała doznają takiego samego przyspieszenia w polu grawitacyjnym.” Einstein sądzi, że w ten sposób zasada względności została istotnie uogólniona w porównaniu z jej zwykłym sformułowaniem odnoszącym się tylko do układów inercjalnych.

Einstein nigdy nie poprzestawał na zasadach. Zawsze badał je przez konsekwencje. Zasada równoważności (stałego przyspieszenia i jednorodnego pola grawitacyjnego) została już sformułowana (nazwa zostanie nadana potem), należy więc zastanowić się nad tym, co z niej wynika. A wynikają z niej dwa ważne testy: grawitacyjne przesunięcie ku czerwieni (zwolnienie zegarów w polu grawitacyjnym) i ugięcie promieni świetlnych w pobliżu dużych mas. Oba te efekty zostały wydedukowane przez Einsteina z zasady równoważności już w r. 1907 (choć wyprowadzenie drugiego z nich było trafne tylko jakościowo). Wyprowadzając je, Einstein korzystał już *de facto* z postulatu istnienia lokalnie inercjalnych układów odniesienia, w których słuszne są prawa szczególnej teorii względności. Postulat ten, jak wiadomo, zostanie potem wcielony do einsteinowskiej teorii grawitacji.

Znaczenie pracy Einsteina z 1907 r. jest ogromne. Rozpoczęła ona drogę ku ogólnej teorii względności; drogę, która miała zakończyć się dopiero w listopadzie 1915 r. sformułowaniem poprawnej postaci równań pola. Od zasady równoważności do pełnej teorii droga była niełatwa, pełna potknięć i zakrętów. Już w punkcie wyjścia tkwiły niejasności. Interpretowanie zasady równoważności jako uogólnienia zasady względności było co najmniej niejasne. Sytuacja analizowana przez Einsteina dowodzi jedynie tego, że układ znajdujący się w jednorodnym polu grawitacyjnym nie może być inercjalnym układem odniesienia (por. [7], ss. 135-137). Problem, czy ogólna teoria względności zawiera „więcej względności” (i w jakim sensie) niż teoria szczególna, jest subtelnym zagadnieniem, wymagającym oddzielnej analizy (por. np. [8] i [9]).



### 3. Praskie artykuły

Od roku 1908 do 1911 Einstein milczał na temat grawitacji. Biografowie Einsteina nie są zgodni co do przyczyn tego milczenia. Trudno przypuścić, by nagle grawitacja przestała go interesować. Raczej ma rację Pais ([3], ss. 187-191), gdy twierdzi, że to po prostu inne zagadnienia bardziej go porwały. Najprawdopodobniej konkurencją dla grawitacji stała się mechanika kwantowa. Nic dziwnego, właśnie wtedy dużo działo się na tym polu. Żywy umysł Einsteina nie mógł pozostać obojętny wobec rewolucji w fizyce, jaka zaczęła się już rozgrywać.

Einstein przerwał swoje milczenie na temat grawitacji w 1911 r., kiedy to opublikował artykuł pt. „Über den Einfluss der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes” [10]. Artykuł ten został napisany podczas stosunkowo krótkiego pobytu w Pradze, gdzie Einstein otrzymał stanowisko profesora na Uniwersytecie Karola. Artykuł nie zawiera jakichś istotnie nowych idei w porównaniu z pracą z 1907 r., ale znajdują się w nim dość ważne spostrzeżenia. Przede wszystkim Einstein zauważył, że eksperymentalne sprawdzenie efektu zakrzywienia promieni świetlnych w silnym polu grawitacyjnym będzie o wiele łatwiejsze w astronomii niż w warunkach laboratoryjnych (jak to sobie przedtem wyobrażał). Zasada równoważności nie jest już w tej pracy przedstawiana jako uogólnienie zasady względności. Einstein zauważa także, że prędkość światła w polu grawitacyjnym nie jest stała, lecz zależy od potencjału grawitacyjnego. Lokalną wartość prędkości światła można — zdaniem Einsteina — uznać za zmienną (skalar), charakteryzującą pole grawitacyjne. Einstein zdaje już sobie z tego sprawę, że szczególna teoria względności powinna stać się częścią bardziej ogólnej teorii, ale co to będzie za teoria, tego jeszcze nie wiadomo. Artykuł kończy się apelem do astronomów: „Byłoby rzeczą pilnie potrzebną, by astronomowie zainteresowali się problemem tu poruszonym [Einstein ma na myśli ugięcie promieni świetlnych, przechodzących w pobliżu Słońca], nawet jeśli powyższe rozważania mogłyby się wydawać niewystarczająco uzasadnione lub wręcz fantastyczne.”

Jeszcze przebywając w Pradze, Einstein opublikował dwa inne artykuły na temat grawitacji [11, 12]. Są to ostatnie prace Einsteina poświęcone grawitacji, w których przestrzeń jest jeszcze płaska, chociaż w pierwszej z nich znajduje się uwaga, że geometria Euklidesa najprawdopodobniej nie obowiązuje w układzie obracającym się ze stałą prędkością kątową, ponieważ „z powodu skrócenia Lorentza, stosunek obwodu do średnicy powinien być różny od  $\pi$ ”.

Również w pierwszej spośród dwu prac z r. 1912 pojawia się równanie pola grawitacyjnego „w statycznym przypadku, gdy masy pozostają w spoczynku”. Równanie to ma postać

$$\Delta c = kc\varrho,$$

gdzie  $k$  jest stałą uniwersalną, a  $\varrho$  gęstością materii. Prędkość światła  $c$  jest tu nadal traktowana jako skalar charakteryzujący pole grawitacyjne.

Drugi z tych artykułów zawiera pewne mylne (i mylące) idee dotyczące związku pomiędzy polem grawitacyjnym a polem elektromagnetycznym (Einstein roztrząsa pytanie, jak zmiana prędkości światła w polu grawitacyjnym wpływa na równania Maxwella),

ale też dwie ważne nowości. Pierwsza: energia zawarta w polu grawitacyjnym jest źródłem tego pola; a zatem równania pola muszą być nieliniowe. Druga (zasugerowana przez pierwszą): zasada równoważności w ogólnym przypadku (niejednorodnego pola) może być tylko słuszna lokalnie. Pais ([3], s. 206) zgrabnie komentuje praskie artykuły: Einstein „nie miał jeszcze teorii grawitacji. Ale nauczył się wiele fizyki”.

#### 4. Współpraca z Grossmannem

Twórca niepokój Einsteina, po pewnym złagodzeniu, wynikającym z chwilowego przyłgnięcia do nowych idei, odżywał ze wzmożoną siłą i nie pozwalał mu spocząć na laurach. A nowe idee były doniosłe. W ostatnim okresie swojego pobytu w Pradze Einstein już wiedział, że teoria, której poszukiwał, musi opierać się na innej niż euklidesowa geometrii. Ta myśl przykuła jego uwagę. Zaczął rozglądać się za nowymi narzędziami geometrycznymi. Przypomniał sobie wykłady profesora Carla Friedricha Geisera, których słuchał podczas swoich studiów w Zurychu, na temat teorii powierzchni Gaussa i postanowił szukać w tym kierunku.

Tymczasem Einstein wraz z rodziną przeniósł się z powrotem do Zurychu i spotkał tam swojego dawnego przyjaciela, Marcela Grossmanna. Grossmann był zdolnym matematykiem, interesował się geometriami nieeuklidesowymi, ale przed spotkaniem Einsteina nigdy nie zajmował się geometrią różniczkową. Gdy Einstein przedstawił mu swoje trudności, Grossmann — po spędzeniu jednego dnia w bibliotece — stwierdził, że ich rozwiązanie może znajdować się w pracach Riemanna, Ricciego i Levi-Civity. Grossmann zauważył, że przeciw temu przemawiałby tylko fakt, iż — jak powiedział — „równania geometrii Riemanna są nieliniowe”<sup>3</sup>. Ale to właśnie wydało się Einsteinowi okolicznością sprzyjającą: już ze swoich praskich rozważań wiedział on, że pole grawitacyjne jest źródłem samego siebie (por. [3], s. 213).

Rozpoczął się okres współpracy Einsteina z Grossmannem. Ten ostatni nie przyjął na siebie odpowiedzialności za fizyczną stronę wspólnych prac, ale okazał się bardzo cennym współpracownikiem w przygotowywaniu matematycznych metod, które właśnie były potrzebne. Wkrótce potem Einstein napisał do Sommerfelda: „...nabrałem wielkiego respektu dla matematyki. W moim umysłowym prostactwie tę subtelniejszą jej część uważałem dotychczas za czysty luksus” ([3], s. 216). Wynikiem współpracy Einsteina z Grossmannem był obszerny artykuł zatytułowany „Projekt uogólnionej teorii względności i teorii grawitacji” [13]. Przyjrzyjmy się nieco dokładniej tej ważnej pracy.

Praca jest dokładnie tym, co zapowiada w tytule — projektem nowej teorii grawitacji, która byłaby równocześnie uogólnieniem teorii względności z 1905 r. Sformułowanie tego projektu było niewątpliwie punktem przełomowym. Teraz stało się jasne, że wszystkie dotychczasowe wysiłki były tylko poszukiwaniem — często intuicyjnie i po omacku — nowych idei i próbami układania ich we fragmenty większej całości. Teraz wszystko nagle „zaskoczyło” na swoje miejsce. Już było wiadomo, jaka będzie całość, chociaż

---

<sup>3</sup> Prawdopodobnie Grossmann miał na myśli równania pola grawitacyjnego, których poszukiwał Einstein, a które byłyby skonstruowane w oparciu o geometrię Riemanna.

nie zawsze jeszcze wiadomo, przy pomocy jakich narzędzi tę całość skonstruować. Dalszy ciąg wielkiej przygody będzie już tylko drogą — prawdą, pełną dramatycznych pomyłek i kroków wstecz — ale drogą, która wiadomo dokąd ma zaprowadzić.

Artykuł Einsteina i Grossmanna składa się z dwu, wyraźnie od siebie oddzielonych części: fizycznej i matematycznej (w takiej kolejności). Właściwy projekt nowej teorii znajduje się w pierwszej części (napisanej oczywiście przez Einsteina). Druga część (Grossmanna) zawiera wykład rachunku tensorowego i matematyczne uzupełnienia do części pierwszej, w której Einstein z dużą wirtuozerią posługiwał się aparatem matematycznym wyłożonym w części drugiej. Niestety, notacja stosowana przez obu autorów nie jest najlepsza (wszystkie wskaźniki tensorowe są pisane u dołu, co utrudnia odróżnienie składowych kowariantnych i kontrawariantnych). Dopiero potem Einstein wprowadzi kilka powszechnie dziś stosowanych uproszczeń notacyjnych (między innymi znaną umowę sumowania). Odnosi się wrażenie jakby obaj autorzy byli zbyt „samodzielni”. Gdyby staranniej zapoznali się z literaturą matematyczną, oszczędziłoby to Einsteinowi wielu trudnych poszukiwań i być może ogólna teoria względności powstałaby dwa lata wcześniej niż to rzeczywiście nastąpiło.

Spróbujmy zrekonstruować, w dzisiejszej terminologii, „projekt” nowej teorii grawitacji ([7], s. 139 i nast.). A więc po pierwsze, czasoprzestrzeń jest czterowymiarową mnogością z metryką Lorentza  $g_{\mu\nu}$  o sygnaturze  $(+, -, -, -)$ ; dokładniejsze określenie tej metryki winno być dziełem doświadczenia. Po drugie, składowe metryki mają także interpretację fizyczną: są potencjałami pola grawitacyjnego. Po trzecie, można zawsze wybrać taki układ współrzędnych, w których metryka Lorentza staje się lokalnie metryką Minkowskiego; fizycznie oznacza to, że lokalnie można zawsze wyeliminować pole grawitacyjne przez odpowiedni wybór układu odniesienia, a co za tym idzie: po czwarte, ruch swobodnie spadających cząstek (o niezerowej masie spoczynkowej) w polu grawitacyjnym reprezentują czasopodobne geodetyki (a ruch fotonów zerowe geodetyki). Po piąte, składowe tensora metrycznego winny „być zdeterminowane” przez rozkład energii i pędów w czasoprzestrzeni, czyli równania pola grawitacyjnego winny mieć postać:

$$\kappa\theta_{\mu\nu} = \Gamma_{\mu\nu}$$

(notacja z 1913 r.), gdzie  $\kappa$  jest stałą,  $\theta_{\mu\nu}$  — tensorem energii-pędu, a  $\Gamma_{\mu\nu}$  — „kontrawariantnym tensorem drugiego rzędu, zbudowanym z pochodnych fundamentalnego tensora  $g_{\mu\nu}$ ”. „Dalsza droga” Einsteina będzie polegać na znalezieniu właściwych równań o tej postaci. Wprawdzie w swojej części artykułu Grossmann zauważył, że tensor Ricciego (zweżony tensor krzywizny Riemanna) „mógłby wejść do tych równań”, ale obaj autorzy doszli do wniosku, że... niestety, nie spełnia on wymagań stawianych przez przyszłą teorię grawitacji. Jeżeli mianowicie przyjąć, że równania pola mają być równaniami różniczkowymi drugiego rzędu względem pochodnych składowych tensora metrycznego  $g_{\mu\nu}$ , to — jak twierdzą Einstein i Grossmann — nie ma takiego tensora (względem dowolnych przekształceń współrzędnych), który mógłby być całkowicie zdeterminowany przez rozkład energii-pędów w czasoprzestrzeni. Z założenia, że równania powinny być drugiego rzędu względem pochodnych składowych tensora metrycznego, nie można zrezygnować, bo nie otrzyma się, w przejściu granicznym do słabych pól, równania Poissona

newtonowskiej teorii grawitacji. A zatem — niestety! — trzeba zacieśnić się do poszukiwań odpowiedniego tensora (kandydata na prawą stronę zaproponowanych równań pola) względem węższej klasy przekształceń współrzędnych. Jaka to ma być klasa? Tymczasem nie wiadomo, ale na pewno klasa ta musi zawierać liniowe przekształcenia współrzędnych. Na razie więc Einstein zadowolona się równaniami pola niezmienniczymi względem liniowych przekształceń współrzędnych i uspokaja się stwierdzeniem, że, aczkolwiek z fizycznego punktu widzenia sytuacja nie jest zadowalająca, to przynajmniej matematycznie znalezione równania pola wydają się być wyróżnione.

Warto przy okazji przyrzeć się sposobowi rozumowania Einsteina. Po raz pierwszy operuje on nowym dla siebie aparatem matematycznym. Robi to kunsztownie. Szybko opanował wymagany warsztat, ale „technika” nie wypiera rozumowania. Czytając część Einsteina, czuje się, jaką fascynacją jest dla niego rozumienie nowego świata geometrii. Przy czym Einstein nigdy nie traci z oczu sensu fizycznego. Matematyka, choćby bardzo piękna, jest dla niego tylko nośnikiem tego sensu. Zasada równoważności i uzasadniająca ją równość masy bezwładnej i ciężkiej są dla niego głównym przewodnikiem. Przejścia graniczne do szczególnej teorii względności i teorii Newtona odgrywają także ważną rolę. Einstein myśli równolegle: czasopodobne lub zerowe geodetyki są dla niego krzywymi w przestrzeni Riemanna, ale także historiami swobodnych cząstek (odpowiednio o różnej od zera i zerowej masie spoczynkowej) w polu grawitacyjnym. Formuły geometryczne zostają natychmiast przetłumaczone na fizykę, lecz również fizyczna interpretacja dyktuje wybór odpowiednich formuł. A mimo to pomyłka, tragiczne nieporozumienie co do możliwości znalezienia odpowiedniego wyrażenia, które byłoby tensorem względem dowolnych przekształceń współrzędnych. Na czym polegał błąd Einsteina i Grossmanna?

Dziś jest to sprawa podręcznikowa (ale nadal stanowiąca poważną trudność dla początkujących adeptów teorii względności). Einstein i Grossmann nie wiedzieli o tożsamościach Bianchiego i o tym, że spośród dziesięciu składowych zaproponowanych przez nich równań pola tylko sześć może zawierać treść fizyczną, a cztery odzwierciedlają jedynie swobodę wyboru układu współrzędnych i mogą być w zasadzie dowolnie wybrane. Nic dziwnego, że Einstein i Grossmann „wykazali”, iż składowe tensora metrycznego (czyli potencjały grawitacyjne) nie mogą „być zdeterminowane” przez równania, bo istotnie nie mogą: cztery składowe można przecież wybrać dowolnie. Tkwi w tym pewien paradoks: „Niedodeterminowanie” równań wynika z ich niezmienniczości (niezależności od wyboru układu współrzędnych). Einstein poszukiwał równań niezmienniczych, a gdy je znalazł, to odrzucił, właśnie dlatego (oczywiście nie wiedząc o tym), że posiadały własność, która jest następstwem niezmienniczości.

Dalszy ciąg poszukiwań Einsteina — bo względny sukces artykułu z Grossmannem dał mu zadowolenie na krótko — będzie polegał w gruncie rzeczy tylko na tym, by zrozumieć błąd popełniony w 1913 r. Już w sierpniu tegoż roku Einstein pisał w liście do Lorentza: „cała wiara w teorię opiera się na przekonaniu, że przyspieszenie układu odniesienia jest równoważne pewnemu polu grawitacyjnemu. Dlatego też, jeżeli równania teorii nie dopuszczają innych przekształceń jak tylko liniowe, teoria jest sprzeczna ze swoim punktem wyjścia i wszystko wisi w powietrzu.” ([3], s. 228).

## 5. Teorie grawitacji przed rokiem 1915

Prace Einsteina zwróciły uwagę na potrzebę nowej teorii grawitacji. W tym okresie powstało kilka takich teorii. Do najczęściej wymienianych należą (obszerniej por. [7], ss. 139-143):

1) Teoria grawitacji stworzona przez Maxa Abrahama. Potencjał pola grawitacyjnego jest skalarem; prędkość światła zależy od niego. Prawa przyrody wyraża się równaniami w pewnych wyróżnionych układach współrzędnych. Abraham początkowo utrzymywał, że wyróżnione przez niego układy współrzędnych są „w infinitymalnie małych obszarach” powiązane przekształceniami Lorentza, a gdy Einstein wykazał mu matematyczną niekonsekwencję, zaproponował drugą wersję teorii, w której — jak twierdził — „nie chciał wdawać się w dyskusje na temat zagadnienia czasoprzestrzeni”.

2) Teoria grawitacji stworzona przez Gunnara Nordströma. Jest to również skalarna teoria grawitacji, w której jednak prędkość światła pozostaje stałą kosztem potraktowania masy jako funkcji potencjału skalarnego.

3) Teoria grawitacji zaproponowana przez Gustawa Mie. Była ona częścią obszerniejszego systemu, zwanego przez niego teorią materii. Potencjał pola grawitacyjnego jest również skalarem, stałość prędkości światła pozostaje zachowana.

Krytyce teorii Abrahama Einstein poświęcił krótki artykuł [14]. Gdy Abraham zareagował obszerną pracą, Einstein zamieścił w *Annalen der Physik* [15] następującą notkę: „Ponieważ każdy z nas wyłożył dostatecznie jasno swój punkt widzenia, nie uważam za stosowne ponownie odpowiadać na artykuł Abrahama. Proszę tylko czytelnika, żeby nie przyjął on mojego milczenia za zgodę.”

23 września 1913 r. na spotkaniu Towarzystwa Niemieckich Przyrodników w Wiedniu, Einstein wygłosił referat „O współczesnym stanie teorii grawitacji” [16]. Nie licząc krótkiego passusu na temat teorii Abrahama, Einstein poświęcił swoje wystąpienie teorii Nordströma. Po przeprowadzeniu jej dokładnej analizy, mówca doszedł do wniosku, że jest to logicznie spójna i matematycznie poprawna teoria grawitacji. W ostatnich zdaniach referatu Einstein zauważył, że testem rozstrzygającym pomiędzy teorią Nordströma i jego własną może być pomiar ugięcia promieni świetlnych, przechodzących w pobliżu Słońca, podczas jego zaćmienia, przewidywanego na rok 1914 (jak wiadomo, obserwacje te wykonano dopiero w r. 1919; potwierdziły one teorię Einsteina, nie Nordströma).

Gdy w czasie dyskusji Gustaw Mie zapytał, dlaczego mówca pominął milczeniem jego teorię grawitacji, Einstein odpowiedział, że interesują go tylko te teorie, które spełniają zasadę równoważności, a teoria Gustawa Mie do takich nie należy.

Einstein wkrótce jeszcze raz powrócił do teorii Nordströma. Właśnie Lorentz przysłał swojego doktoranta, Adriana Daniela Fokkera, do Zurychu, by pracował pod kierunkiem Einsteina. Współpraca trwała tylko jeden semestr. Jej wynikiem był artykuł „Teoria grawitacji Nordströma z punktu widzenia absolutnego rachunku różniczkowego” [17]. Autorzy wykazali, że równania pola Nordströma są szczególnym przypadkiem, wynikającym z teorii Einsteina-Grossmanna z 1913 r., gdy zostanie ona uzupełniona założeniem o stałości prędkości światła. Na uwagę zasługuje fakt, że autorzy posłużyli się — po raz pierwszy! — ogólnie kowariantną metodą. Niestety, ich wnioski dotyczyły tylko szcze-

gólnego przypadku teorii Nordströma. W zakończeniu artykułu czytamy: „rola, jaką w niniejszych badaniach odgrywa różniczkowy tensor Riemanna–Christoffela, sugeruje, że można by było także znaleźć sposób wyprowadzenia grawitacyjnych równań Einsteina–Grossmanna, niezależny od fizycznych założeń. Dowód istnienia lub nieistnienia takiego związku oznaczałby wyraźny postęp”. Ostatnie zdanie zostało zaopatrzone w przypis: „Dowód nieistnienia tego rodzaju związku, zawarty w § 4 «Projektu uogólnionej teorii grawitacji», po przeprowadzeniu dokładniejszej analizy, okazuje się niesłuszny.” Ale droga do dalszych poszukiwań nie została jeszcze całkiem przetarta. Pozostały jeszcze inne „argumenty” Einsteina przeciwko ogólnej kowariantności.

## 6. Dalsze próby

Tymczasem w życiu Einsteina zaszła nowa zmiana. Przeniósł się do Berlina, gdzie zaproponowano mu członkostwo Pruskiej Akademii Nauk. Była to atrakcyjna propozycja, gdyż jako członek Akademii Einstein był zwolniony od obowiązku prowadzenia zajęć dydaktycznych (choć, gdyby zechciał, mógłby je prowadzić). Einstein skorzystał z tego przywileju, by całkowicie oddać się pracy naukowej.

Okres ten otwiera obszerna praca opublikowana w Aktach Pruskiej Akademii Nauk [18]. Jest to niejako podsumowanie wszystkich dotychczasowych poszukiwań zmierzających do nowej teorii grawitacji. Duża część artykułu jest poświęcona wykładowi rachunku tensorowego. Einstein sprawia wrażenie zafascynowanego świeżością nowego narzędzia i chce je udostępnić czytelnikom. Po raz pierwszy Einstein wyprowadza równanie geodezyjnej jako równanie ruchu cząstki punktowej, wprowadza także obiekt, zwany dziś pseudotensorem energii pola grawitacyjnego (nazywamy go dziś pseudotensorem, gdyż jest tensorem tylko względem liniowych przekształceń współrzędnych). W pracy tej nie ma postępu w sprawie równań pola.

Na artykuł Einsteina zareagował Levi-Civita, zwracając listownie Einsteinowi uwagę na kilka technicznych błędów w manipulowaniu tensorami. W odpowiedzi Einstein wyraził zadowolenie, że wreszcie ktoś fachowy zainteresował się jego pracami (por. [3], s. 244). Ale z wymiany listów nie wynikła żadna dalsza współpraca.

Wkrótce potem Einstein jeszcze raz opublikował artykuł z Grossmannem [19], w którym obaj autorzy usiłowali rozszerzyć klasę przekształceń, względem jakich równania pola mogłyby być kowariantne. Starali się oni mianowicie pokazać, że ich równania są kowariantne względem wszystkich przekształceń współrzędnych, na które zezwala warunek, żądający, by tensor metryczny był całkowicie określony przez równania pola. Tak rozszerzona klasa przekształceń zawiera również przekształcenia nieliniowe. W ten sposób teoria Einsteina–Grossmanna zyskała na ogólności, ale straciła na pogładowości. Nie miała tego, co potem Einstein nazwie *inner perfection*.

## 7. Coda: cztery kolejne czwartki

Na początku 1915 r. Einstein napisał tylko jeden artykuł przeglądowy na temat szczególnej i ogólnej teorii względności [20] oraz kilka prac na inne tematy, a także z Wanderem Johannesem de Haasem wykonał pracę doświadczalną, związaną ze zjawiskami magnetyzmu. Było to niejako nabranie oddechu do wielkiego skoku.

Na przełomie czerwca i lipca 1915 r. Einstein spędził tydzień w Getyndze, gdzie wygłosił sześć dwugodzinnych wykładów na temat swoich poszukiwań nowej teorii grawitacji. Wśród jego słuchaczy byli Dawid Hilbert i Feliks Klein. Obydwom Einstein zdołał udzielić czegoś ze swego zapału i przekonania o ważności zagadnienia. Szczególnie zbliżył się do Hilberta, z którym w ciągu następných miesięcy często wymieniał listy, komunikując mu swoje bieżące osiągnięcia.

Miesiące pomiędzy wizytą w Getyndze a jesienią tegoż roku Pais nazywa okresem kryzysu. Prawdopodobnie już na początku tego okresu Einstein wiedział, że jego poprzednie prace opierały się na błędzie. Stworzona w nich teoria grawitacji nie jest właściwą teorią (argument za tym, że teorii nie tworzy się lecz odkrywa!). Ale czym zastąpić błędny postulat kowariantności równań względem zawężonej klasy przekształceń?

Ostatnie dni października i cały listopad były okresem przesilenia.

W czwartek, 4 listopada, na plenarnej sesji Pruskiej Akademii Nauk Einstein przedstawił nową wersję teorii grawitacji [21]. Na wstępie stwierdził, że wszystkie jego argumenty przeciwko ogólnej kowariantności były fałszywe. „...straciłem wiarę — mówił Einstein — w uzyskane przeze mnie równania pola i zacząłem szukać drogi, która by istotnie ograniczyła wszystkie możliwości. Powróciłem więc do żądania ogólnej kowariantności równań pola, z której zrezygnowałem z ciężkim sercem, wówczas gdy pracowałem z moim przyjaciелеm Grossmannem.” Mimo tego stwierdzenia Einstein ma nadal kłopoty z ogólną kowariantnością. Radzi sobie z nimi zawężając rozważania do klasy przekształceń unimodularnych (tzn. o wyznaczniku równym jedności). Patrząc z dzisiejszej perspektywy, założenie Einsteina rozumiemy bardziej jako matematyczne uproszczenie niż ograniczenie fizyczne (uproszczenie jest znaczne, m. in. przy takim założeniu znika różnica pomiędzy tensorami a gęstościami tensorowymi). Równania pola zaproponowane teraz przez Einsteina mają postać

$$R_{\mu\nu} = -\kappa T_{\mu\nu},$$

ale  $R_{\mu\nu}$  nie jest tu tensorem Ricciego, lecz częścią tensora Ricciego  $G_{\mu\nu}$  (oznaczenie Einsteina), który w klasie przekształceń unimodularnych rozkłada się w następujący sposób:

$$G_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} + S_{\mu\nu},$$

przy czym  $R_{\mu\nu}$  i  $S_{\mu\nu}$ , oddzielnie wzięte, są także tensorami względem tej klasy przekształceń<sup>4</sup>. Motywem wyboru tego równania jest fakt, że wynika z niego przybliżenie newtonowskie dla słabych pól grawitacyjnych. Nowe podejście stanowi duże uogólnienie w stosunku do poprzednich prac (przekształcenia unimodularne zawierają między innymi obroty ze zmienną prędkością kątową).

W następnym czwartek (czwartki były dniami posiedzeń Akademii), 11 listopada, Einstein

<sup>4</sup> Oto definicje tych tensorów, podane przez Einsteina:

$$R_{\mu\nu} = -\frac{\partial \Gamma_{\mu\nu}^{\lambda}}{\partial x^{\lambda}} + \Gamma_{\mu\lambda}^{\alpha} \Gamma_{\nu\alpha}^{\lambda},$$

$$S_{\mu\nu} = \frac{\partial \Gamma_{\lambda\mu}^{\lambda}}{\partial x^{\nu}} - \Gamma_{\mu\nu}^{\alpha} \Gamma_{\lambda\alpha}^{\lambda}.$$

przedstawił uzupełnienie do swojego poprzedniego komunikatu (nawet numeracja wzorów jest dalszym ciągiem numeracji z poprzedniej pracy) [22]. Rzecz zaskakująca, Einstein nakłada nowy warunek na równania pola. Tym razem żąda on spełnienia związku  $\sqrt{-g} = 1$ . Pociąga to za sobą zerowanie się śladu tensora energii-pędu <sup>5</sup>, co Einstein motywuje dość mętnym wywodem, dotyczącym budowy materii i jej elektromagnetycznych własności (jak wiadomo, ślad tensora energii-pędu dla pola elektromagnetycznego jest równy zeru). Matematycznym uzasadnieniem warunku  $\sqrt{-g} = 1$  jest dla Einsteina fakt, że warunek ten pociąga za sobą znikanie części  $S_{\mu\nu}$  tensora Ricciego <sup>6</sup>; a zatem równania pola przybierają teraz postać

$$R_{\mu\nu} = -\kappa T_{\mu\nu},$$

gdzie  $R_{\mu\nu}$  jest już po prostu tensorem Ricciego. Ceną za tę matematyczną elegancję jest warunek  $\sqrt{-g} = 1$ , a więc zamiast oczekiwanego uogólnienia mamy zawężenie; ściśle rzecz biorąc — krok wstecz w porównaniu z poprzednią pracą.

Następny czwartek, 18 listopada: kolejny komunikat Einsteina [23]. Dotyczy on obserwacyjnych konsekwencji nowej teorii. Posługując się równaniami z poprzedniej pracy, Einstein wyliczył przewidywania teoretyczne dotyczące ruchu peryhelionowego Merkurego, Wenus, Ziemi i Marsa. Zwłaszcza przewidywania dotyczące Merkurego mają wielkie znaczenie jako test nowej teorii. Anomalie ruchu Merkurego znane były od czasów Urbaina La Verriera, który doniósł o nich już w 1859 r. Einstein powołuje się na dane, pochodzące od Simona Newcomba i wynoszące  $(45 \pm 5)''$  na stulecie. Teoria Einsteina dała wynik  $43,03''$  na stulecie (obecne dane wynoszą  $(43,11 \pm 0,45)''$  na stulecie ([24], s. 198).

Z dawniejszych wersji swojej teorii Einstein wyliczył, że promień światła, przechodząc w pobliżu Słońca, powinien odchylić się o  $0,85''$ ; obecna wersja teorii dała wartość dwukrotnie większą, a mianowicie  $1,7''$  (dwie brytyjskie wyprawy w 1919 r. otrzymały wyniki:  $(1,98 \pm 0,16)''$  i  $(1,61 \pm 0,40)''$  [25]).

Należy podkreślić, że oba efekty Einstein wyliczył z równań pola podanych tydzień przedtem, przy założeniu, że tensor energii-pędu równa się zeru. Równania pola w takim przypadku redukują się do:  $R_{\mu\nu} = 0$ , a — jak wiadomo — jest to poprawna postać równań pola dla pustej czasoprzestrzeni. 18 listopada Einstein już wiedział, że warunki nakładane uprzednio na równania pola można traktować „roboczo”: jako wybór wygodnego układu odniesienia, który nie ma nic wspólnego z ograniczaniem ogólnej kowariantności równań.

Stwierdzenie zgodności przewidywań teorii i danych obserwacyjnych dla ruchu Mer-

<sup>5</sup> Wynika to ze związku, udowodnionego przez Einsteina w poprzedniej pracy, a więc dla przekształceń unimodularnych

$$\frac{\partial}{\partial x^\alpha} \left( g^{\alpha\beta} \frac{\partial \ln \sqrt{-g}}{\partial x^\beta} \right) = -\kappa T,$$

gdzie  $T$  jest śladem tensora energii-pędu.

<sup>6</sup> Co widać natychmiast, gdy w definicji tensora  $S_{\mu\nu}$  uwzględnimy związek

$$\Gamma_{\lambda\mu}^\lambda = \frac{\partial \ln \sqrt{-g}}{\partial x^\mu}.$$



kurego było dla Einsteina wstrząsającym przeżyciem. Pais pisze: „Odkrycie to, jak sądzę, stanowiło ze wszech miar najsilniejsze emocjonalne przeżycie w całym naukowym życiu Einsteina. Przyroda przemówiła do niego.” ([3], s. 253). Potem sam Einstein przyznał się de Haasowi, że gdy zobaczył, iż wyniki rachunków zgadzają się z obserwacjami, coś jakby zerwało się w nim, a Fokkerowi powiedział, że doznał wtedy palpacji serca (por. [3], tamże).

Kolejny czwartek, 25 listopada. To już jest ostatni akord. Einstein [26] zauważa, że dla pustej czasoprzestrzeni równania pola mają postać

$$R_{\mu\nu} = 0,$$

a więc rozważania z poprzedniego komunikatu, dotyczące ruchu peryhelium Merkurego, pozostają w mocy. Różnica w stosunku do poprzedniej pracy polega na odmiennym wprowadzeniu tensora energii-pędu (Einstein nazywa go tensorem „energii «materii»”). Nowe równania pola z materią mają postać

$$R_{\mu\nu} = -\kappa(T_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}T).$$

Warunek  $\sqrt{-g} = 1$  można traktować jako wynikający z wyboru wygodnego układu odniesienia.

Jako dodatkowe ograniczenie na tensor energii-pędu Einstein nakłada warunek znikania jego dywergencji ( $T^{\mu\nu}_{;\nu} = 0$ ), co odpowiada lokalnym prawom zachowania, nie zdając sobie jeszcze sprawy z tego, że warunek ten automatycznie wynika z jego nowych równań pola (Einstein jeszcze ciągle nie wie o tożsamościach Bianchiego).

Niepokój twórczy Einsteina uspokoił się. Teoria osiągnęła *inner perfection* — znak, że ma już ostateczną postać. W zakończeniu komunikatu Einstein pisał: „Tym samym, wreszcie, zakończona została konstrukcja ogólnej teorii względności jako logicznej struktury. Postulat względności, w jego najogólniejszej postaci, która pozbawia czasoprzestrzenne współrzędne fizycznego sensu, z żelazną koniecznością prowadzi do w pełni określonej teorii grawitacji, wyjaśniającej ruch peryhelium Merkurego.”

Znalezienie równań pola nie zamknęło historii ogólnej teorii względności, lecz ją otworzyło. Równania pola dopiero rozpoczęły swoje niezależne istnienie. Cała dalsza historia to odczytywanie informacji zawartych w równaniach Einsteina.

## 8. Einstein i Hilbert

Pięć dni przed ostatecznym komunikatem Einsteina Dawid Hilbert przedstawił Towarzystwu Naukowemu w Getyndze artykuł pod ambitnym tytułem „Die Grundlagen der Physik” [27], w którym uzyskał, przy pomocy zasady wariacyjnej, równania pola identyczne z einsteinowskimi. Nie ulega wątpliwości, że motywem podjęcia tego tematu przez Hilberta były wykłady Einsteina w Getyndze kilka miesięcy przedtem.

Rzucmy okiem na artykuł Hilberta. Już wcześniej Lorentz i sam Einstein stosowali zasadę wariacyjną do teorii grawitacji, ale dopiero teraz Hilbert zrobił to poprawnie. Zasada wariacyjna w ujęciu Hilberta ma postać

$$\delta \int \left( L - \frac{1}{2\kappa} R \right) \sqrt{-g} d^4x = 0,$$

gdzie  $R$  jest skalarem Riemanna, a  $L$  lagranżjanem dla materii. Należy dokonać wariacji metryki przy jej ustaleniu na brzegach obszaru całkowania. Wykonanie tego zabiegu prowadzi do równań pola identycznych z równaniami, otrzymanymi przez Einsteina na innej drodze.

Dobra teoria fizyczna to nie tylko poprawne równania ale również ich interpretacja. I pod tym względem Hilbert nie dorównał Einsteinowi. Wyprowadzone przez siebie równania łączył on zarówno z teorią grawitacji Einsteina, jak i z teorią materii Gustawa Mie, dlatego też sądził, że jego równania mogą dać „podstawy dla całej fizyki”, łącznie z rozwiązaniem problemu atomowej struktury materii. Warstwa interpretacyjnego komentarza Hilberta do otrzymanych równań ma dziś już tylko znaczenie historyczne.

Hilbert również nie znał identyczności Bianchiego. Spowodowało to jego mylną interpretację czterech spośród równań pola jako opisujących oddziaływania elektromagnetyczne. W r. 1917 Hilbert napisał uzupełnienie do swojego poprzedniego artykułu [28], ale dopiero w 1924 r. poprawił ten błąd, a także inne swoje wcześniejsze błędy [29].

Powstaje niepokojące pytanie: czy prace Hilberta i Einsteina powstawały zupełnie niezależnie od siebie? Od czasów wykładów Einsteina w Getyndze obaj uczeni pozostawali ze sobą w kontakcie. Pamiętnego listopada 1915 r. Einstein nie pisał do nikogo z wyjątkiem Hilberta. Listy pomiędzy Berlinem a Getyną krążyły co kilka dni. Ich autorzy informowali się nawzajem o poczynionych postępach. Einstein przesyłał Hilbertowi odbitki swoich ostatnich prac. W liście datowanym 18 listopada Einstein potwierdza odbiór kopii pracy Hilberta i pisze, że wyniki tam zawarte zgadzają się dokładnie z jego własnymi rezultatami, przedstawionymi Akademii. Korespondencja urywa się na liście Hilberta, zawierającym gratulacje z powodu wyjaśnienia anomalii w ruchu Merkurego ([3], ss. 259-260).

Pais przypuszcza, że obaj uczeni doszli do równań pola niezależnie od siebie. Świadczą o tym różne drogi, jakie obrali i bardzo prawdopodobny fakt (przynajmniej gdy idzie o Einsteina), że, pochłonięci swoimi rachunkami, nie mieli czasu i warunków psychicznych, by głęboko wnikać w trudne rachunki korespondenta ([3], s. 260). Jedno nie ulega wątpliwości: twórcą ogólnej teorii względności jest Einstein, nie Hilbert. Cały program zmierzający do równań pola był wyłącznym dziełem Einsteina; jemu też nauka zawdzięcza właściwą interpretację równań pola. Historycy nauki przypuszczają, że bez Einsteina szczególna teoria względności i tak powstałaby prędzej czy później. Teorii tej niejako domagała się logika rozwoju fizyki. Podobna sytuacja wystąpiła w stosunku do mechaniki kwantowej. Natomiast wszystko wskazuje na to, że gdyby nie Einstein, fizyka dwudziestego wieku byłaby uboższa o jedną ze swoich najpiękniejszych teorii — o ogólną teorię względności.

Ale jakiś osad na stosunkach pomiędzy Hilbertem i Einsteinem pozostał. 20 grudnia 1915 r. Einstein pisał do Hilberta: „Znowu myślę o Panu z pozbawioną oporów przyznaną i proszę, by Pan czynił to samo w stosunku do mnie. Byłoby czymś bardzo przykrym, gdyby dwaj towarzysze, którzy do pewnego stopnia wyzwolili się od tego nieszczęsnego świata, nie cieszyli się sobą nawzajem.” (cyt. za [3], ss. 260-261).

Fakt równoczesnego — z dokładnością do pięciu dni (!) — odkrycia równań pola przez Einsteina i Hilberta pozostaje czymś fascynującym. Nic dziwnego, że doczekał się on obszernego studium. Jagdish Mehra w pracy zatytułowanej *Einstein, Hilbert i teoria*

*grawitacji* [30] znacznie bardziej dowartościowuje zasługi Hilberta w powstaniu i późniejszym rozwoju ogólnej teorii względności niż czyni to Pais. Głęboka znajomość matematyki i aksjomatyczne podejście do zagadnienia sprawiły, że Hilbert od samego początku nie miał poważniejszych kłopotów z ogólną kowariantnością równań. Ale te same racje stały się pułapką, gdy idzie o fizyczną interpretację teorii. Zbyt pospieszne uogólnienie i jego usankcjonowanie dekretem w postaci odpowiednich aksjomatów związały formalizm Hilberta nie tylko z teorią grawitacji, ale także z teorią elektromagnetyzmu i materii zaproponowaną przez Gustawa Mie. Wielki matematyk sądził, że udało mu się w ten sposób — jakbyśmy dziś powiedzieli — zunifikować fizykę.

Einstein od początku był sceptyczny w stosunku do interpretacji Hilberta, choć nigdy nie negował jego osiągnięć. W liście do Hermanna Weyla, datowanym 23 listopada 1916 r. Einstein trafnie ocenił pracę Hilberta: „...nie można zgodzić się na mieszanie dobrze uzasadnionych rozważań, opartych na postulacie ogólnej względności, i pozbawionych podstaw, ryzykownych hipotez dotyczących struktury elektronu (i materii w ogóle). Pierwszy przyznaje, że odkrycie właściwej hipotezy, która by wyjaśniała strukturę elektronu, jest jednym z najważniejszych zadań współczesnej teorii. Ale «metoda aksjomatyczna» nie znajdzie tu zastosowania.” (cyt. za [30], s. 54).

Wyprowadzenie równań pola grawitacyjnego z zasady wariacyjnej było ważnym osiągnięciem Hilberta. Einstein wrócił do tego zagadnienia w swoim wystąpieniu przed Pruską Akademią Nauk w dniu 26 października 1916 r. [31]. Oddawszy na wstępie sprawiedliwość zasługom Hilberta i Lorentza, „uwolnił” on wyprowadzenie równań pola grawitacyjnego z zasady wariacyjnej od jakichkolwiek skojarzeń z teorią budowy materii.

Ale w zbyt pospiesznym dążeniu Hilberta do fizycznej „teorii wszystkiego” kryje się pewna wielkość. Dostrzegł ją Mehra. Jak widzieliśmy, w okresie bezpośrednio po stworzeniu ogólnej teorii względności Einstein był zdecydowanie przeciwko unifikowaniu grawitacji z elektromagnetyzmem (i z fundamentalną teorią materii), ale kilka lat potem nie kto inny lecz Einstein stał się gorącym zwolennikiem tej idei. To, co potępił u Hilberta, a mianowicie dążenie do przedwczesnej syntezy, uczynił pasją reszty swego życia. Do tego tematu z pewnością warto by kiedyś powrócić.

## 9. Filozoficzna droga Einsteina

Ogólna teoria względności przeobraziła fizykę dwudziestego wieku. Wprawdzie z początku była czymś w rodzaju luksusu dla niewielkiej grupy koneserów, ale z czasem miała wydać z siebie kilka nowych działów fizyki (kosmologię, astrofizykę relatywistyczną, metody unifikacyjne) i stała się nowym stylem myślenia. Ale wielkie odkrycia zawsze przeobrażają również twórców, są ich życiowym doświadczeniem, poprzez które — chcąc nie chcąc — muszą potem patrzeć na świat i na siebie. Tak było i w przypadku Einsteina. Z jego biografii dobrze wiadomo, że praca naukowa dostarczała mu głębokich przeżyć, których nie wahał się nazywać przeżyciami religijnymi (por. [32], ss. 111-118; [33], ss. 115-121). Wszystko wskazuje na to, że ostatni etap pracy nad stworzeniem ogólnej teorii względności należał do najmocniejszych doświadczeń tego typu w jego życiu.

Mniej znanym faktem jego życiorysu jest to, że praca nad ogólną teorią względności spowodowała także jedną z większych przemian, jaka dokonała się kiedykolwiek w poglądach Einsteina. Swoją naukową karierę Einstein rozpoczynał jako gorliwy wyznawca filozofii nauki Ernesta Macha. Filozofia ta zataczała podówczas coraz szersze kręgi, by, w wydaniu neopozytywistycznym, stać się wkrótce poglądem dominującym. Filozofowie nauki wiele dyskutowali na temat „logiki odkrycia naukowego”, Einstein takiego odkrycia dokonał sam, znał jego anatomie niejako od wewnątrz. Z tym, że refleksja nad dokonaniem przychodzi zwykle nieco później po dokonaniu. Einstein jeszcze jakiś czas po r. 1915 wygłaszał (coraz słabsze w tonie) machowskie deklaracje, ale stopniowo dochodził do wniosku, że „naprawdę” fizykę „robi się” całkiem inaczej. Nie ukrywał, że to właśnie praca nad ogólną teorią względności otworzyła mu oczy. Wkrótce w swoich metodologicznych poglądach Einstein stał się odosobniony. Ale nawet w filozofii nauki racji nie przyznaje się większości głosów. Dopiero pod koniec lat sześćdziesiątych oficjalna filozofia nauki zaczęła odkrywać to, co Einstein wiedział już kilkadziesiąt lat przedtem. W końcowych partiach tego studium pragnę przyjrzeć się nieco bliżej ewolucji, jaka dokonała się w poglądach Einsteina pod wpływem odkrycia przez niego nowej teorii grawitacji.

W liście do Carla Seliga, noszącym datę 8 kwietnia 1952 r., Einstein pisał: „Mój przyjaciel Bosso zwrócił mi uwagę na *Mechanikę* Ernesta Macha ok. r. 1897, wtedy gdy byliśmy jeszcze studentami. Książka ta wywarła na mnie głębokie i trwałe wrażenie..., z powodu wyrażonego w niej stosunku do podstawowych pojęć i podstawowych praw fizyki.” (cyt. za [34], s. 241). „Głębokie i trwałe wrażenie”, o którym Einstein wspomina, polegało na przyjęciu przez niego za swoją filozofii fizyki Macha. Jaka to była filozofia?

Przede wszystkim na wskroś empirystyczna. Program Macha, którego urzeczywistnieniem miała stać się jego książka poświęcona mechanice [5], polegał na oczyszczeniu fizyki ze wszystkich „wtrętów”, jakie dostały się do niej ze źródeł innych niż doświadczenie. Nie tylko takie pojęcia jak absolutny czas czy absolutna przestrzeń zostały przez Macha skazane na banicję z mechaniki klasycznej, również pojęcie siły okazuje się w jego oczach „metafizyczną naleciałością”, gdyż w doświadczeniu nie mamy do czynienia z siłami, lecz tylko z przyspieszeniami jednych ciał względem drugich. Z radykalnym empiryzmem Mach łączył sensualizm, sprowadzający doświadczenie do doznań zmysłowych. „Ściśle mówiąc — czytamy w jego *Mechanice* — świat nie jest złożony z «rzeczy» jako ze swoich elementów, ale z barw, dźwięków, ciśnień, doznań przestrzeni i czasu; krótko mówiąc z tego wszystkiego, co zwykle nazywamy osobistymi doznaniem (*sensations*)” ([5], s. 579). Zadanie nauki sprowadza się do ekonomicznego opisu tego rodzaju doznań. Poprawna teoria fizyczna nie powinna niczego wносить od siebie, lecz tylko w maksymalnie oszczędnych środkach wyrazu zamknąć jak najwięcej danych doświadczenia. „Dlatego też samą naukę można uważać za pewnego rodzaju zagadnienie minimum, polegające na możliwie najpełniejszym przedstawieniu faktów przy możliwie najmniejszym wydatkowaniu myśli” ([5], s. 586; obszerniej por. [35]).

Filozofia ta, na przełomie stuleci, zyskała sobie znaczną popularność wśród fizyków. Do nielicznych wyjątków należał Max Planck, który poddał ją ostrej krytyce [36]. Planck, w przeciwieństwie do Macha, uważał, że główną cechą naukowego obrazu świata jest jego niezależność od doznań i myśli indywidualnych ludzi.

Wpływ filozofii Macha jest wyraźnie widoczny w logicznej kompozycji artykułu młodego Einsteina z 1905 r., w którym stworzył on szczególną teorię względności. Dokładna analiza pomiarów, a więc faktów stwierdzanych przez różnych obserwatorów, leży u podstaw całej teorii. Cała reszta jest zbliżona do „ekonomicznego opisu” postulowanego przez Macha (obszerniej por. [34], ss. 241-247). Chociaż z drugiej strony już w szczególnej teorii względności można dopatrzeć się załączków późniejszego odejścia od filozofii Macha. Dwa podstawowe postulaty: równouprawnienie wszystkich inercjalnych układów odniesienia (zasada względności) i stałość prędkości światła, spotykają się potem ze strony Macha z zarzutem dogmatyzmu. (Obszerniej na temat filozoficznych poglądów Einsteina około r. 1905 por. [37].)

Ciekawym dokumentem z nieco późniejszego okresu (1909-1913) jest korespondencja Einsteina z Machem. Einstein najwyraźniej szukał aprobaty swoich poglądów u autorytetu, jakim był dla niego Mach. I istotnie, początkowo Mach zdawał się przychylnie przyjmować idee Einsteina i chętnie przyznawał się do tego, że załączki niektórych z tych idei znajdowały się już w jego pismach. Z czasem stanowisko Macha stawało się nacechowane coraz większą rezerwą, ale nadal pozostawało uprzejme. Mach przesłał nawet Einsteinowi egzemplarz jednej ze swoich książek, prawdopodobnie *The Analysis of Sensations...* [38]. W ostatnim z zachowanych listów Einstein donosił o postępie w pracy nad teorią grawitacji i o tym, że pomiary zakrzywienia promieni świetlnych w czasie jednego z najbliższych zaćmień Słońca będą mogły potwierdzić wniosek, mający swe źródło w poglądach Macha: „ponieważ jest to konieczne następstwo tego, że bezwładność pochodzi z wzajemnego oddziaływania ciał, dokładnie w myśl Pańskiej krytyki doświadczenia Newtona z wiadrem” (cyt. za [34], s. 251).

Po latach, w roku 1921, wstrząsem dla Einsteina stanie się pośmiertne opublikowanie książki Macha *Zasady optyki fizycznej* [39]. W przedmowie do tego dzieła, napisanej jeszcze w 1913 r., Mach opowiedział się przeciw teorii względności i zaprotestował przeciwko dopatrywaniu się w nim samym jej prekursora. „Czuję się w obowiązku — pisał Mach — z taką mocą odrzucić tytuł poprzednika relatywistów, z jaką osobiście odrzucam doktrynę szkoły, czy raczej dzisiejszego kościoła, atomistów. Powodem, dla którego, i stopniem w jakim, odrzucam współczesną teorię względności jest to, że staje się ona coraz bardziej dogmatyczna...” (cyt. za [34], s. 255). Kilka miesięcy później, 6 kwietnia 1922 r. na konferencji w Paryżu, rozczarowany Einstein powie, że Mach był „dobrym mechanikiem”, ale „pożałowania godnym filozofem” (por. tamże).

Krytyczne stanowisko Macha wobec jego teorii<sup>7</sup> z pewnością pomogło Einsteinowi uświadomić sobie przemianę, jaka zaczęła dokonywać się w nim samym już wcześniej. Gdyby Einstein chciał pozostać wierny filozofii Macha i nową teorię grawitacji budować wyłącznie w oparciu o operacjonistyczne przepisy, ogólna teoria względności nigdy by nie powstała. Prawda, że niezawodnym przewodnikiem w jej poszukiwaniach był dla Einsteina empiryczny fakt równości masy bezwładnej i ciężkiej, ale fakt ten służył jako uzasadnienie zasady równoważności, która dla Macha byłaby już niedopuszczalnym

<sup>7</sup> Warto przeczytać rozdz. 17 pt. „Did Mach Finally Accept Einstein's Theory of Relativity?” z książki [35].

uogólnieniem (w r. 1918, w liście do Michała Besso, Einstein pisał o „faktach uogólnialnych”).

Według świadectwa samego Einsteina (z r. 1934), punktem zwrotnym było uświadomienie sobie, że znaczenie fizyczne mają nie różnice współrzędnych, które można zmierzyć za pomocą linijek i zegarów, lecz tensor metryczny. „Byłem bardzo zmieszany tym kałkąm wiedzy” — wyznał Einstein, i dodał: „ponieważ zrozumienie, co znaczą współrzędne w fizyce, zabrało mi wiele czasu.” ([40], s. 281). I teraz od tego zrozumienia trzeba było odejść. Dokonało się to w trakcie pracy z Grossmannem nad artykułem opublikowanym w 1913 r.

Ciekawy epizod miał miejsce na Kongresie Fizyków Niemieckich w Pradze, w 1929 r. Philipp Frank, były współpracownik Einsteina i późniejszy jego biograf, wygłosił odczyt, w którym zaatakował metafizyczne stanowisko niektórych fizyków niemieckich (mając na myśli Plancka) i jeszcze raz opowiedział się za pozytywizmem Macha. Następny mówca wykazał Frankowi, iż mylił się, zaliczając Einsteina do zwolenników Macha, gdyż obecnie całkowicie podziela on poglądy Plancka. „To przedstawienie poglądów Einsteina — wyznaje Frank — było dla mnie prawdziwą niespodzianką” (cyt. za [34], s. 282).

Swoje „nawrócenie” najlepiej scharakteryzował sam Einstein w liście do Corneliusa Lanczosa, datowanym 24 stycznia 1938 r.: „Wychodząc ze sceptycznego empiryzmu, po trosze w stylu Macha, przekształciłem się, dzięki pracy nad problemem grawitacji, w wierzącego racjonalistę, to znaczy w kogoś, kto jedynego autentycznego źródła prawdy doszukuje się w matematycznej prostocie. To, co logicznie proste, nie musi być — rzecz jasna — fizycznie prawdziwe, ale to, co jest fizycznie prawdziwe jest logicznie proste...” (cyt. za [34], s. 277).

Racjonalistyczne poglądy Einsteina są zbyt znane (por. np. rozdz. 5 i 6 w książce [41]), by je tu jeszcze raz powtarzać. Einstein nie obawiał się być innym. W okresie, w którym niemal niepodzielnie panował neopozytywizm, pisał on do Moritza Schlicka: „Będzie Pan zdziwiony, że Einstein jest «metafizykiem». Ale w tym znaczeniu każde czworonożne lub dwunożne zwierzę jest *de facto* metafizykiem” (cyt. za [34], s. 281-282).

Pragnę wyrazić wdzięczność Panu docentowi Andrzejowi Krasieńskiemu za zwrócenie mi uwagi na studium J. Mehry [30]. Uwzględnienie tej pozycji niewątpliwie wzbogaciło niniejszy artykuł.

#### Literatura

- [1] E. Einstein, „Physics and Reality”, w: *Ideas and Opinions*, Laurel Edition, New York 1978, s. 283-315.
- [2] A. Einstein, „On the Method of Theoretical Physics”, w: *Ideas and Opinions*, s. 263-270.
- [2a] I. Newton, *Four Letters from Sir Isaac Newton to Doctor Bentley Concerning Some Arguments in Proof of a Deity*, R. and J. Dodsley, London 1756.
- [3] A. Pais, *Subtle is the Lord... — The Science and Life of Albert Einstein*, Oxford University Press, New York 1982.
- [4] A. Einstein, „How I Created the Theory of Relativity”, *Phys. Today* 35, 45 (1982).
- [5] E. Mach, *The Science of Mechanics*, The Open Court, La Salle 1974.
- [6] A. Einstein, „Über das Relativitätsprinzip und die aus demselben gezogenen Folgerungen”, *Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik* 4, 411 (1907).

- [7] R. Toretti, *Relativity and Geometry*, Pergamon Press, Oxford, New York 1983.
- [8] J. L. Anderson, *Principles of Relativity Physics*, Academic Press, New York, London 1967.
- [9] D. J. Raine, M. Heller, *The Science of Space-Time*, Pachart, Tucson 1981.
- [10] A. Einstein, *Ann. Phys.* (Germany) **35**, 898 (1911).
- [11] A. Einstein, „Lichtgeschwindigkeit und Statik des Gravitationsfeldes”, *Ann. Phys.* (Germany) **38**, 355 (1912).
- [12] A. Einstein, „Zur Theorie des statischen Gravitationsfeldes”, *Ann. Phys.* (Germany) **38**, 443 (1912).
- [13] A. Einstein, M. Grossmann, „Entwurf einer verallgemeinerten Relativitätstheorie und Theorie der Gravitation”, *Z. Math. und Phys.* **62**, 225 (1913).
- [14] A. Einstein, „Relativität und Gravitation. Erwiderung auf eine Bemerkung von M. Abraham”, *Ann. Phys.* (Germany) **38**, 1054 (1912).
- [15] A. Einstein, *ibid.* **39**, Ser. 4, 704 (1912).
- [16] A. Einstein, „Zum gegenwärtigen Stande des Gravitationsprobleme”, *Phys. Zts.* **14**, 1249 (1913).
- [17] A. Einstein, A. D. Fokker, „Die Nordströmische Gravitationstheorie vom Standpunkt des absoluten Differentialkalküls”, *Ann. Phys.* (Germany) **44**, 321 (1914).
- [18] A. Einstein, „Die formale Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie”, *Sitzungsber. preuss. Akad. Wiss.* **2**, 1039 (1914).
- [19] A. Einstein, M. Grossmann, „Kovarianzeigenschaften der Feldgleichungen der auf die verallgemeinerte Relativitätstheorie gegründeten Gravitationstheorie”, *Z. Math. und Phys.* **63**, 215 (1914).
- [20] A. Einstein, „Die Relativitätstheorie”, w: *Die Physik*, red. E. Lechner, T. 3, Abt. 3, Bd. 1, Teubner, Leipzig 1915, s. 703.
- [21] A. Einstein, „Zur Allgemeinen Relativitätstheorie”, *Sitzungsber. preuss. Akad. Wiss.* **44**, 2, 778 (1915).
- [22] A. Einstein, „Zur allgemeinen Relativitätstheorie (Nachtrag)”, *Sitzungsber. preuss. Akad. Wiss.* **46**, 2, 799 (1915).
- [23] A. Einstein, „Erklärung der Perihelbewegung der Merkur aus der allgemeinen Relativitätstheorie”, *Sitzungsber. preuss. Akad. Wiss.* **47**, 2, 831 (1915).
- [24] S. Weinberg, *Gravitation and Cosmology*, J. Wiley and Son, New York, London..., 1972.
- [25] J. B. Zirker, „Testing Einstein's General Relativity During Eclipses of the Sun”, *Mercury* **14**, 98 (1985).
- [26] A. Einstein, „Die Feldgleichungen der Gravitation”, *Sitzungsber. preuss. Akad. Wiss.* **48**, 2, 844 (1915).
- [27] D. Hilbert, *Gött. Nachr.* 395 (1915).
- [28] D. Hilbert, „Die Grundlagen der Physik (Zweite Mitteilung)”, *Gött. Nachr.* 53 (1917).
- [29] D. Hilbert, „Die Grundlagen der Physik”, w: D. Hilbert, *Gesammelte Abhandlungen*, t. 3, Springer, New York 1970. (Pierwsze wydanie tych dzieł zebranych było sporządzone pod nadzorem samego Hilberta; rzecz znamienna, że nie weszły do niego artykuły z lat 1915 i 1917.)
- [30] J. Mehra, *Einstein, Hilbert, and the Theory of Gravitation*, Reidel, Dordrecht, Boston 1974.
- [31] A. Einstein, „Das Hamiltonisches Prinzip und Allgemeine Relativitätstheorie”, *Sitzungsber. preuss. Akad. Wiss.* **2**, 1111 (1916).
- [32] M. Heller, J. Życiński, *Wszechświat i filozofia*, Polskie Towarzystwo Teologiczne, Kraków 1980.
- [33] M. Heller, J. Życiński, *Drogi myślących*, Polskie Towarzystwo Teologiczne, Kraków 1983.
- [34] G. Holton, *L'invention scientifique*, Presses Universitaires de France, Paris 1982.
- [35] J. T. Blackmore, *Ernst Mach — His Work, Life and Influence*, University of California Press, Berkeley, Los Angeles..., 1972.
- [36] M. Planck, *Jedność fizycznego obrazu świata*, Książka i Wiedza, Warszawa 1970, s. 7-42.
- [37] A. I. Miller, *Albert Einstein's Special Theory of Relativity*, Addison-Wesley, London, Amsterdam..., 1981.
- [38] E. Mach, *The Analysis of Sensations and the Relation of the Physical to the Psychological*, New York 1959.
- [39] E. Mach, *Die Prinzipien der Physikalischen Optik*, J. A. Barth, Leipzig 1921.
- [40] A. Einstein, „Notes on the Origin of the General Theory of Relativity”, w: *Ideas and Opinions*, s. 279-283.
- [41] G. Holton, *L'imagination scientifique*, Gallimard, Paris 1981.

*Ernst Ruska*

Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft  
Berlin Zachodni

## Rozwój mikroskopu elektronowego i elektronowej mikroskopii \*

### The Development of the Electron Microscope and of Electron Microscopy

*Nobel Lecture, 8 December 1986, Stockholm*

#### 1. Dom rodzinny, rodzina

W ubiegłym miesiącu Fundacja Nobla przekazała mi egzemplarz swojego rocznika 1985. Dowiedziałem się z niego, że wiele wykładów noblowskich to prezentacje ściśle naukowe, urozmaicone wykresami, zbiorczymi tabelami i wyliczeniami. Nie przejawiam specjalnej chęci przedstawienia takiego wykładu o czymś co można odnaleźć w każdym współczesnym podręczniku fizyki. Toteż nie będę tu podawał zbyt dużo szczegółów fizycznych i technicznych oraz ich powiązań, a raczej skupię się na opisie ludzkich doznań — paru radosnych wydarzeń i wielu rozczarowań, które nie ominęły mnie i moich kolegów na wspólnej drodze do wytyczonego celu. Nie znaczy to wcale, że jest to powód do uskarżania się, sądzę raczej, że tego rodzaju doświadczenia badaczy w dążeniu do nowych rozwiązań są czymś zupełnie zrozumiałym, wręcz normalnym.

Podjmując wątek w takim ujęciu muszę oczywiście uwzględnić wpływ mojego środowiska, a w szczególności mojej rodziny. Było już kilku naukowców w mojej rodzinie: mój ojciec, Julius Ruska, był historykiem nauk w Heidelbergu i Berlinie, mój wuj, Max Wolf, był astronomem w Heidelbergu, jego asystent, a poprzednio uczeń mojego ojca i mój chrzestny ojciec, August Kopff był dyrektorem Instytutu Obliczeń Astronomicznych w dawnym Uniwersytecie Fryderyka Wilhelma w Berlinie. Kuzyn mojej matki, Alfred Hoche był profesorem psychiatrii we Freiburgu (Breisgau), zaś mój dziadek ze strony matki, Adolf Merx, był teologiem w Giessen i Heidelbergu.

Moi rodzice mieszkali w Heidelbergu i mieli siedmioro dzieci. Ja byłem piątym z kolei, a mój brat Helmut szóstym. Odkąd pamiętam, właśnie z nim łączyły mnie szczególnie bliskie i przyjacielskie więzi. Za młodu, przyrządy optyczne wywarły na nas obu silne wrażenie. Kilka razy wuj Max pokazywał nam teleskopy w kierowanym przez siebie obserwatorium, znajdującym się na Königstuhl w pobliżu Heidelbergu. Również z mikroskopem optycznym mieliśmy niebawem styczność, ale całkiem inną. Na pierwszym piętrze

---

\* Wykład noblowski. Został przetłumaczony za zgodą Autora i Fundacji Nobla. [Translated with permission. Copyright © 1987 by the Nobel Foundation] (przyp. Red.).



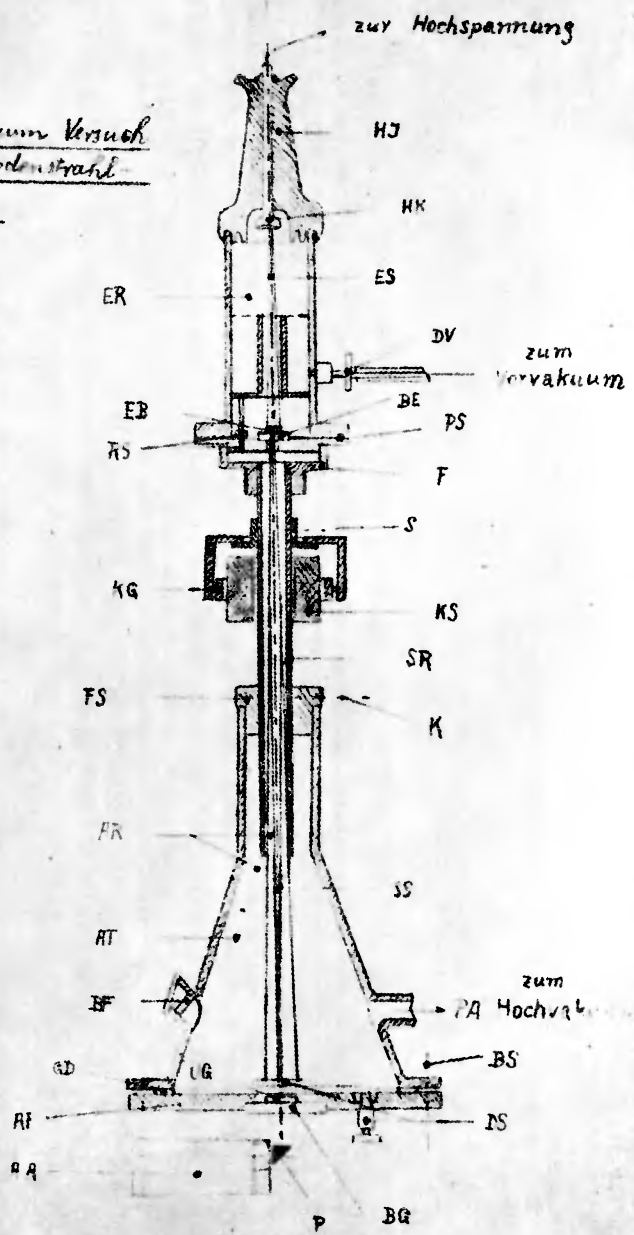
naszego domu ojciec mój zajmował dwa pokoje, służące mu do pracy. Łączyły je szerokie, rozsuwane drzwi, które zazwyczaj były otwarte. Jeden pokój służył ojcu do jego badań historycznych, związanych z filologią klasyczną, drugi przeznaczony dla rozwijania swoich naukowych zainteresowań, szczególnie mineralogii, botaniki i zoologii. Gdy nasze zabawy, z dziećmi sąsiadów, przed domem stawały się zbyt głośne, ojciec miał zwyczaj pukać w szybę okienną. Zwykle odnosiło to krótkotrwały skutek, toteż, po chwili, pukanie rozlegało się ponownie, tym razem znacznie głośniej. Pukanie trzecie wzywało Helmuta i mnie do pokoju ojca. Tam, na ustawionym 2 metry od jego biurka niskim, drewnianym taborecie, oparci o siebie plecami, zmuszeni byliśmy siedzieć nieruchomo przez blisko godzinę. Wtenczas właśnie mogliśmy przyglądać się żółtemu drewnianemu pudłu sporych rozmiarów, stojącemu na stole w sąsiednim pokoju. Mieściło ono duży zeissowski mikroskop ojca, którego surowo zakazano nam dotykać. Przyznaję, czasami ojciec demonstrował nam pod mikroskopem jakieś interesujące rzeczy, z drugiej jednak strony obawiał się, i miał ku temu wszelkie powody, że dopuszczenie niezgrabnych, dziecięcych rąk do pokręteł wstępnego i dokładnego ustawiania ostrości mogłoby zakończyć się zniszczeniem obiektu lub preparatu. Tym sposobem, nasze pierwsze zetknięcie się z istotą mikroskopii nie było wyłącznie pozytywne.

## 2. Szkoła, wybór zawodu

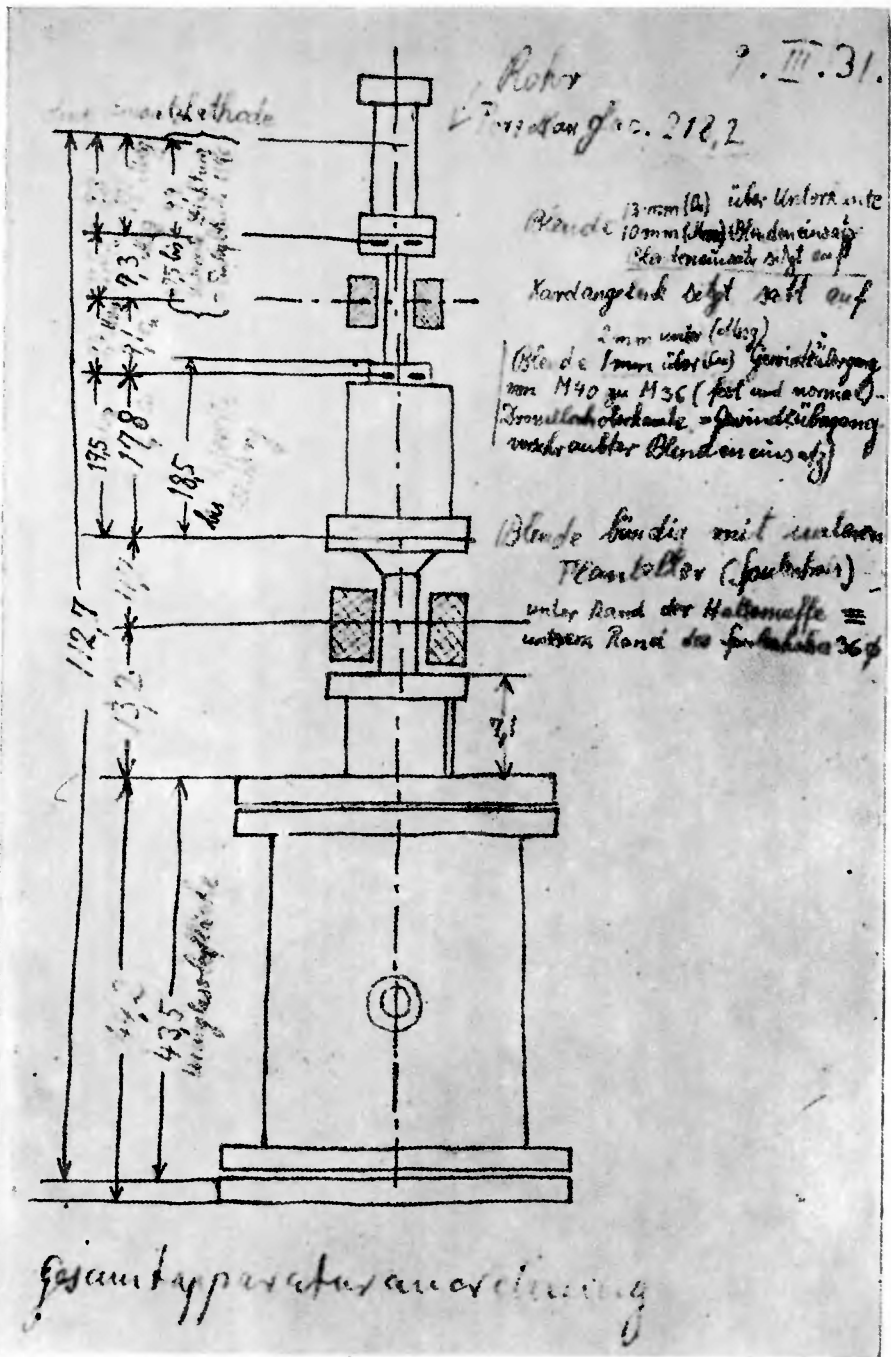
Znacznie większą rolę odegrało, wiele lat później, znakomite wykształcenie biologiczne, jakie mój brat uzyskał, dzięki swojemu nauczycielowi Adolfowi Leiberowi oraz gruntowne przygotowanie z fizyki, które otrzymałem od mojego nauczyciela, Karla Reiniga. W *Pamiętnikach Waltera Elsassera*, o dwa lata starszego ode mnie ucznia tej samej szkoły i późniejszego fizyka-teoretyka, przeczytałem ostatnio z ogromną przyjemnością uderzająco trafny opis osobowości Reiniga. Do dziś pamiętam jak głębokie wrażenie wywarły na mnie jego słowa gdy wyjaśniał że ruch elektronów w polu elektrostatycznym podlega tym samym prawom, co ruch masy bezwładnej w polu grawitacyjnym. Reinig starał się nam nawet wytłumaczyć, jak długość fali świetlnej ogranicza zdolność rozdzielczą mikroskopu. Wówczas, rzeczywiście, nie było to dla mnie zbyt zrozumiałe; zaraz po tym, na jednym z najbliższych naszych spacerów po lasach okalających Heidelberg długo dyskutowałem na ten temat z moim bratem Helmutem, przejawiającym już wtedy zainteresowanie medycyną, i z moim kolegą z klasy, Karlem Deisslerem, który później także studiował medycynę.

W naszym gimnazjum (Humanistisches Gymnasium) bez mała 17 godzin w tygodniu przypadało na lekcje łaciny, greki i francuskiego. W odróżnieniu od mojego ojca, który przejawiał szczególny talent do języków, ja czyniłem w tej dziedzinie bardzo mierne postępy. Ojciec był w tym czasie nauczycielem w tejże szkole, codziennie dowiadywał się od swoich kolegów o braku zaangażowania z mojej strony i czynił mi wyrzuty, że jestem zbyt leniwy. Przeżyłem więc parę raczej przykrych lat szkolnych. Bardziej realistycznie patrzył na te sprawy mój nauczyciel greki, kolega ojca z okresu studiów. By podnieść mnie na duchu podarował mi z okazji mojego bierzmowania książkę *Hinter Pflug und Schraubstock* (Za pługiem i nad imadłem) napisaną przez inżyniera Maxa Eytha (1836-

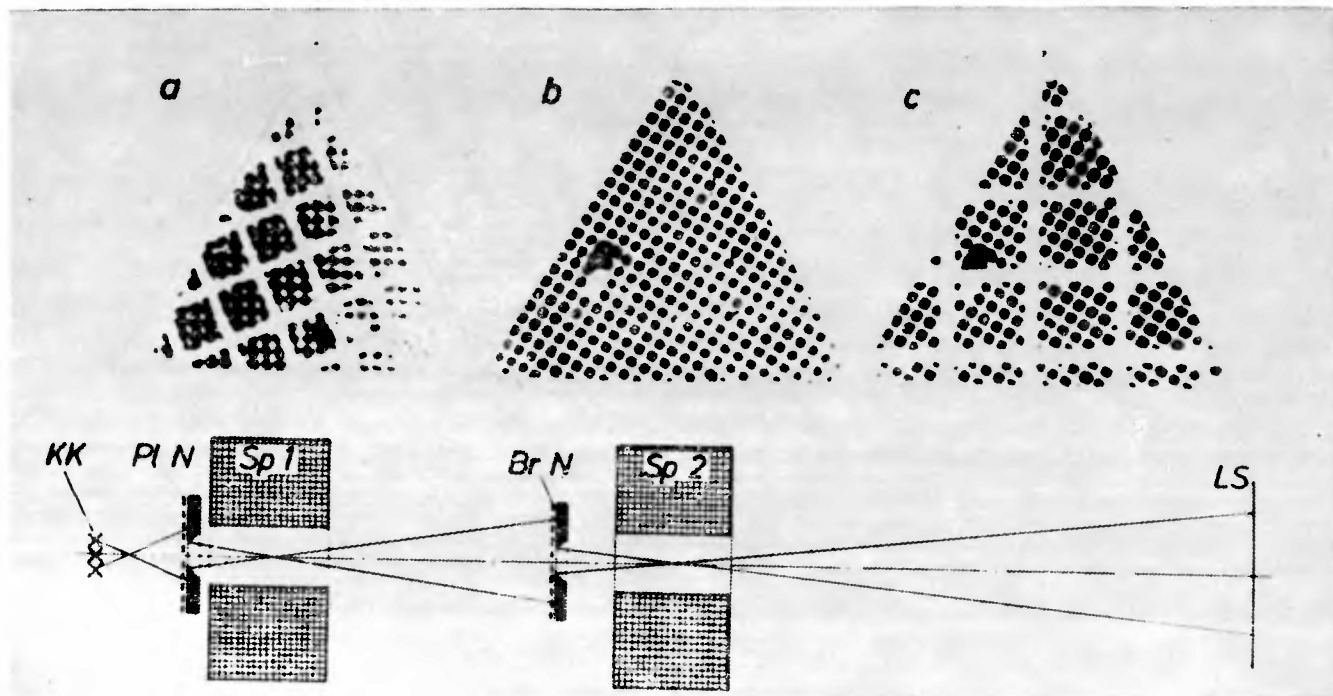
Fig. 13  
Abbildung des zum Versuch  
benutzten Kathodenstrahl-  
Oszillographen.



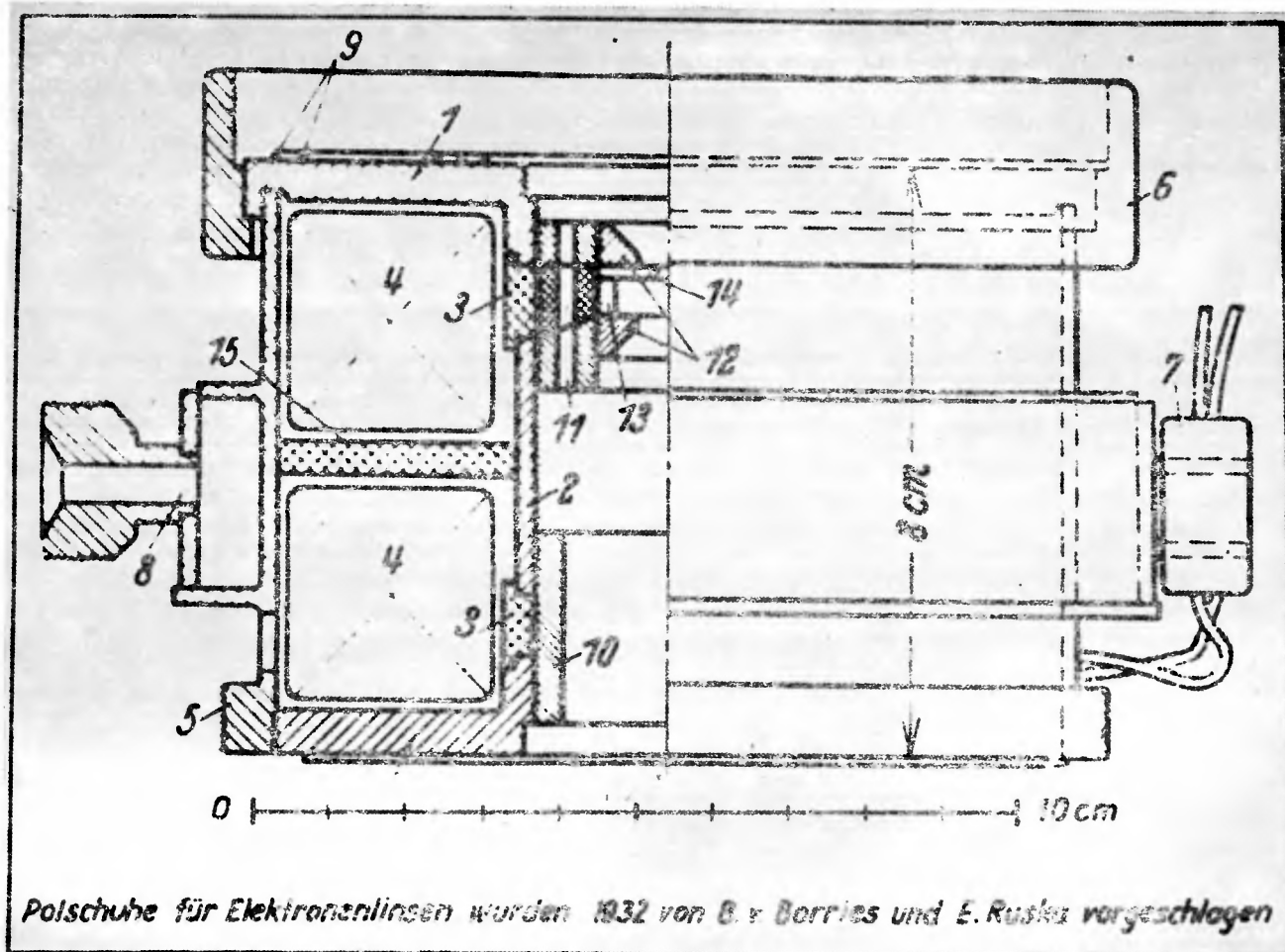
Rys. 1. Szkic Autora (1929), przedstawiający lampę promieni katodowych do testowania własności odwzorowania przez niejednorodne pole magnetyczne krótkiej cewki [4, 5].



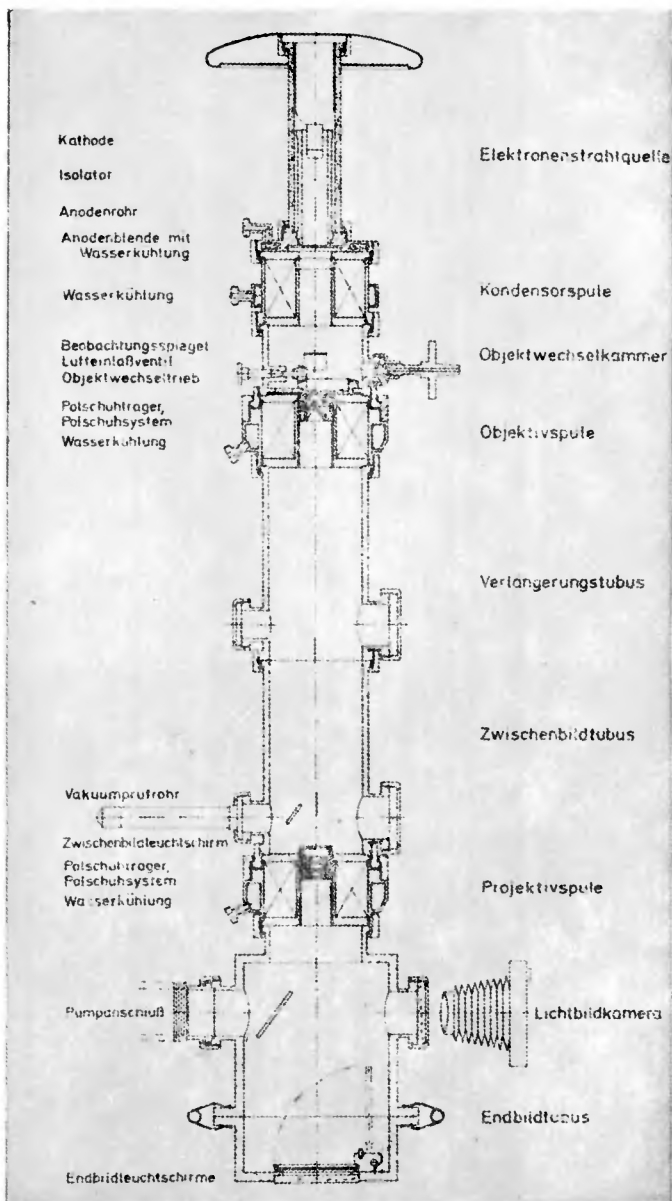
Rys. 2. Szkic Autora (9 marca 1931), przedstawiający lampę promieni katodowych do testowania jedno- i dwustopniowego odwzorowania elektronowo-optycznego za pośrednictwem dwóch magnetycznych soczewek elektronowych (mikroskop elektronowy) [8].



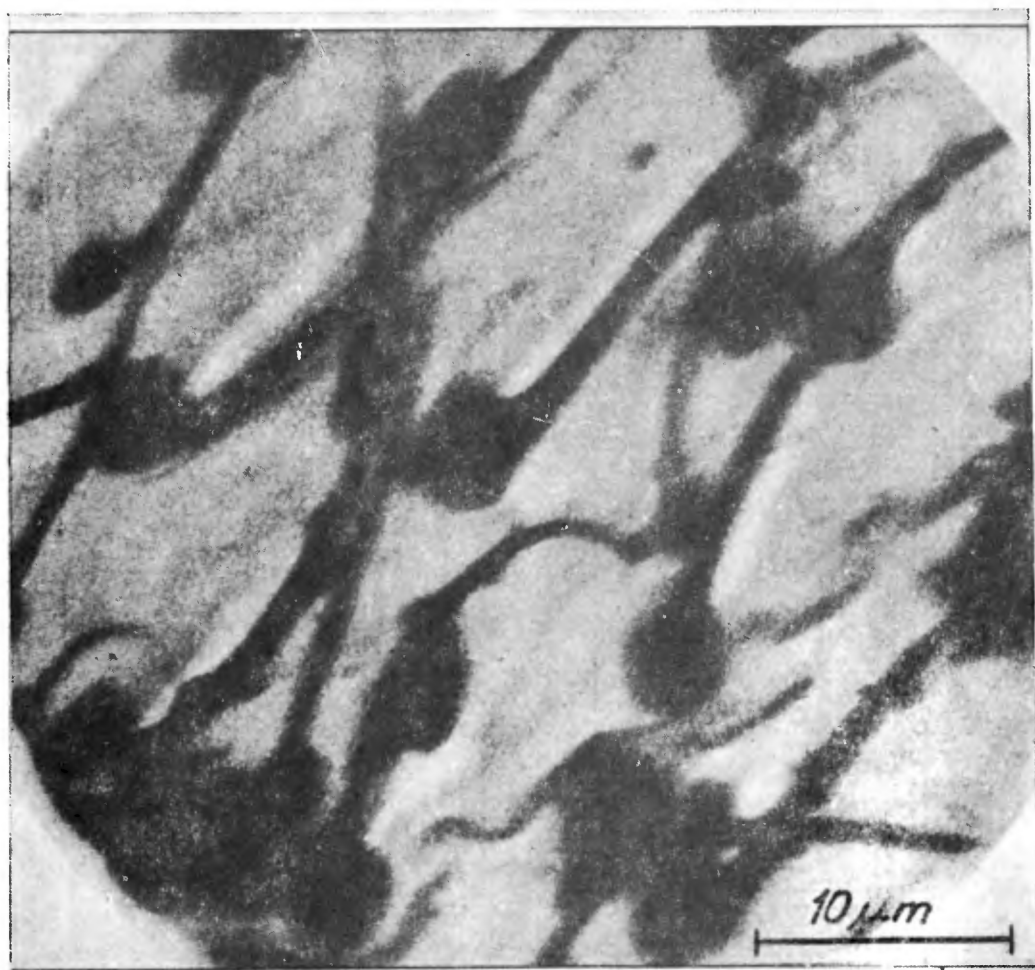
Rys. 3. Pierwszy eksperymentalny dowód (7 kwietnia 1931), na to, że próbki (siatki przysłaniające oświetlone elektronami) mogą być odwzorowane w powiększeniu nie tylko przez jedno- lecz także przez wielostopniowe układy magnetycznych soczewek elektronowych ( $U = 50 \text{ kV}$ ) [8]; a) jednostopniowy obraz siatki platynowej, umieszczonej przed cewką 1, tworzony przez cewkę 1;  $M = 13 \times$ , b) jednostopniowy obraz siatki z brązu, umieszczonej przed cewką 2, tworzony przez cewkę 2;  $M = 4,8 \times$ , c) dwustopniowy obraz siatki platynowej, umieszczonej przed układem cewek 1, 2;  $M = 17,4 \times$ , z nałożonym jednostopniowym obrazem siatki z brązu, umieszczonej przed cewką 2;  $M = 4,8 \times$ . Oznaczenia: KK — zimna katoda, PtN — siatka platynowa, Sp 1 — cewka 1, BrN — siatka z brązu, Sp 2 — cewka 2, LS — ekran fluorescencyjny.



Rys. 4. Przekrój poprzeczny pierwszej soczewki nabiegunnikowej [14, 15].



Rys. 5. Mikroskop elektronowy dwustopniowy, który po raz pierwszy dał powiększenia większe niż optyczny. Przekrój poprzeczny kolumny mikroskopu (przerysowano w 1976 r.) [15].



Rys. 6. Mikrofotografia skrzydła muchy domowej. (Pierwsza fotografia wnętrza),  $U = 60 \text{ kV}$ ,  $M_{ef} = 2200 \times$  (E. Driest, H. O. Müller, *Z. Wiss. Mikroskopie* **52**, 53-57 (1935)).



Rys. 7. Okrzemki *amphipectera pellucida* ( $U = 53$  kV,  $M_{el} = 3500 \times$ ,  $\delta' = 130$  nm) (F. Kreuze „Beiträge zur Elektronenoptik“ red. H. Busch, E. Brüche, *Johann Ambrosius Barth*, Leipzig 1937, s. 55-61).





Rys. 8. Bakterie (kultura hodowana), utrwalone w formalinie i osadzone w błonce nośnej oraz dekorowane solą ciężkiego metalu ( $U = 73,5$  kV,  $M_{et} = 2000 \times$ ), (F. Krause, *Naturwissenschaften* **25**, 817 (1937))



Rys. 9. Wisker żelaza, ( $U = 79$  kV,  $M_{et} = 3100 \times$ ), (D. Beischer, F. Krause, *Naturwissenschaften* **25**, 825 (1937)).

1906), „poetę” ze Szwabii. Zawsze fascynował mnie postęp w technice, zwłaszcza później interesowałem się rozwojem areonautyki, budową statków powietrznych i samolotów. Wywołująca wrażenie książka Maxa Eytha ostatecznie zachęciła mnie do studiów inżynierskich. Mój ojciec, wychowanek uniwersytetów w Strasburgu, Berlinie i Heidelbergu decyzję podjęcia nauki w Politechnice uznał oczywiście za niewłaściwą i proponował mi w zamian semestr fizyki na uniwersytecie. Ja jednak byłem przeświadczony, że inżynieria bardziej odpowiada moim upodobaniom i propozycję tę odrzuciłem.

### 3. Oscylograf katodowy i krótka cewka

Po ukończeniu przeze mnie drugiego roku studiów na wydziale inżynierii elektrotechnicznej w Monachium, ojciec otrzymał propozycję objęcia stanowiska kierownika w nowopowstałym w r. 1927 Instytucie Historii Nauk w Berlinie. Po zdaniu egzaminów w Monachium, na drugą połowę moich studiów przenieśliśmy się do Berlina. Tu specjalizowałem się w technice wysokich napięć i instalacjach elektrycznych oraz słuchałem między innymi wykładów profesora Adolfa Matthiasa. Pod koniec semestru letniego 1928 r. profesor powiedział nam o swoim zamiśle zawiązania niewielkiej grupy badawczej, której zadaniem byłoby opracowanie, wykorzystując lampę Brauna, sprawnego oscylografu katodowego, służącego do pomiaru bardzo szybkich procesów elektrycznych w stacjach zasilania i napowietrznych wysokonapięciowych liniach przesyłowych. Zapewne podświadome wspomnienie moich szkolnych lekcji fizyki sprawiło, że bez wahania zgłosiłem się do tej pracy i wkrótce zostałem najmłodszym współpracownikiem w grupie kierowanej przez dr. inż. Maxa Knolla. Moje pierwsze próby w pracy doświadczalnej zrobiłem na zajęciach praktycznych z fizyki pod kierunkiem profesora Jonathana Zennecke w Politechnice w Monachium, a teraz kontynuowałem je w grupie Maxa Knolla.

Jako nowicjusz miałem zająć się początkowo paroma ważnymi dla nas wszystkich zagadnieniami z zakresu techniki próżniowej. Za sprawą Maxa Knolla w zespole panowały koleżeńskie stosunki, codzienne sprawy każdego z grupy były otwarcie dyskutowane z nim podczas naszych popołudniowych przerw na kawę. Jako że nie czułem niechęci do prowadzenia obliczeń, a naszym wspólnym celem było udoskonalenie oscylografu tak by osiągnął wymaganą zdolność pomiarową, chciałem opracować odpowiednią metodę określania parametrów takiego oscylografu w mojej „Studienarbeit” — pracy, wymaganej jako warunek przystąpienia do egzaminu dyplomowego.

Najważniejszymi parametrami, decydującymi o dokładności pomiaru i szybkości zapisu w oscylografie są średnica plamki zapisującej oraz jej gęstość energetyczna. Aby uzyskać małe i jasne plamki zapisujące, wiązki elektronowe rozbieżnie emitowane z katody powinny być skupiane w mały zapisujący punkt na fluorescencyjnym ekranie oscylografu. Już w 1905 r. Rankin [1] wykorzystał do tego celu krótką, zasilaną prądem stałym cewkę, jaką ówczesni eksperymentatorzy używali do doświadczeń z wiązkami elektronowymi (nazywanymi wtedy „promieniowaniem jarzeniowym lub katodowym”). Jeszcze wcześniej, Hittorf (1896) [2] i Birkeland (1896) ogniskowali promieniowanie katodowe rotacyjnym niezmienniczym polem wokół cylindrycznego nabiegownika. Długo jednak pozostawało

niewyjaśnione, w jaki sposób symetryczne osiowo, niejednorodne pole magnetyczne takich magnesów i cewek formuje osiową wiązkę elektronów.

Dopiero Hans Busch [3] z Jeny, po obliczeniu trajektorii elektronów wiązki, stwierdził, że pole magnetyczne krótkiego solenoidu wpływa na wiązkę elektronów tak samo, jak wypukła szklana soczewka o określonej ogniskowej na wiązkę światła. Ogniskowa takiej „magnetycznej soczewki elektronowej” może być zmieniana w sposób ciągły wraz z prądem cewki. Busch chciał sprawdzić doświadczalnie swoją teorię, lecz ograniczony czasem, nie mógł przeprowadzić nowych eksperymentów. Wykorzystał wyniki doświadczalne, które już 16 lat wcześniej otrzymał w Getyndze. Okazały się one jednak całkowicie niezgodne z przyjętą teorią. Być może z tego powodu Busch nie wyciągnął ze swojej teorii soczewek nawet praktycznego wniosku o możliwości tworzenia obrazu przedmiotów przy pomocy solenoidu.

Postanowiłem sprawdzić teorię soczewek Buscha by móc dokładniej poznać własności zapisującej plamki, tworzonej przez krótki solenoid w oscylografie katodowym. Zastosowałem do tego celu prosty układ doświadczalny, w którym warunki eksperymentu (rys. 1) spełnione były lepiej niż u Buscha, choć w dalszym ciągu nie wystarczająco. Uzyskałem w ten sposób bliską, choć jeszcze nie całkowicie zadowalającą zgodność skali odwzorowania z teoretycznymi przewidywaniami Buscha. Główną przyczyną było to, że użyta przeze mnie cewka miała wymiary solenoidu Buscha, przez co charakteryzowała się nazbyt szerokim rozkładem pola wzdłuż swej osi. W mojej „Studienarbeit” [4], przedłożonej w 1929 r. na Wydziale Inżynierii Elektrotechnicznej zamieściłem szereg ostrych zdjęć (o różnych powiększeniach) przysłony anodowej z otworem o średnicy 0,3 mm, ustawionej na drodze wiązki elektronów. Fotografie te, otrzymane przy pomocy krótkiego solenoidu (tzw. „magnetycznej soczewki elektronowej”), były pierwszymi rejestracjami obrazów elektronoptycznych.

Podane przez Buscha równanie ogniskowej pola magnetycznego krótkiej cewki stwierdzało, że wymagana odległość ogniskowa mogła być wytworzona przez tym mniej amperozwojów, im bardziej pole cewki było ograniczone do krótkiego obszaru wzdłuż osi, ponieważ w tym przypadku maksimum pola wzrasta. Stało się dla mnie jasne, jako przyszłego inżyniera elektryka, że należy w odpowiedni sposób otoczyć cewkę żelaznym płaszczem, zachowując przy tym otwór w kształcie koła w wewnętrznej cewce. Pomiar z taką cewką pokazały od razu, że tę samą odległość ogniskową można osiągnąć przy znacznie mniejszej liczbie amperozwojów [4, 5]. I odwrotnie, w ten sposób krótsza ogniskowa może być oczywiście również uzyskana przy tej samej liczbie amperozwojów.

#### **4. Dlaczego w mikroskopie elektronowym stosowałem magnetyczną cewkę elektronową?**

W mojej pracy dyplomowej (1930) miałem poszukać elektrostatycznego odpowiednika dla magnetycznego skupiania rozbieżnych wiązek elektronów, co prawdopodobnie okazałoby się łatwiejsze i tańsze. Aby wykonać to, Knoll zaproponował przeprowadzić doświadczenia z układem przelotowych elektrod o różnych potencjałach elektrycznych (na który uzyskał patent rok wcześniej [6]). Rozważaliśmy rozkład pola elektrycznego pomiędzy tymi elektrodami. Wyraziłem opinię, że z powodu lustrzanej symetrii pola

elektrostatycznego po obu stronach elektrod, mających pełnić rolę soczewek, nie można w obszarze prześwitu oczekiwać efektu skupiania przez zakrzywione powierzchnie ekwipotencjalne. Brałem wtedy pod rozwagę jedynie geometrię pola. Ale wniosek ten okazał się błędny. Uszło mej uwadze, że w wyniku znacznej zmiany prędkości elektronów podczas przejścia przez pole o takim rozkładzie skupianie rozbieżnej wiązki elektronowej musi w rzeczywistości zachodzić. Również Knoll nie dostrzegł tego przeoczenia. W rezultacie podążyłem w swojej pracy dyplomowej [7] inną drogą. Postanowiłem przepuścić wiązkę elektronów przez sferyczny kondensator z wydrążonym otworem i umocowanymi u wlotu i wylotu otworu siatkami o drobnych oczkach. W tym układzie otrzymałem obrazy obrócone stronami, powiększone prawidłowo do odpowiedniej wielkości. Nieco później, znalazłem rozwiązanie, które niestety okazało się poprawne tylko teoretycznie. Przez analogię do załamania promieni świetlnych na powierzchniach („Grenzflächen”) przy przejściu przez optyczne soczewki, chciałem dla elektrycznych soczewek wykorzystać stopniową zmianę potencjałów na odpowiednich powierzchniach, o podobnym kształcie jak w soczewkach szklanych [8]. Tym sposobem, energia wiązki elektronowej chwilowo zmienia się — podobnie jak wiązki światła przy przejściu przez optyczne soczewki. Dla zrealizowania tego pomysłu, z każdej strony soczewki potrzebne są dwie, blisko siebie ustawione, siatki, o drobnych oczkach i o kształcie podobnym do optycznych soczewek. Siatki te powinny mieć utrzymany różny potencjał elektryczny. Pierwsze próby z takimi soczewkami potwierdziły poprawność pomysłu, ale równocześnie wykazały niepraktyczność soczewek siatkowych ze względu na za silną absorpcję wiązki elektronów przez druciki siatki oraz towarzyszące zniekształcenia pola. W wyniku mojego fałszywego rozumowania i rozczarowania doświadczeniami zdecydowałem się na dalszą pracę z soczewkami magnetycznymi. Mówię o tym wszystkim tak szczegółowo by pokazać, że czasami łut szczęścia w większym stopniu niż wysiłek intelektualny pozwala na znalezienie lepszego, lub być może jedyne, akceptowalnego rozwiązania. Później i w innych miejscach, stosowano soczewki z elektrod z otworami. Musiano je jednak zarzucić, gdyż miały gorsze własności fizyczne od soczewek magnetycznych.

## 5. Wymalazek mikroskopu elektronowego

Po uzyskaniu przeze mnie stopnia naukowego (na początku 1931 r.) sytuacja ekonomiczna Niemiec stała się bardzo trudna i wydawało się niemożliwe znalezienie odpowiedniej posady na uczelni lub w przemyśle. Dlatego byłem zadowolony, że mogę w dalszym ciągu pozostawać, jako doktorant, na moim niepłatnym stanowisku w instytucji wysokich napięć. Po tym, jak w mojej „Studienarbeit” (1929) pokazałem, że stosując krótki solenoid można uzyskać ostre i powiększone obrazy otworu oświetlonego elektrodami, interesowało mnie teraz, czy podobnie jak w optyce świetlnej obrazy te można dalej powiększyć poprzez dodanie drugiego stopnia powiększającego. Taki układ z dwiema krótkimi cewkami złożony został z łatwością (rys. 2) i w kwietniu 1931 r. uzyskałem jednoznaczny dowód na to, że jest to możliwe (rys. 3). Ten przyrząd jest dziś słusznie uważany za pierwszy mikroskop elektronowy, nawet jeśli wspomnieć o jego nadzwyczaj skromnym całkowitym powiększeniu ( $3,6 \times 4,8 = 17,4$ ).

Tym samym dostarczony został pierwszy dowód, że obrazy oświetlonych próbek

uzyskać można nie tylko w świetle widzialnym przy pomocy soczewek szklanych, lecz także w wiązce elektronów za sprawą pól magnetycznych, i to w układzie o więcej niż jednym stopniu powiększającym. Jaka jednak była korzyść z takich obrazów, jeżeli nawet platynowe i molibdenowe siatki spalały się na popiół przy naświetlaniu dawką, potrzebną do uzyskania zaledwie 17-krotnego powiększenia? Nie chcąc się przeto zbyt afiszować, Max Knoll i ja uzgodniliśmy, by unikać określenia *mikroskop elektronowy* podczas wygłaszanego przez Knolla w czerwcu 1931 r. wykładu na temat postępów w konstrukcji oscylografów, gdzie również, po raz pierwszy opisał on szczegółowo moje badania elektronooptyczne [9, 10]. Oczywiście nasze myśli krążyły nadal wokół bardziej wydajnej mikroskopii. Granica rozdzielczości mikroskopu świetlnego, określana przez długość fali świetlnej i rozpoznana 50 lat wcześniej przez Ernsta Abbe i innych, nie powinna była odgrywać istotnej roli przy dużych powiększeniach, ponieważ nie mieliśmy do czynienia ze światłem widzialnym, Knoll i ja zawierzyliśmy naiwnie niezwykle małym rozmiarom elektronu. Będąc inżynierami, nie jeszcze nie wiedzieliśmy o koncepcji „fal materii” wysuniętej kilka lat wcześniej (1925) przez francuskiego fizyka de Broglie’a [11]. Nawet fizycy bardzo niechętnie godzili się z tą nową hipotezą. Gdy latem 1931 usłyszałem o niej po raz pierwszy, odczułem głębokie rozczarowanie z powodu tego, że także w mikroskopie elektronowym należy nadal liczyć się z ograniczeniem rozdzielczości przez długość fali (tym razem „fal materii”). Szybko jednak wróciła mi otucha, bowiem ku mojemu zadowoleniu utwierdziłem się przy pomocy równania de Broglie’a, że fale te muszą mieć długość o około 5 rzędów wielkości mniejszą od fal światła widzialnego. Nie było więc powodów by zrezygnować z osiągnięcia celu mikroskopii elektronowej, jakim było przekroczenie granicy rozdzielczości mikroskopii optycznej.

W r. 1932 Knoll i ja odważyliśmy się przedstawić nasze przewidywania co do wartości granicy rozdzielczości mikroskopu elektronowego [12]. Wychodząc z założenia, że równanie określające granicę rozdzielczości mikroskopu optycznego spełnione jest dla fal materii, długość fali świetlnej zastąpiliśmy długością fali elektronów dla napięcia przyspieszającego 75 kV i wstawiliśmy do zależności Abbego wartość  $2 \times 10^{-2}$  rad, opisującą rozmiary przysłony obrazowej, jaką wcześniej używaliśmy w praktyce. Taka apertura stosowana jest w dalszym ciągu do dziś. Tym samym już wówczas granicę rozdzielczości oszacowaliśmy na  $2,2 \text{ \AA} = 2,2 \times 10^{-10} \text{ m}$ . Wartość ta osiągnięta została w praktyce 40 lat później.

Oczywiście, w tym czasie większość specjalistów nie traktowała wyniku naszych obliczeń zbyt poważnie. Uważano je raczej za mrzonki. Ja sam czułem, że będzie bardzo trudno pokonać pozostałe przeszkody — zwłaszcza problem grzania się próbki. W kwietniu 1932 r. M. Knoll przyjął posadę w zakładach Telefunken (w Berlinie), angażując się w pracę nad rozwojem telewizji.

W przeciwieństwie do wielu naukowców z dziedzin biologii i medycyny, mój brat Helmut, który wówczas prawie ukończył swoje studia medyczne, wierzył, że obie te dyscypliny nauki czeka znaczny postęp, o ile tylko wysiłki nasze uwieńczone zostaną sukcesem. Jego wiara w pomyślne zakończenie stanowiła dla mnie zachętę do pokonywania spodziewanych trudności.

By potwierdzić tezę o lepszej niż w mikroskopie optycznym rozdzielczości, w pierwszej kolejności musiałem wykazać, że możliwe jest uzyskanie wystarczająco dużych powiększeń.

Kształt cewki należało w tym celu dobrać tak, by pole magnetyczne wzdłuż jej osi ograniczało się do bardzo małego przedziału. Pozwoliłoby to na uzyskanie krótkich ogniskowych, niezbędnych do tego by obrazy w bardzo dużym powiększeniu powstawały w niezbyt wielkich odległościach. Wymogi te spełniało rozwiązanie techniczne, które już w r. 1929 przedstawiłem w mojej „Studienarbeit”, gdzie cewka otoczona była żelaznym płaszczem. W 1932 r., wraz z moim przyjacielem Bodo von Borriesem, złożyłem wniosek o opatentowanie tego rozwiązania, w formie ulepszonej [13], pod nazwą „Polschuhlinse”. Do dziś soczewka ta wykorzystywana jest we wszystkich magnetycznych mikroskopach elektronowych. Realizacja idei „Polschuhlinse” oraz zmierzenie ogniskowych, jakie można by za jej pomocą uzyskać, były tematem mojej pracy doktorskiej [14]. Ukończyłem ją w sierpniu 1933 r., przy czym z moich pomiarów wynikało, że promienie elektronów, rozprędzonych do energii 75 keV, ogniskowane są w odległości 3 mm (rys. 4). Rzecz jasna, mając taką soczewkę chciałem niezwłocznie zabrać się do budowy drugiego mikroskopu elektronowego o znacznie lepszej zdolności rozdzielczej. By zrealizować to zadanie, dzięki poparciu Maxa von Laue otrzymałem od Notgemeinschaft der Deutschen Forschung stypendium w wysokości 100 Reichsmark miesięcznie na okres drugiej połowy 1933 r. celem pokrycia rosnących w zawrotnym tempie kosztów. Ponieważ nowy przyrząd gotów był już pod koniec listopada (rys. 5), uważałem za słuszne zwrócić kwotę, wypłaconą mi za gruzdzień. Jednakże, ku memu ogromnemu zadowoleniu, pozwolono mi „wyjątkowo” zatrzymać te pieniądze. Jak by jednak nie patrzeć, spośród wszystkich mikroskopów elektronowych, dotowanych przez Deutsche Gesellschaft für Wissenschaftsförderung (Niemieckie Towarzystwo Popierania Nauk) ten był na pewno najtańszy.

Z przyczyn podanych w następnym rozdziale, od 1 grudnia 1933 r. podjąłem pracę w przemyśle. Dlatego też, za pomocą tego przyrządu, który powiększał w skali  $12000\times$  [15], mogłem otrzymać jedynie kilka obrazów. Odnotowałem jednak pewien przekonujący fakt, który natchnął mnie wiarą na przyszłość: nawet bardzo cienkie próbki dawały całkiem wystarczający kontrast, choć tworzył się on tym razem nie w wyniku absorpcji elektronów, lecz wyłącznie jako rezultat ich dyfrakcji. W tym przypadku, jak wiadomo, preparaty nagrzewają się w znacznie mniejszym stopniu.

## 6. Jak doszło do przemysłowej produkcji mikroskopów elektronowych

Zdawałem sobie sprawę także z tego, że dalsze prace nad usprawnieniem przyrządu, tak by stał się użyteczny w codziennej praktyce i osiągnął lepszą rozdzielczość, wymagać będą dłuższego okresu czasu i ogromnych wydatków. Biorąc pod uwagę nasze dotychczasowe dokonania trudno było liczyć na wsparcie finansowe z jakiegokolwiek źródła. Toteż, przygotowany na długie, jałowe rozmowy, zdecydowałem wspólnie z Bodo v. Borriesem i moim bratem, by na później odłożyć próby osiągnięcia celu, jakim był przyrząd wytwarzany przemysłowo. Zgodziłem się więc objąć posadę w zakładach Fernseh AG w Berlinie-Zehlendorf, gdzie pracowałem nad przystosowaniem lampy Brauna do rejestracji obrazu i nad kineskopami. By bardziej skoordynować nasze wspólne wysiłki, zmierzające do zdobycia wsparcia finansowego na produkcję komercyjnego mikroskopu elektronowego, przekonałem Bodo von Borriesa by zrezygnował ze swojego stanowiska w Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerke w Essen i powrócił do Berlina. Tutaj znalazł

on zatrudnienie w firmie Siemens-Schuckert (w 1934 r.). Podejmowaliśmy wiele prób uzyskania pomocy finansowej ze źródeł rządowych i przemysłowych.

W międzyczasie zaczęły się pojawiać pierwsze zdjęcia elektronomikroskopowe preparatów biologicznych. Heinz Otto Müller (student inżynierii elektrotechnicznej) i Friedrich Krause (student medycyny) pracowali z przyrządem, zbudowanym przeze mnie w 1933 r. i publikowali coraz lepsze wyniki (rys. 6-9). Niestety, obaj ci bardzo utalentowani młodzi naukowcy nie przeżyli II wojny światowej.

W Brukseli Ladislaus Marton zbudował swój pierwszy mikroskop z poziomą kolumną i otrzymał w nim stosunkowo małe powiększenie preparatów biologicznych [17]. W 1936 r. skonstruował on drugi przyrząd, tym razem z pionową kolumną [18].

Pomimo tych ostatnich doniesień, nasze starania o pomoc finansową uwieńczone zostały sukcesem dopiero po trzech latach. Stało się to za sprawą fachowej opinii, wystawionej przez profesora dra Richarda Siebecka, dyrektora I Kliniki Medycznej (Berlin-Charité), który swego czasu kierował praktyką szpitalną mojego brata Helmuta. Z opinii tej [19] datowanej 2 października 1936 r., przytoczę dwa akapity:

„Jeżeli zamierzenia te zostałyby zrealizowane, to nie ma potrzeby tłumaczyć, że praktyczne korzyści, wynikające z tego dla dziedziny badania przyczyn schorzeń, zainteresowałyby natychmiast lekarzy. Mogłoby to odegrać ogromną rolę w rozwiązywaniu realnych problemów, dotyczących w dużej mierze chorób o rosnącym znaczeniu klinicznym, a tym samym stać się ogromnie ważnym dla zdrowia publicznego.

O ile możliwe by było uzyskanie zdolności rozdzielczej 100-krotnie większej od dotychczas uzyskiwanej wartości, następstwa tego byłyby dla nauki nieocenione. Ponieważ uważam za tak istotne to co wydaje się teraz osiągalne i ponieważ według mnie sukces jest blisko, jestem gotów na współpracę, służąc radą na temat badań medycznych i przeznaczając odpowiednie środki z funduszu mojego Instytutu.”

Ekspertyza ta wzbudziła zainteresowanie firm Siemens w Berlinie i Carl Zeiss w Jenie, obie gotowe były poprzeć rozwój przemysłowych mikroskopów elektronowych. Chcąc wykorzystać jednocześnie biegłość Siemens w dziedzinie elektrotechniki i doświadczenie Zeissa w mechanice precyzyjnej, wysunęliśmy sugestię, by oba zakłady nawiązały współpracę. Propozycja ta nie została jednak przyjęta i ostatecznie wybór nasz padł na Siemens. Na początek zapewniliśmy sobie współpracę z Heinzem Otto Müllerem, który zajął się stroną praktyczną, oraz z teoretykiem Walterem Glaserem z Pragi. Wystartowaliśmy w r. 1937 i w 1938 mieliśmy gotowe dwa prototypy, wyposażone w kondensor, nabiegunnikowy obiektyw i projektor, a także zawory próżniowe do wprowadzania preparatów i płyt fotograficznych. Maksymalne powiększenie wynosiło  $30000\times$  [20]. Zaraz potem jeden z tych przyrządów użyty został przez Helmuta Ruskę i kilku jego współpracowników do badań biologicznych (profesor Siebeck zgodził się zwolnić mojego brata na okres prac u Siemens). Niestety, ze względu na brak czasu, nie mogę dokonać tu przeglądu tego owocnego w publikacje okresu.

W r. 1940, przychylając się do naszej propozycji Siemens utworzył laboratorium dostępne dla zaproszonych naukowców i wyposażył je w cztery mikroskopy elektronowe. Kierował nim Helmut Ruska. W 1941 r. Helmut Ruska mógł pokazać pierwsze obrazy bakteriofagów (rys. 10). Laboratorium to zostało zniszczone podczas nalotu lotniczego jesienią 1944 r.

Zainteresowanie mikroskopią elektronową zaczęło teraz stopniowo rosnąć. Swój pierwszy sukces handlowy odnotował Siemens w 1938 r., kiedy to przemysł chemiczny,

reprezentowany głównie przez IG Farbenindustrie złożył zamówienie na partię przyrządów, po jednym dla każdego ze swoich zakładów w Hoechst, Leverkusen, Bitterfeld i Wolfen. W tym czasie przyrząd nie był jeszcze gotowy, czy nawet testowany, znajdował się zaledwie w sferze planów. Pod koniec 1939 r. pierwszy seryjny produkt Siemens [21] został dostarczony do Hoechst (rys. 11). Mogę dodać, że przyrząd z numerem 26 dotarł do prof. Arne Tiseliusa w Uppsali na jesieni r. 1943. Do lutego 1945 r. zbudowano w Berlinie ponad 30 mikroskopów elektronowych i przekazano odbiorcom. Tym samym, także niezależni od nas reprezentanci różnych dyscyplin medycyny i biologii mogli obecnie wyrobić sobie własne zdanie na temat perspektyw mikroskopii elektronowej. Jednak dobór preparatów pozostawał wciąż ograniczony, ponieważ odpowiednio cienkie nie były jeszcze wówczas osiągalne.

Koniec wojny położył kres mojej bliskiej współpracy z bratem i z Bodo von Borriesem.

## 7. Rozwój mikroskopii elektronowej po roku 1945

Nasze laboratorium musiało zostać całkowicie odbudowane. Pracę z nowymi w większości współpracownikami mogłem podjąć już w czerwcu 1945 r. Pomimo niełatwych warunków w Berlinie i Niemczech dostawa nowo opracowanych mikroskopów elektronowych [22] możliwa była pod koniec r. 1949.

Dzięki „Elmiskopowi” [23] (rys. 12), Siemens odzyskał w 1954 r. swoją pierwotną, wiodącą pozycję. Przyrząd ten jako pierwszy miał dwie soczewki kondensorowe, co pozwoliło zabezpieczyć próbkę przed nadmiernym grzaniem, przez to, że naświetlanie obejmowało tylko mały obszar, który był wykorzystywany dla ostatecznego powiększenia. Odtąd by uzyskać powiększony 100 000 razy obraz o średnicy 10 cm wystarczyło naświetlać jedynie pole preparatu o rozmiarach 1  $\mu\text{m}$  (w przeciwieństwie do naświetlań obrazów o średnicy ok. 1 mm, stosowanych poprzednio). Tym samym, ta ilość energii wiązki elektronowej, która w próbce zamieniana jest na ciepło, mogła być zmniejszona do milionowej części. Próbkę ogrzewają się bowiem dopóty, dopóki szybkość wydzielenia się ciepła nie zrówna się z szybkością jego radiacji do otoczenia preparatu. Jeżeli wydzielana moc cieplna jest niska, to w wyniku oddziaływania z otoczeniem przyrost temperatury jest również mały.

Jednak nowy przyrząd sprawił nam zrazu duży zawód. Stwierdziliśmy bowiem, że w przypadku napromieniowania małego obszaru preparatu, który teraz nie był już gorący, obraz stawał się po paru sekundach tak ciemny, że początkowo widoczne szczegóły znikaly. Poczynione wówczas badania wykazały, że śladowe ilości gazów reszkowych, pozostające po odpompowaniu, a w szczególności cząsteczki węglowodorów, kondensują się na zimnych powierzchniach wewnątrz przyrządu, a co za tym idzie kondensują się na samej próbce. Obraz warstewki węgla, tworzącej się na oświetlonej powierzchni preparatu, ściemnia się wraz ze wzrostem grubości tej warstwy. Na szczęście i tę przeszkodę udało się wkrótce pokonać w stosunkowo prosty sposób: całe otoczenie próbki zostało schłodzone przy użyciu skroplonego powietrza, tak, że w swoim otoczeniu była ona nadal wyraźnie najcieplejsza, nawet w przypadku wyłączonej wiązki. Tym samym reszkowe gazy węglowodorowe nie kondensowały się już na próbce, lecz tylko na silnie oziębionych powierzchniach.

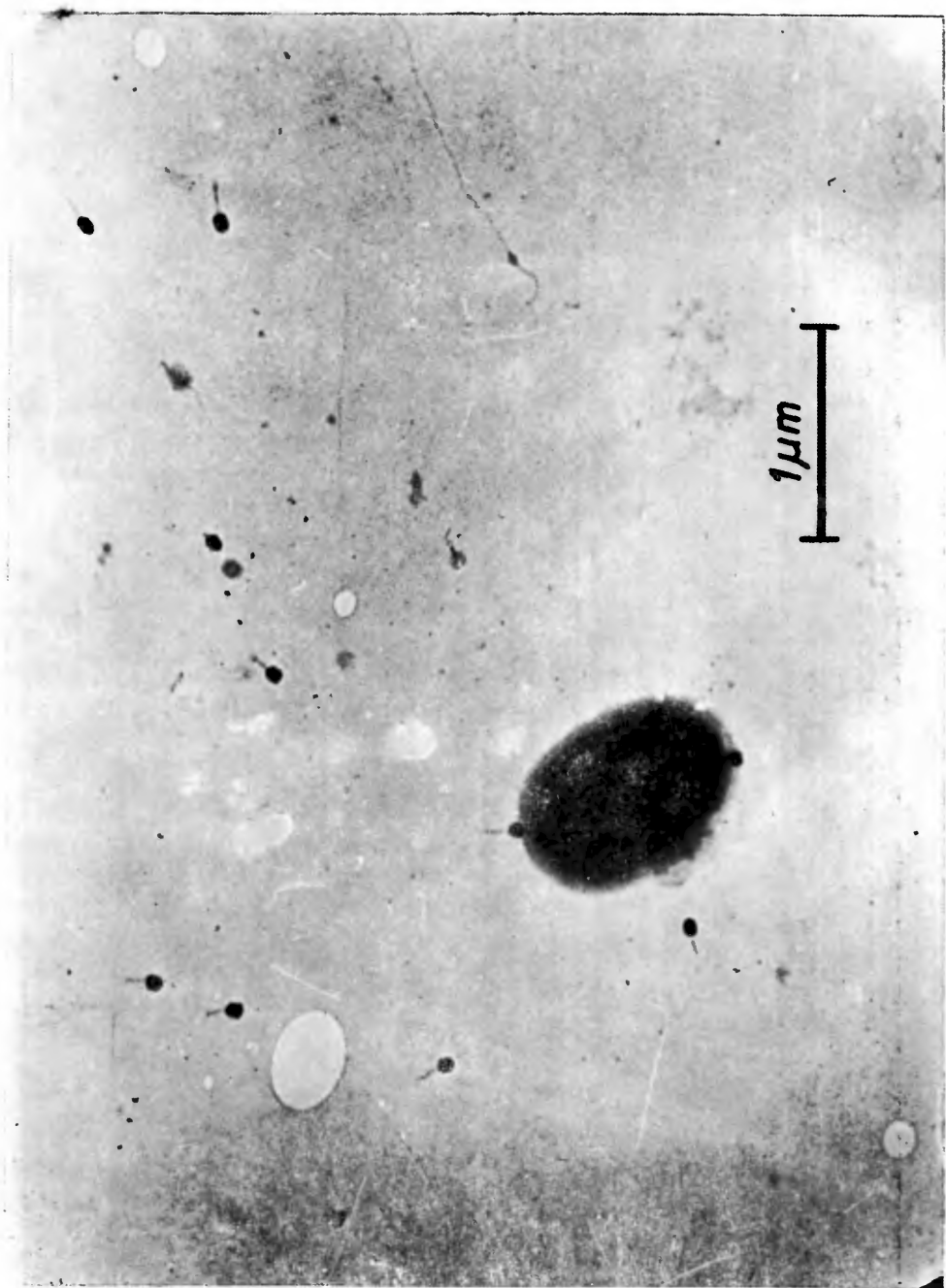


Równocześnie z pomyslnym rozwiązaniem tego problemu, także inna trudność, związana mianowicie z grubością preparatów, została nieoczekiwanie usunięta dzięki nowym konstrukcjom „ultramikrotomów”. Szlifowane stalowe noże, których ostrza z uwagi na krystalizację nie były wystarczająco gładkie, zastąpiono łamanym szkłem o krawędziach pozbawionych krystalicznych nierówności. Stosowany zwykle mechaniczny przesuw materiału w kierunku prostopadłym do ostrza nie był wystarczająco dokładny — z powodu luzów w maszynierii czy nawet zatłuszczenia powierzchni — by uzyskać wycinki o pożądanej bardzo małej grubości rzędu  $10^{-5}$  mm. Najcieńsze i pozbawione skaz skrawki otrzymano, wykorzystując rozszerzalność cieplną pręta, do którego końców przymocowano preparat przeznaczony do cięcia. Aby te niezmiernie cienkie próbki zachowały swą płaskość, natychmiast po wykonaniu cięcia wrzucano je do roztworu alkoholowego. Co więcej, dobrano odczynniki utrwalające, bardziej przydatne dla nowych technik cięcia. Rozwój nowych ultramikrotomów zredukował w znacznym stopniu ograniczenia przy wyborze próbek w mikroskopii elektronowej. Odtąd przez kolejne 25 lat, prawie wszystkie gałęzie nauki, spośród tych którym służyła dobrze mikroskopia optyczna, mogły także korzystać z możliwości, jakie dawała mikroskopia elektronowa.

W ostatnich dziesięcioleciach mikroskopia elektronowa poczyniła postępy w wielu krajach, dzięki nowym ideom i metodom oraz wysiłkom wielu przodujących naukowców i inżynierów. Mogę tutaj przytoczyć jedynie kilka przykładów: rys. 13 przedstawia przekrój poprzeczny mikroskopu elektronowego z obiektywem kondensorowym jednopółowym i próbką umieszczoną w maksimum rozkładu pola magnetycznej soczewki nabiegunnikowej [24]. W tym przypadku, przestrzeń przed próbką, gdzie natężenie pola magnetycznego rośnie, spełnia funkcję kondensora z krótką ogniskową, natomiast obszar spadku natężenia pola za preparatem daje taki efekt jak obiektyw o takiej samej ogniskowej. W tym układzie obie soczewki wykazują szczególnie małą aberrację sferyczną. Rysunek 14 ilustruje wygląd zewnętrzny tego przyrządu. Obraz płytki kryształu złota, otrzymany za pomocą tego mikroskopu przedstawia rys. 15. Wyraźnie widoczne są płaszczyzny sieci, ułożone w odległości  $1,4 \text{ \AA}$ . Dwa przyrządy tego typu udoskonalane były w Instytucie Mikroskopii Elektronowej, utworzonym dla mnie w 1957 r. przez Max-Planck-Gesellschaft po moim odejściu od Siemensu.

Rysunek 16 przedstawia 1 MV-owy mikroskop wysokonapięciowy skonstruowany w Japonii przez firmę Japan Electron Optics Laboratory Co. Ltd. Specyficzne problemy, jakie wiążą się z przyrządami tego typu (oprócz ich niezwykle wysokich kosztów) polegają na zapewnieniu stabilizacji napięcia przyspieszającego i ochrony operatorów przed promieniowaniem rentgenowskim. Rozwój wysokonapięciowych mikroskopów elektronowych był głównie inicjowany przez Gastona Dupouy (1900-1985). Rozwojowi mikroskopów wysokonapięciowych przyświecał cel umożliwienia badań grubszych preparatów. Z chwilą jednak, gdy uporano się z problemem stabilizacji wysokich napięć, a także z uwagi na lepszą rozdzielczość wobec mniejszej długości fali materialnej elektronów przyspieszonych do szczególnie wysokich energii, celowym stało się także badanie cienkich preparatów.

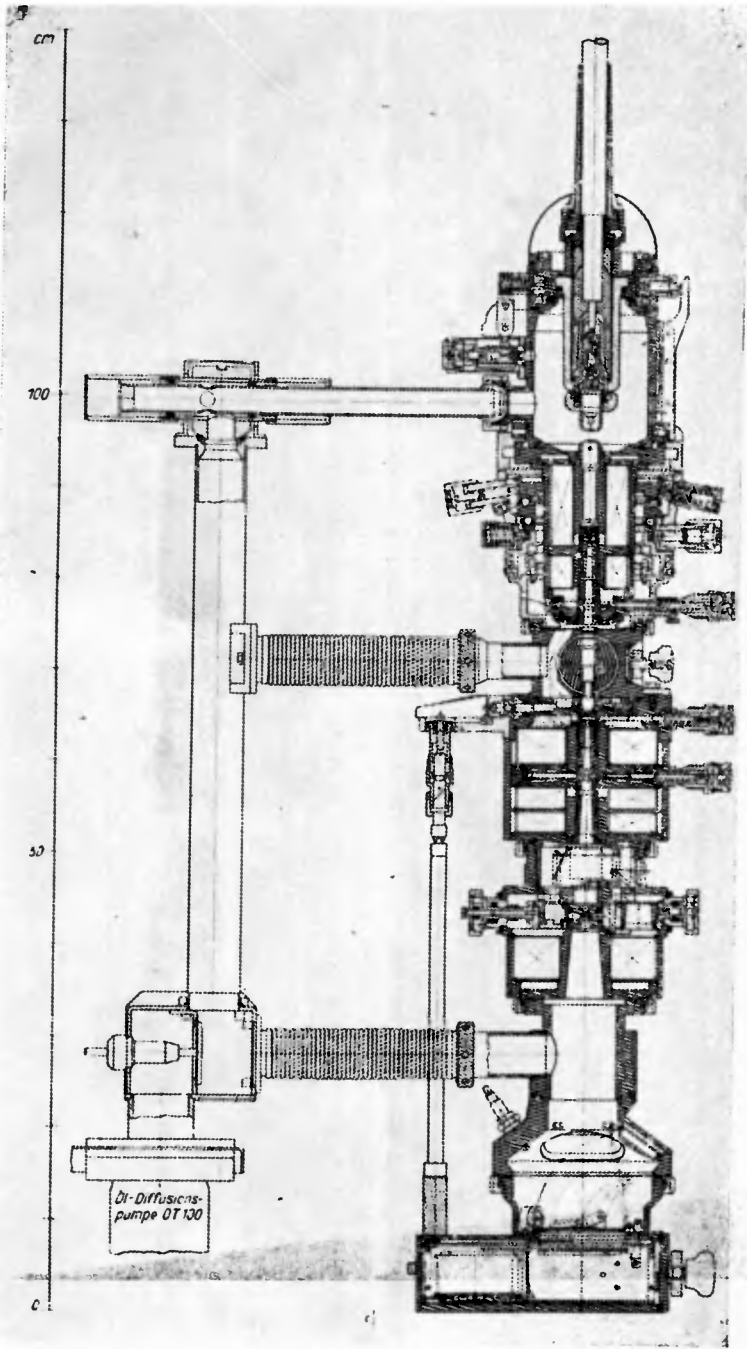
Od pewnego czasu rośnie znaczenie kriotechniki — metody zapoczątkowanej głównie przez Fernandez-Morana w USA. Zastosowanie tej techniki umożliwiła badanie próbek schłodzonych do bardzo niskich temperatur. W porównaniu z sytuacją, jaka ma miejsce w temperaturze pokojowej, próbki stają się bardziej odporne na wysokie dawki elektronów,



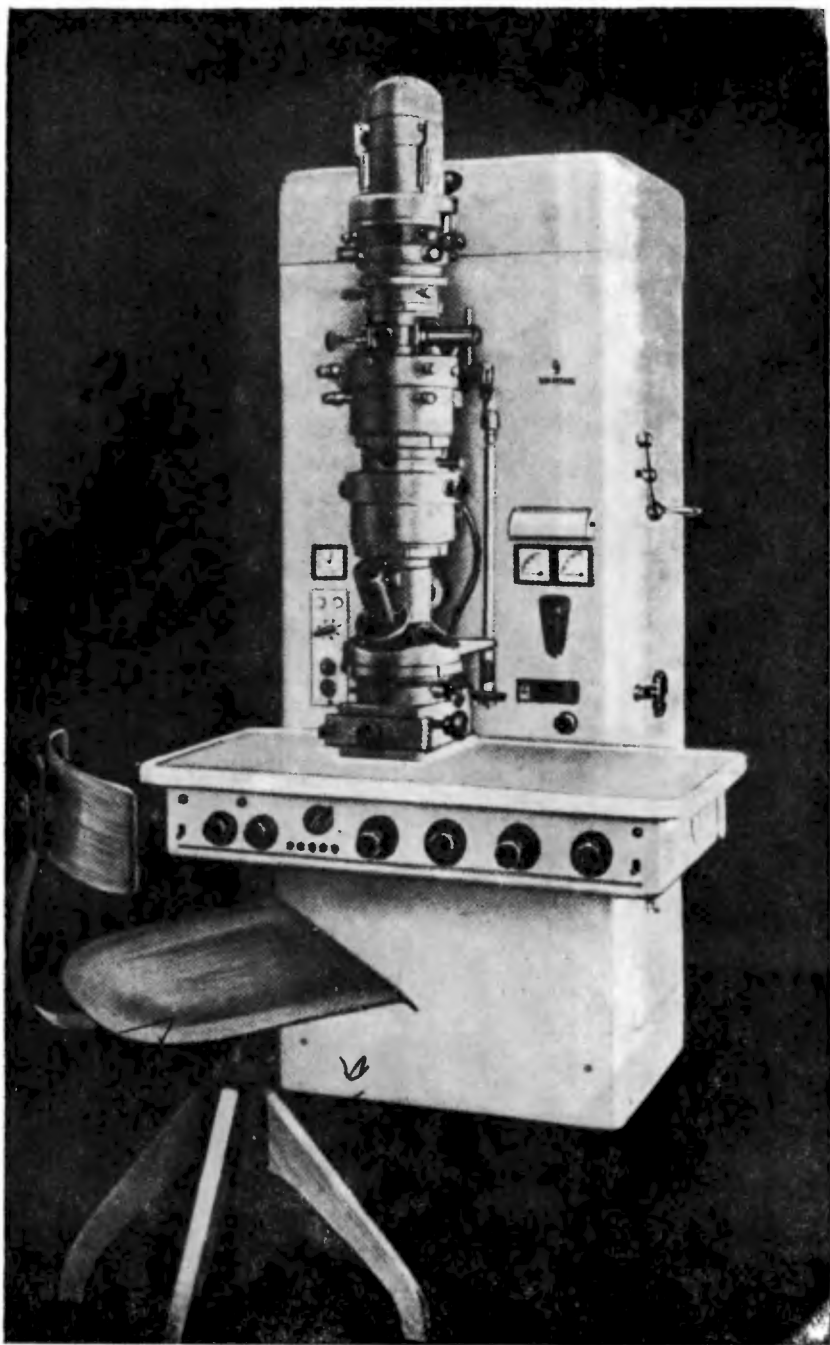
Rys. 10. Bakteriofagi, (H. Ruska, *Naturwissenschaften* 29, 367 (1941)).



Rys. 11. Pierwszy mikroskop elektronowy produkowany seryjnie przez zakłady Siemens. Wygląd ogólny [21].

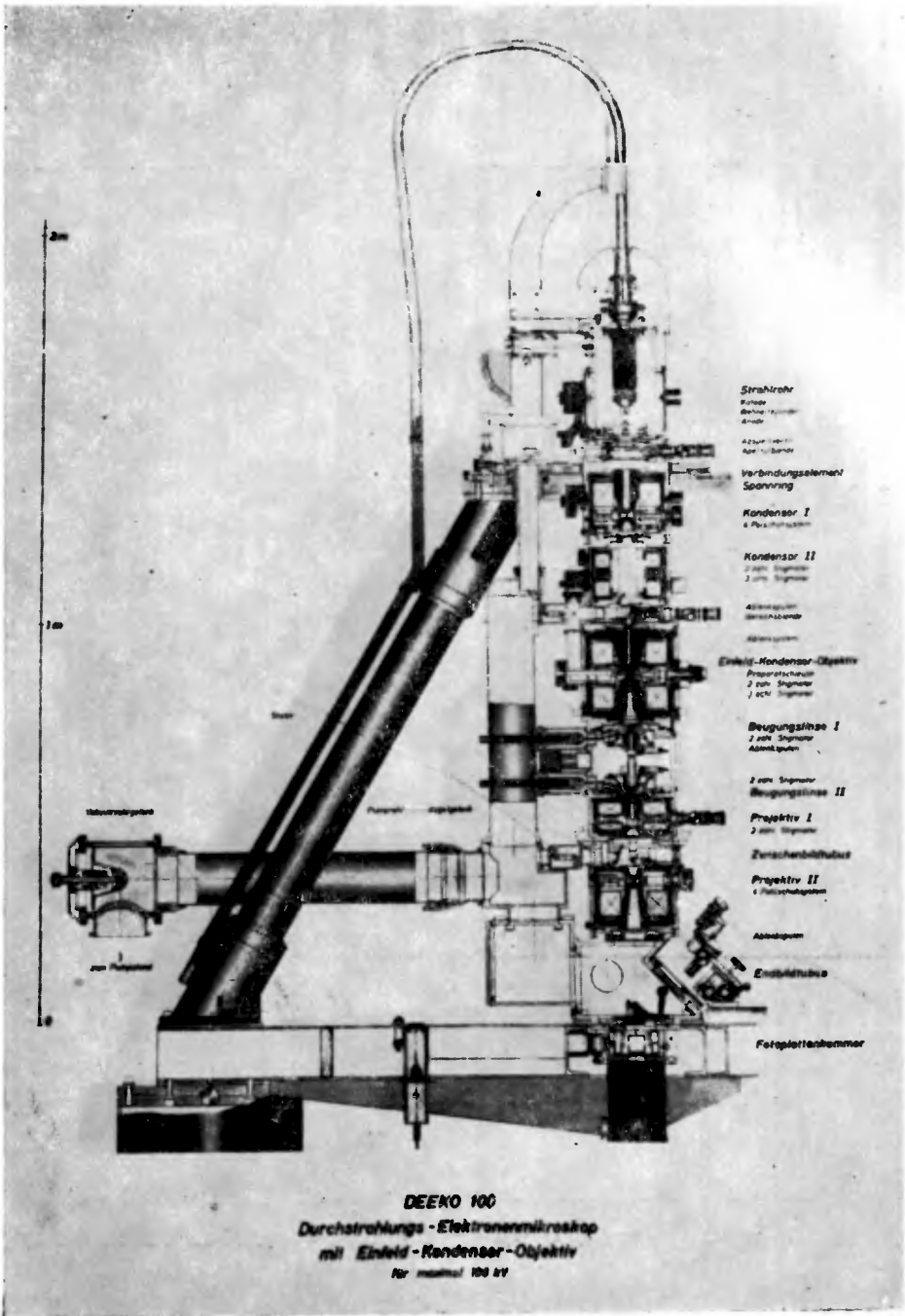


Rys. 12 a

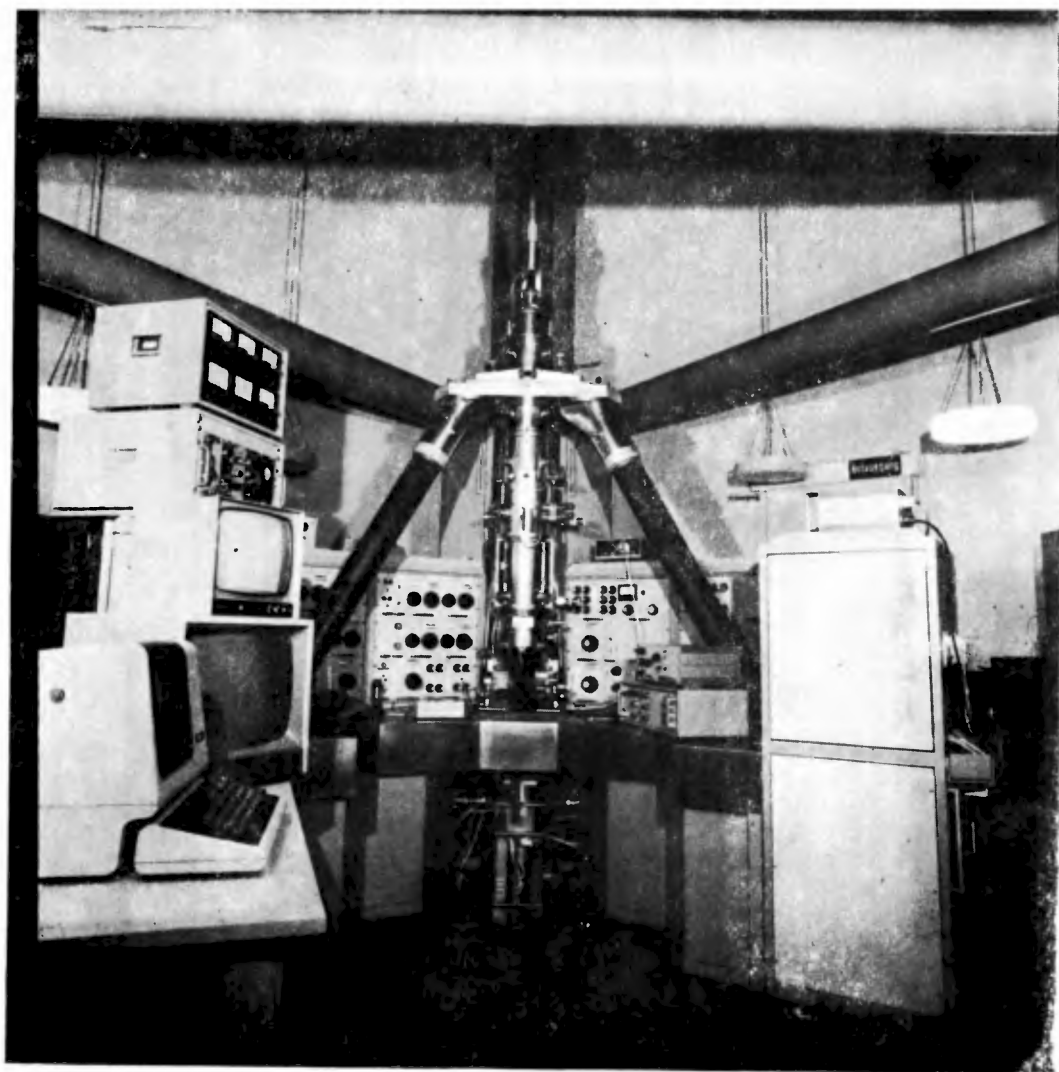


b

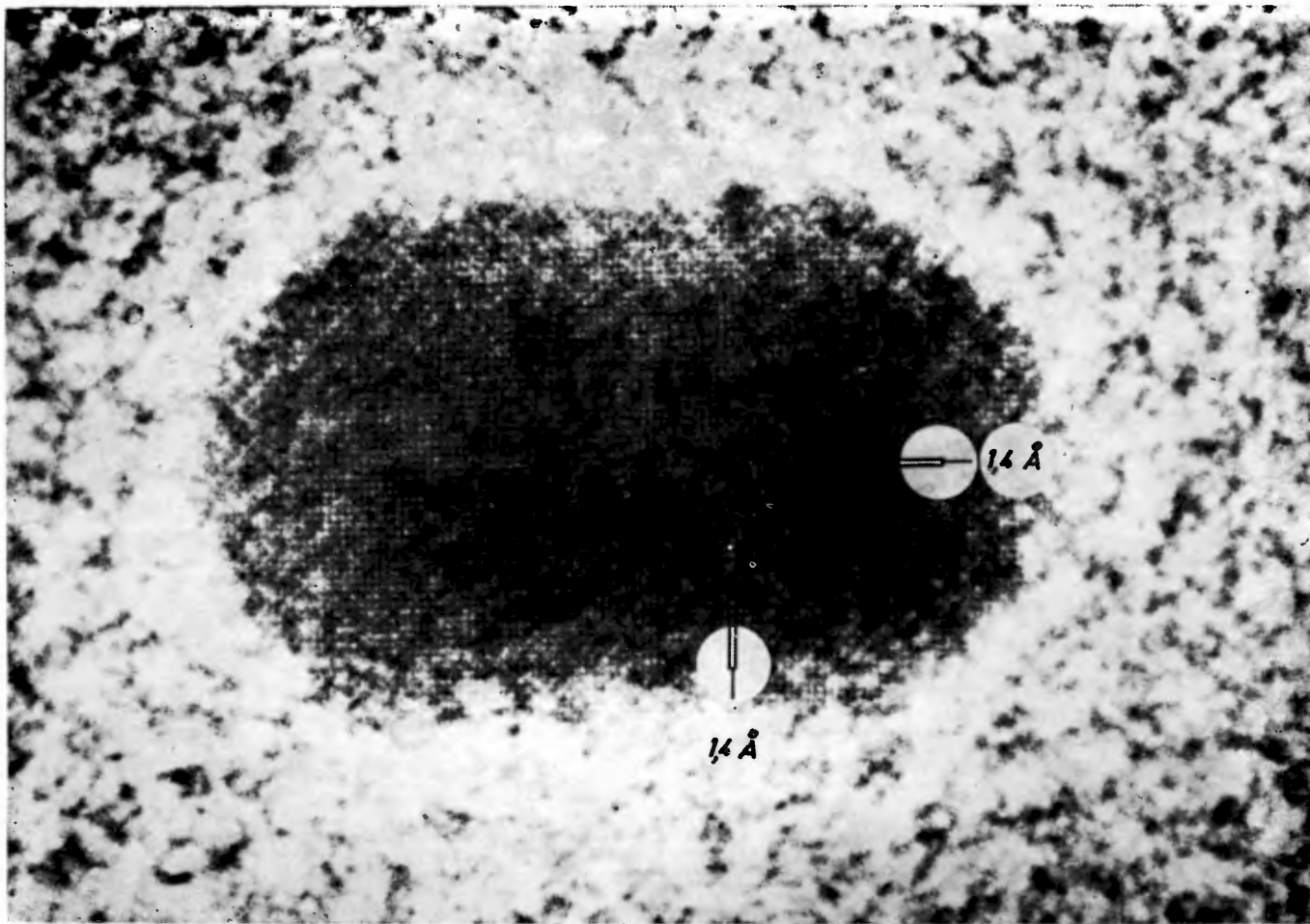
Rys. 12. Pierwszy, produkowany seryjnie 100 kV-owy mikroskop elektronowy z dwiema soczewkami kondensorowymi do „naświetlania małych obszarów”, (Siemens); a) przekrój poprzeczny, b) wygląd zewnętrzny [23].



Rys. 13. 100 kV mikroskop elektronowy z jednopolowym obiektywem kondensorowym (przekrój poprzeczny) [24].

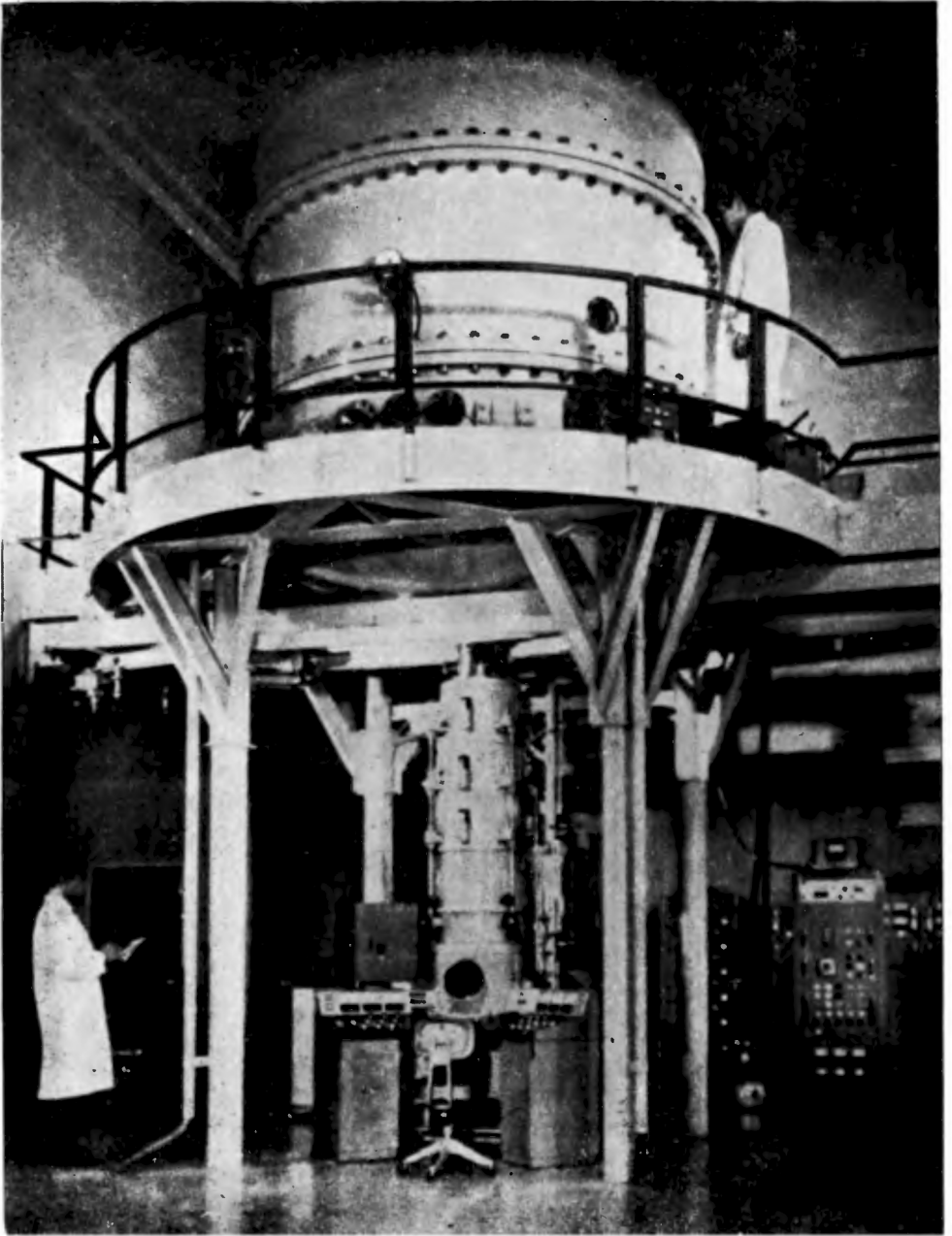


Rys. 14. Wygląd zewnętrzny przyrządu, którego przekrój poprzeczny przedstawiono na rys. 13 [24].

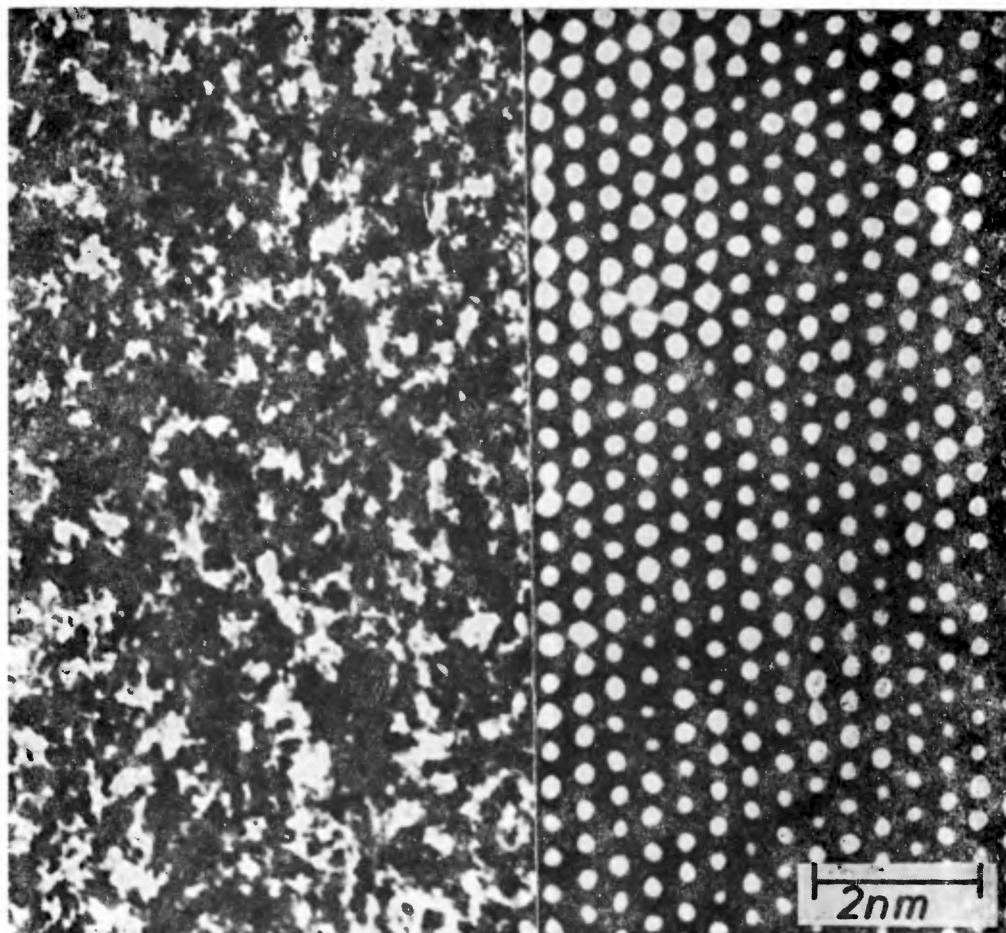


Rys. 15. Kryształ złota w formie płytki; płaszczyzny sieci w odstępach 0,14 nm odzworowane przy oświetleniu osiowym ( $U = 100$  kV,  $M_{ef} = 800\,000 \times$ ; obraz uzyskany (1976) przez K. Weissa i F. Zemlina w 100 kV-owym transmisyjnym mikroskopie elektronowym z jednopolowym obiektywem kondensorowym w Instytucie Fritza Habera, podlegającym Max-Planck-Gesellschaft).





Rys. 16. 1 MV-owy mikroskop elektronowy (Japan Electron Optics Laboratory Co. Ltd.).



Rys. 17. Kryształ parafiny (po lewej: obraz, uzyskany przy minimalnej dawce elektronów, po prawej: superpozycja 400 podobszarów przedstawionego po lewej stronie obrazu, wyliczona przez komputer) (R. Henderson, P. N. T. Unwin, *Nature* 257, 28 (1975)).

wobec znacznego spadku ruchliwości wewnątrz próbki. Dzięki temu, niezależnie nawet od jonizacji, której nie da się uniknąć, cząsteczki przez dłuższy czas zachowują swoją strukturę. Zastosowanie kriomikroskopu [25, 26] o rozdzielczości  $3,5 \text{ \AA}$  pozwoliło w ostatnich latach uzyskać obrazy kryształów bardzo wrażliwych na wiązkę elektronową (rys. 17) [27]. Próbki zostały zamrożone w temperaturze  $-269^\circ\text{C}$ . Bezpośrednia rejestracja obrazu o dostatecznym kontraście nie jest możliwa, ponieważ dawka elektronów potrzebna do uzyskania normalnego naświetlenia kliszy niszczy próbkę. Toteż najpierw, stosując bardzo małe dawki, obrazy rejestrowane są wielokrotnie, a następnie poddaje się je procedurze uśrednienia. Zapisy fotograficzne są bardzo rozmyte, jakkolwiek ciągle wykazują pewną periodyczność. Uśredniony obraz „końcowy” powstaje w komputerze: Najpierw, korzystając z densytometru, obraz z mikroskopu zamieniany jest w zbiór liczb, tak, że każdemu punktowi obrazu przypisana zostaje pewna liczba, opisująca jego gęstość optyczną. Za pomocą komputera niedoświetlony obraz całego kryształu dzieli się na pola na wzór szachownicy, po czym duża liczba — w naszym przypadku 400 — obrazów takich podobszarów jest korelowana wzajemnie i sumowana przez komputer. Ostateczny obraz odpowiada mikrofotografii, naświetlonej w wystarczającym stopniu. Po lewej stronie (rys. 17) przedstawiono wyjściowy rozmyty obraz kryształu parafiny, prawa strona pokazuje obraz uśredniony. Każda jasna plamka jest odwzorowaniem molekuly. Długie cząsteczki parafiny  $\text{C}_{44}\text{H}_{90}$  ustawione są prostopadle do płaszczyzny obrazu. Za pomocą opisanej procedury obrazy elektronomikroskopowe mogą być przetwarzane przez komputer. Jest on potężnym narzędziem w nowoczesnej mikroskopii elektronowej.

Nie mogę zagłębiać się w szczegóły, dotyczące: transmisyjnych mikroskopów elektronowych z soczewkami elektrostatycznymi, skaningowych mikroskopów elektronowych, które są szeroko stosowane zarówno do badań powierzchni, jak i próbek prześwietlanych, wielkiego znaczenia rozmaitych metod przetwarzania obrazu, realizowanych częściowo przez komputer oraz polowego mikroskopu elektronowego i mikroskopu jonowego.

Rozwój mikroskopii elektronowej aż do dnia dzisiejszego był przede wszystkim walką z niepożądanymi następstwami tych samych własności promieni elektronowych, które torowały drogę do osiągnięcia rozdzielczości wyższej niż w mikroskopii optycznej. Dla przykładu, mała długość fali materii — warunek wstępny dla dobrej rozdzielczości — łączy się z niepożądaną wysoką energią elektronu, powodującą niszczenie preparatu. Odchylenie biegu wiązki elektronów w polu magnetycznym, co jest warunkiem koniecznym dla tworzenia obrazu soczewkowego, może jednocześnie ograniczać zdolność rozdzielczą, jeżeli zmienne pola magnetyczne z otoczenia nie będą w dostatecznym stopniu ekranowane przez mikroskop elektronowy. Nie powinniśmy więc dzisiaj potępiać tamtych badaczy, nie dających wiary mikroskopii elektronowej w jej początkach. Zaiste jest zadziwiające, że teraz te trudności zostały rozwiązane do tego stopnia iż dzisiaj aż tyle dyscyplin nauki może korzystać z dobrodziejstw mikroskopii elektronowej.

Tłumaczyli  
*Elżbieta Mizera*  
 i  
*Jerzy Morawiec*  
 Instytut Fizyki PAN  
 Warszawa

## Literatura

- [1] R. Rankin, „The cathode ray oscillograph”, *Electric Club J.*, **2**, 620 (1905).
- [2] W. Hittorf, „Über die Elektrizitätsleitung der Gase, I und II”, *Ann. Physik. Chemie* **16**, 1 i 197 (1869).
- [3] H. Busch, „Über die Wirkungsweise der Konzentrierungsspule bei der Braunschen Röhre”, *Arch. Elektrotechnik* **18**, 583 (1927).
- [4] E. Ruska, „Über eine Berechnungsmethode des Kathodenstrahloszillographen auf Grund der experimentell gefundenen Abhängigkeit des Schreibfleckdurchmessers von der Stellung der Konzentrierungsspule”, pracę nad tym prowadzono od 1 listopada 1928 w Laboratorium Wysokich Napięć w Politechnice w Berlinie (dyr. prof. A. Matthias). Studencka praca (str. 177), złożona 10 maja 1929.
- [5] E. Ruska, M. Knoll, „Die magnetische Sammelspule für schnelle Elektronenstrahlen”, *Z. techn. Physik* **12**, 389 i 448 (1931).
- [6] M. Knoll, „Vorrichtung zur Konzentrierung des Elektronenstrahls eines Kathodenstrahloszillographen”, patent niemiecki No. 690809, zarejestrowany 10 listopada 1929, potwierdzony 11 kwietnia 1940.
- [7] E. Ruska, „Untersuchung elektrostatischer Sammelvorrichtungen als Ersatz der magnetischen Konzentrierungsspulen bei Kathodenstrahloszillographen”, rozpoczęto 18 lipca 1930 r. w Laboratorium Wysokich Napięć w Politechnice w Berlinie (dyrektor prof. A. Matthias) i oddano 23 grudnia 1930 jako Diplomarbeit (str. 1-90).
- [8] M. Knoll, E. Ruska, „Beitrag zur geometrischen Elektronenoptik, I und II”, *Ann. Physik* **12**, 607 i 641 (1932).
- [9] M. Knoll, „Berechnungsgrundlagen und neuere Ausführungsformen des Kathodenstrahloszillographen”, rękopis wykładu wygłoszonego 4 czerwca 1931 na Kolokwium Cranza w Politechnice w Berlinie (str. 1-26).
- [10] E. Ruska, *The Early Development of Electron Lenses and Electron Microscopy*, S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1980, str. 113.
- [11] L. de Broglie, „Recherches sur la théorie des quanta”, Thèse, Masson & Cie., Paris 1924; *Ann. de Physiques* **3**, 22 (1925).
- [12] M. Knoll, E. Ruska, „Des Elektronenmikroskop”, *Z. Physik* **78**, 318 (1932).
- [13] B. v. Borries, E. Ruska, „Magnetische Sammellinse kurzer Feldlänge”, patent niemiecki No 680284, zarejestrowany 17 marca 1932, potwierdzony 3 sierpnia 1939.
- [14] E. Ruska, „Über ein magnetischen Objektiv für das Elektronenmikroskop”, praca doktorska w Politechnice w Berlinie, złożona 31 sierpnia 1933; *Z. Physik* **89**, 90 (1934).
- [15] E. Ruska, „Über Fortschritte im Bau und der Leistung des Magnetischen Elektronenmikroskops”, *Z. Physik* **87**, 580 (1934).
- [16] Patrz poz. [10], str. 120-122.
- [17] L. Marton, „La microscopie électronique des objets biologiques”, *Acad. roy. Belg. Bull. Cl. des Sci., Ser. 5*, **20**, 439 (1934).
- [18] L. Marton, „Le microscope électronique”, *Rev. de Microbiol. appl.* **2**, 117 (1936).
- [19] Patrz [10], str. 123-124.
- [20] B. v. Borries, E. Ruska, „Vorläufige Mitteilung über Fortschritte im Bau und in der Leistung des Übermikroskops”, *Wiss. Veröff. Siemens-Werken* **17**, 99 (1938).
- [21] B. v. Borries, E. Ruska, „Ein Übermikroskop für Forschungsindustrie”, *Naturwissenschaften* **27**, 577 (1939).
- [22] E. Ruska, „Über neue magnetische Durchstrahlungs-Elektronenmikroskope im Strahlspannungsbereich von 40...220 kV, Teil I”, *Kolloid-Zeitschrift* **116**, 103 (1950).
- [23] E. Ruska, O. Wolff, „Ein hochauflösendes 100-kV-Elektronenmikroskop mit Kleinfelddurchstrahlung”, *Zt. wiss. Mikroskopie und mikroskopische Technik* **62**, 466 (1956).
- [24] W. D. Riecke, E. Ruska, „A 100 kV transmission electron microscope with single-field condenser objective”, *VI Int. Congress Electron Microscopy*, Kyoto, I, 19 (1966).
- [25] F. Zemlin, E. Reuber, B. Beckmann, E. Zeitler, D. L. Dorset, „Molecular Resolution Electron Micrographs of Monolamellar Paraffin Crystals”, *Science* **229**, 461 (1985).

- [26] I. Dietrich, F. Fox, E. Knapek, G. Lefranc, K. Nachtrieb, R. Weyl, H. Zerbst, „Improvements in electron microscopy by application of superconductivity”, *Ultramicroscopy* **2**, 241 (1971).
- [27] R. Henderson, P. N. T. Unwin, „Three-dimensional model of purple membrane obtained by electron microscopy”, *Nature* **257**, 28 (1975).

## R Ó Ż N E

Krzysztof Ernst

Instytut Fizyki Doświadczalnej  
Uniwersytet Warszawski  
Warszawa

## Włoskie Towarzystwo Fizyczne The Italian Physical Society

*Abstract:* Short history and main activities of the Italian Physical Society (Società Italiana di Fisica) are presented, stressing the important part which the journal *Il Nuovo Cimento* played in the development of the Society.

Włoskie Towarzystwo Fizyczne lub w brzmieniu oryginalnym Società Italiana di Fisica (SIF) powołane zostało do życia w 1897 r. Styczniowy numer czasopisma *Il Nuovo Cimento* z tego właśnie roku opatrzony został po raz pierwszy notką „Organ Włoskiego Towarzystwa Fizycznego”. Związki łączące Towarzystwo z czasopismem są jednak znacznie głębsze, przede wszystkim ze względu na olbrzymią rolę jaką odegrało *Il Nuovo Cimento* w rozwijaniu i kształtowaniu włoskiej fizyki. Założone zostało w 1855 r. przez grupę profesorów Uniwersytetu w Pizie, mieście, które w tym okresie stanowiło niewątpliwie centrum krzewienia wolnej myśli naukowej na Półwyspie Apenińskim. Jeden z założycieli, Riccardo Felici, wielce zasłużony dla rozwoju tego jedyne w owym czasie czasopisma fizycznego, przekazał go właśnie w 1897 r. tworzonemu wówczas Towarzystwu z myślą, aby stało się jego oficjalnym organem. Został też mianowany honorowym prezesem Towarzystwa. Tradycyjnie, do dzisiaj prezes Włoskiego Towarzystwa Fizycznego jest równocześnie redaktorem naczelnym *Il Nuovo Cimento*. Występujące w tytule słowo „cimento” ma wiele znaczeń w języku włoskim. Oznacza „próbę”, „wysilek”, „ryzyko”, a także „doświadczenie”. Niektórzy określają go wręcz jako słowo magiczne twierdząc, nie bez racji, że stworzone zostało właśnie dla nazwy pisma poświęconego fizyce.

Pierwsze trzydzieści lat życia Towarzystwa upłynęło spokojnie, bez inicjatyw na wielką skalę, a wszelkie kontakty zagraniczne ograniczały się jedynie do kontaktów osobistych bardziej znaczących jego członków. Dopiero w latach trzydziestych nowa generacja włoskich fizyków, głównie pod wpływem tak wybitnych osobowości jak Corbino i Garbasso, zwiększyła wyraźnie swoją aktywność przyczyniając się zarówno do rozwoju fizyki we Włoszech jak i do wzrostu pozycji Towarzystwa na arenie międzynarodowej. W tym też okresie, a dokładnie w 1935 r., oficjalna siedziba Towarzystwa przeniesiona została

z Pizy do Bolonii. Wysoka ranga Towarzystwa ugruntowała się jeszcze bardziej po drugiej wojnie światowej wraz z dalszym wzrostem znaczenia włoskiej fizyki, a także liczby członków Towarzystwa. Obecnie Włoskie Towarzystwo Fizyczne ma ok. 1200 członków.

Cele Towarzystwa ujęte są w artykule 1 statutu w następujących słowach: „Włoskie Towarzystwo Fizyczne ma za zadanie pomagać, popierać i rozszerzać opiekę nad rozwojem i postępem fizyki we Włoszech”.

Rozwój i znaczenie Towarzystwa oraz jego działalność są nierozdzielnie związane z rozwojem jego oficjalnego organu *Il Nuovo Cimento*. Do początku II wojny światowej było ono czasopismem wydawanym po włosku, a zatem o zasięgu krajowym. Ma ono jednak duże zasługi i duże znaczenie historyczne, jako że większość wybitnych włoskich fizyków tam właśnie publikowała swoje prace. Po przerwie związanej z II wojną światową *Il Nuovo Cimento* wznowiło swoją działalność w 1947 r. stając się, dzięki wydawaniu go w języku angielskim oraz powołaniu międzynarodowego zespołu doradczego, znanym czasopismem o zasięgu międzynarodowym. W ciągu 25 lat powojennej działalności oficjalny organ Towarzystwa zwiększył swoją objętość z 290 do prawie 10 000 stron rocznie.

Wzrastająca liczba nadsyłanych artykułów spowodowała, że Włoskie Towarzystwo Fizyczne powołało do życia w 1969 r. *Lettere al Nuovo Cimento* oraz *Rivista del Nuovo Cimento*. Pierwsze czasopismo publikowało krótkie listy i komunikaty naukowe, drugie zaś artykuły przeglądowe, do napisania których w trosce o wysoki poziom naukowy zapraszano specjalistów z różnych dziedzin fizyki. Obecnie *Il Nuovo Cimento* podzielone jest na cztery sekcje poświęcone różnym specjalnościom. W 1986 r. Towarzystwa Fizyczne: Włoskie, Francuskie, Angielskie i Europejskie powołały nowe czasopismo „Europhysics Letters”. Zastąpiło ono *Lettere al Nuovo Cimento* (a także wydawane we Francji *Journal de Physique Lettres*), które automatycznie przestały się ukazywać. Włoskie Towarzystwo Fizyczne wydaje również trzy czasopisma w języku włoskim. Jedno — *Il Giornale di Fisica* przeznaczone jest przede wszystkim dla nauczycieli fizyki w szkołach średnich i technicznych. Zawiera ono informacje zarówno o najważniejszych odkryciach naukowych jak również o postępach w metodach dydaktycznych i technikach nauczania. Drugie — *Fisica e tecnologia* jest czasopismem skierowanym do świata przemysłu i zajmuje się przede wszystkim zastosowaniami fizyki w przemyśle. Wreszcie trzecie — *Il Nuovo Saggiatore*, biuletyn Towarzystwa informuje członków o swojej działalności, a ponadto publikuje artykuły popularyzujące różne dziedziny fizyki. Przyświeca temu chęć zbliżenia do siebie fizyków różnych specjalności.

Ważnym elementem działalności Towarzystwa jest organizowanie w Varennie corocznej szkoły międzynarodowej imienia Enrico Fermiego. Odbywa się ona nieprzerwalnie od 1953 r., a każdego roku wybrane zostają trzy ważne i aktualne w fizyce światowej zagadnienia. Wykładowcami i słuchaczami są naukowcy z całego świata, od laureatów Nagrody Nobla począwszy a na młodych adeptach fizyki skończywszy. Włoskie Towarzystwo Fizyczne we współpracy z wydawnictwem North-Holland drukuje w specjalnych zeszytach wszystkie wykłady wygłoszone w tej szkole.

Co roku organizowany jest również Zjazd Towarzystwa, a niezależnie od niego kongresy poświęcone różnym ważnym i aktualnym zagadnieniom interesującym środowisko fizyków. I tak w ciągu trzech ostatnich lat tematami kongresów były: „Fizyka a Uniwersytet”, „Fizyka włoska a oddziaływania słabe” i „Energia, rozwój, środowisko”.

Zjazd Towarzystwa odbywający się co roku w innym mieście jest okazją do spotkania fizyków reprezentujących różne specjalności, a także do podejmowania ważnych decyzji organizacyjnych. Tradycyjnie już, na sesji inauguracyjnej Zjazdu wręczane są uroczystie przyznawane przez Towarzystwo nagrody w dwóch kategoriach: 1) dla młodych pracowników nauki za wyróżniające się osiągnięcia naukowe, 2) za osiągnięcia w dziedzinie dydaktyki i historii fizyki.

W 1979 r. Włoskie Towarzystwo Fizyczne podjęło inicjatywę bezpłatnego rozprowadzania po szkołach filmów dydaktycznych poświęconych fizyce. W 1985 r. rozprowadzono filmy zarejestrowane na wideokasetach i w tej właśnie formie filmy dostarczane są obecnie do szkół. Od r. 1977 Włoskie Towarzystwo Fizyczne wraz ze swoimi odpowiednikami reprezentującymi matematykę, chemię i kilka innych dziedzin tworzy Komitet Koordynacyjny na forum którego omawia się sprawy o szerszym zasięgu. Odbywa się to na corocznym Zjeździe poświęconym wybranemu ważnemu problemowi związanemu z rozwojem nauki we Włoszech. Ostatni Zjazd poświęcony był zagadnieniu „Personel naukowy we Włoszech”.

Włoskie Towarzystwo Fizyczne było też jednym z członków założycieli Europejskiego Towarzystwa Fizycznego.



## WSPOMNIENIA — ROCZNICE

*Józef Hurwic*

Laboratoire de Diélectrochimie  
 Université de Provence  
 Marsylia, Francja

**Ernest Rutherford (1871-1937)  
 W 50-lecie śmierci**

**Ernest Rutherford (1871-1937) — on the 50th  
 Anniversary of his Death**

*Abstract:* E. Rutherford showed that uranium radiation consisted of at least two types of rays, which he named  $\alpha$  and  $\beta$  rays. He advanced the atomic disintegration theory of radioactivity (with F. Soddy), proposed a nuclear structure of the atom and succeeded in artificially transmuting a nucleus. He was awarded the 1908 Nobel prize in chemistry.

Ernest Rutherford, twórca podstaw fizyki jądrowej, był jednym z ostatnich fizyków, którzy, jak Röntgen, Henri Becquerel czy małżonkowie Curie, niezmiernie prostymi środkami doświadczalnymi i nie posługując się w swych rozważaniach skomplikowanym aparatem matematycznym, dokonali rewolucyjnych odkryć.

Urodził się 30 sierpnia 1871 r. w malowniczej miejscowości Brighwater (Spring Grove) w pobliżu miasta Nelson w Nowej Zelandii [1]. Pochodził ze szkockiej rodziny farmerskiej. Jego dziadek George Rutherford w 1842 r. wyemigrował wraz z rodziną do Nowej Zelandii. Ojciec Ernesta, James, zgodnie z tradycją rodzinną, był również farmerem, lecz miał się także innych zawodów. Matka, Martha z domu Thomson, była do czasu ślubu nauczycielką. Mieli dwanaścioro dzieci, z których Ernest był czwartym z kolei; troje zmarło we wczesnym dzieciństwie.

Ernest już w szkole początkowej wykazuje niezwykle zdolności, uzyskując najwyższe oceny ze wszystkich przedmiotów, a przy tym pomaga ojcu w pracy na roli. Równie dobre wyniki osiąga w szkole średniej. Kontynuuje następnie naukę w Nelson College, gdzie zdobywa dobre podstawy matematyczne. Gdy około pół wieku później, 1 stycznia 1931 r., zostanie za zasługi naukowe mianowany parem Anglii, wybierze tytuł: Lord Rutherford of Nelson.

W 1890 r. Rutherford wstępuje na niedawno (w 1873 r.) założony nowozelandzki uniwersytet Canterbury College w Christchurch. Uniwersytet ma wtedy zaledwie ok. 150 studentów i zatrudnia tylko 7 profesorów. Tutaj Rutherford coraz bardziej interesuje się

fizyką, szczególnie zaś oscylacyjnymi wyładowaniami elektrycznymi. Świat naukowy entuzjazuje się bowiem wtedy odkrytymi przed kilku laty przez Heinricha Hertza falami elektromagnetycznymi przewidzianymi teoretycznie przez Maxwella. W skromnym laboratorium profesora A. W. Bickertona Rutherford wykonuje swą pierwszą pracę badawczą. Jej tematem jest magnetyzacja żelaza pod wpływem wyładowań elektrycznych wielkiej częstości [2]. Już wtedy Rutherford daje się poznać jako przyszły mistrz eksperymentu.

Traf zrządził, że Maria Skłodowska również rozpoczęła, w tym samym zresztą czasie, swą karierę naukową badaniem magnetycznych właściwości stali [3]. Polska badaczka na tej jednak pracy z zakresu magnetyzmu poprzestała i zajęła się w 1897 r. badaniem zjawiska, które później nazwała promieniotwórczością, gdy Rutherford kontynuował badania związane z „falami Hertza”, by dopiero nieco później skierować swe zainteresowania ku promieniotwórczości. Odtąd badania obojga tych uczonych nawzajem się uzupełniają. Oboje byli niemal rówieśnikami (Maria Curie była o 4 lata starsza) i oboje zakończyli swe pracowite i owocne życie w tym samym mniej więcej wieku: Maria Curie liczyła 67 lat, Rutherford o rok mniej. Wskażmy na jeszcze jedną zbieżność: w czasach szkolnych oboje byli wzorowymi uczniami, co się nie zawsze zdarzało przyszłym wybitnym uczonym, że wymienimy, jako przykłady, Röntgena, Piotra Curie, Einsteina, Nielsa Bohra, Fryderyka Joliot-Curie.

Po chlubnym ukończeniu uniwersytetu w Christchurch Rutherford uzyskuje w 1894 r. stypendium na dalsze studia. Wybiera Cavendish Laboratory w Cambridge, którym kieruje wówczas Joseph John Thomson, późniejszy odkrywca swobodnego elektronu. Do tego laboratorium 24-letni absolwent nowozelandzkiego uniwersytetu przybywa we wrześniu 1895 r. Początkowo kontynuuje swe badania magnetyczne: opracowuje magnetyczny detektor fal elektrycznych [4].

W tym czasie Wilhelm Conrad Röntgen odkrywa promienie, które nazwano (w języku polskim) jego nazwiskiem [5]. Odkrycie to budzi powszechną sensację. Liczni fizycy zaczynają badać właściwości tych promieni, a w szczególności ich zdolność jonizacyjną. Z tej ich właściwości skorzystał Thomson do badania mechanizmu jonizacji i zachowania się jonów gazowych (pod normalnym ciśnieniem). W badaniach tych uczestniczy Rutherford [6]. Opracował on metodę pomiaru jonizacji gazów pod wpływem promieni Röntgena [7]. Po odkryciu w Paryżu przez Henriego Becquerela promieniotwórczości i stwierdzeniu przez niego, że również uran i jego związki jonizują powietrze [8, 9], Rutherford zastosował do mierzenia tej jonizacji metodę, którą opracował do badania jonizacji wywoływanej przez promienie Röntgena [10]. W ten sposób włącza się do badań promieniotwórczości, którym poświęci całą swą dalszą działalność naukową i które doprowadzą go do odkrycia jądra atomowego i stworzenia podstaw fizyki jądrowej. Trzeba tu stwierdzić, że w odróżnieniu od metody półjakościowej Becquerela, który stosował zwykły elektroskop do badania jonizacji, Rutherford, podobnie jak małżonkowie Curie w Paryżu, posługiwał się precyzyjną metodą pomiarową za pomocą elektrometru kwadrantowego.

W wyniku długotrwałych badań właściwości promieni wysyłanych przez preparat uranowy, a głównie ich zdolności przenikania przez różne przeszkody, Rutherford wyróżnia dwa rodzaje promieniowania, w różnym stopniu pochłaniane przez materię, z których jeden nazywa promieniami  $\alpha$ , drugi — promieniami  $\beta$  [10].

Zastosowanie pola magnetycznego wydatnie zwiększyło skuteczność badania pro-

mieniotwórczości. Prawie jednocześnie radiochemik niemiecki Friedrich Oscar Giesel [11], badacze austriaccy Stefan Meyer i Egon Ritter von Schweidler [12] oraz Henri Becquerel [13] stwierdzają, że pole magnetyczne odchyła promienie  $\beta$  w taki sam sposób i w tym samym kierunku co promienie katodowe; promienie  $\alpha$  są w tych doświadczeniach prawie całkowicie pochłaniane. Becquerel obserwuje również odchylenie promieni  $\beta$  w polu elektrycznym między dwiema płytami kondensatora [14]. Potwierdza w ten sposób, że promienie te stanowią strumień cząstek naładowanych ujemnie. Na podstawie wielkości tego odchylenia oraz zakrzywienia ich toru w polu magnetycznym podaje pierwsze dane ilościowe dotyczące cząstki  $\beta$ : ładunek właściwy (tj. stosunek ładunku do masy) oraz prędkość. Wynika stąd, że cząstka  $\beta$  jest identyczna z elektronem Thomsona. Charakter promieni  $\alpha$  pozostanie jeszcze dość długo nie wyjaśniony.

Nieco później niż wykonano omówione doświadczenia, Paul Villard we Francji odkrywa trzeci rodzaj promieniowania wysyłanego przez preparaty promieniotwórcze, bardziej przenikliwy niż pozostałe i nie ulegający odchyleniu w polu magnetycznym [15], nazwany przez Rutherforda promieniami  $\gamma$ .

W 1898 r. zwoleńnię się stanowisko profesorskie na angielskim Uniwersytecie McGill w Montrealu. Rutherford, zaopatrzony w niezmiernie pochlebny list polecający Thomsona i wierząc w swe możliwości, zgłasza swą kandydaturę na wakujące stanowisko i zostaje mianowany profesorem fizyki. Przed wyjazdem do Montrealu udaje się do Nowej Zelandii, by się ożenić ze swą narzeczoną Mary Newton, którą tam pozostawił przed wyjazdem do Cambridge, lecz z którą pozostawał w nieprzerwanym kontakcie korespondencyjnym.

Rutherford zamienia więc światowej sławy ośrodek naukowy w Cambridge na mało znany, lecz dobrze wyposażony, uniwersytet kanadyjski. Znalazszy tu dogodne warunki, rozwija bardzo owocne badania promieniotwórczości.

Małżonkowie Curie zauważyli, że przedmioty znajdujące się w pobliżu preparatów promieniotwórczych nabywają promieniotwórczości „wzbudzonej” [16]. Próbując wytłumaczyć to zjawisko, Rutherford wysuwa przypuszczenie, iż preparaty te, poza trzema rodzajami promieniowania, wydzielają jakiś gaz promieniotwórczy. Sprawdzeniem tego przypuszczenia Rutherford zajął się we współpracy z młodym chemikiem, Frederickiem Soddy, który po ukończeniu studiów w Anglii w poszukiwaniu odpowiedniego stanowiska pojechał do Kanady. Badacze wykonują niezmiernie proste doświadczenie [17]. Powietrze, przepuszczane przez preparat torowy, wprowadzają do rury z elektrodami i w różnych jej miejscach mierzą jonizację wywołaną przez hipotetyczny gaz porwany przez przepuszczane powietrze. Na podstawie tych pomiarów oraz prędkości gazu, nie tylko wykazali, że tor istotnie wydziela gaz promieniotwórczy, lecz również stwierdzili, iż spadek aktywności w zależności od czasu ma charakter wykładniczy i wyznaczyli okres połowicznego zaniku emanacji, jak nazwali ten gaz, będący nowym pierwiastkiem. W następnej części tej pracy [18] podali wyjaśnienie mechanizmu promieniotwórczości.

Już małżonkowie Curie usiłowali wytłumaczyć istotę promieniotwórczości: wśród różnych możliwości wskazali możliwość samorzutnego przekształcania się atomów pierwiastka promieniotwórczego w atomy innego pierwiastka; nie wykluczali jednak innych możliwości [19-21]. Dopiero Rutherford i Soddy doświadczalnie udowodnili, że tor X (izotop radu, jak to wiemy obecnie) przekształca się samorzutnie w emanację (torową). W następnym roku ci sami badacze wykazali, iż także uran i rad ( $^{226}\text{Ra}$ ) przekształcają

się samorzutnie w inne pierwiastki [22]. Obalony więc został dziewiętnastowieczny pogląd o niezmienności pierwiastków i niepodzielności atomów.

Dodajmy nawiasem, że dwie dopełniające się krzywe wykładnicze: krzywa narastania powstającego pierwiastka promieniotwórczego i krzywa jego zaniku, gdy jest oddzielony od pierwiastka macierzystego, znajdują się wiele lat później w herbie Lorda Rutherforda.

Innym obiektem badań Rutherforda i jego współpracowników w Montrealu są promienie  $\alpha$ . Rutherford stwierdza przede wszystkim, że w silnym polu magnetycznym i elektrycznym promienie te są lekko odchylane tak, jakby stanowiły strumienie cząstek naładowanych dodatnio i poruszających się z wielką prędkością [23]. Za pomocą dokładnych pomiarów wykazuje on, iż cząstki  $\alpha$  mają ładunek właściwy mniej więcej taki sam, jaki ma zjonizowany hel. Przekonuje się następnie, że ogrzewane ciała promieniotwórcze wydzielają hel [24]. W ten sposób, na podstawie wyników wieloletnich systematycznych badań, uczony dochodzi do przekonania, że cząstki  $\alpha$  są jonami helu. Aby to jednak bezspornie udowodnić, kilka jeszcze lat poświęci Rutherford badaniu tych promieni. Litera  $\alpha$  mogła z równym uzasadnieniem, jak krzywe ewolucji pierwiastków promieniotwórczych, znaleźć się w herbie Lorda Rutherforda.

Śledząc długoletnie badania cząstek  $\alpha$ , prowadzone przez Rutherforda i jego współpracowników, stwierdzamy niezwykle ostrożność uczonego we wnioskowaniu. Każdy wynik wielokrotnie i wszechstronnie sprawdza, zanim zdecyduje się go ogłosić. Swoim uczniom również odradza pośpieszne publikowanie uzyskanych rezultatów.

Wymieniając różne osiągnięcia Rutherforda, warto przypomnieć, iż rozstrzygnął on również spór między fizykami i geologami co do wieku Ziemi. William Thomson, bardziej znany jako Lord Kelvin, opierając się na takich danych, jak wzrost temperatury Ziemi od powierzchni ku wnętrzu, ciepło właściwe skał i ich temperatura topnienia, obliczył czas stygnięcia rozżarzonej do białości ciekłej kuli, jaką miała stanowić kiedyś nasza planeta. Według jego obliczeń, od tamtego stanu do stanu obecnego miało upłynąć od 20 do 40 milionów lat [25]. Z rozważań natomiast geologów i biologów wiek Ziemi powinien być znacznie dłuższy. Gdy Rutherford uwzględnił ciepło wydzielane przez pierwiastki promieniotwórcze zawarte w skorupie ziemskiej, sprzeczność ta została w zasadzie usunięta [26].

Pracownia Rutherforda w Montrealu zdobywa coraz większy rozgłos w środowisku naukowym i dzięki temu zaczyna ściągać badaczy zagranicznych. Pierwszym współpracownikiem Rutherforda spoza imperium brytyjskiego był polski fizyk Tadeusz Godlewski, późniejszy profesor Politechniki Lwowskiej. Badając w Montrealu szereg uranoaktynowy, odkrył aktyn X, tj. izotop 223 radu [27]. W pracowni Rutherforda w Montrealu przez rok przebywał też m. in. Otto Hahn, przyszły odkrywca jądrowego rozszczepienia uranu, który za to otrzyma w 1945 r. nagrodę Nobla z chemii za rok poprzedni.

Wokół Rutherforda powstaje najwybitniejsza szkoła badania promieniotwórczości. Szkoła ta nie przestaje istnieć, gdy w 1907 r. Rutherford przenosi się do Manchesteru. Znany spektroskopista, Sir Ernest Schuster, kierownik katedry fizyki na tamtejszym uniwersytecie, postanowił podać się do dymisji, pod warunkiem jednak, że jego stanowisko obejmie Rutherford, chociaż pracował on w zupełnie innej dziedzinie fizyki.

Zaopatrzywszy się w niezbędną ilość radu, Rutherford kontynuuje w Manchesterze badania promieni  $\alpha$ .

W 1908 r. otrzymuje Nagrodę Nobla z chemii za odkrycia dotyczące przemian pierwiastków promieniotwórczych i za ich identyfikację chemiczną. Charakterystyczne, że wykład z okazji otrzymania Nagrody uczony poświęcił chemicznej naturze cząstek  $\alpha$ . Nawiasem mówiąc, Rutherford odnosił się do chemii i chemików raczej lekceważąco.

W Manchesterze rozszerza on zakres stosowanych przez siebie metod badawczych o tradycyjne metody spektroskopowe pracowni Schustera. W ten sposób w dłuższej współpracy z Thomasem Roydsem potwierdza drogą spektroskopową, iż cząstki  $\alpha$  stanowią zjonizowany hel [28].

Najbliższym współpracownikiem Rutherforda staje się Niemiec Hans Geiger, który poprzednio był asystentem profesora Schustera. Nazwisko Geigera nosi wynaleziony przez niego w pracowni Rutherforda licznik do pomiarów promieniotwórczości, ulepszony później przy udziale W. Müllera. Geiger włącza się do badania cząstek  $\alpha$ . Rutherford i Geiger liczą cząstki te według powodowanych przez nie błysków scyntylicyjnych na ekranie z siarczku cynku oglądanym w zupełnej ciemności przez mikroskop o słabym powiększeniu [29, 30]. Obliczona tą metodą liczba Avogadra i ładunek elektronu dobrze zgadzały się z wynikami uzyskanymi inną drogą. Było to bezpośrednim dowodem, że atomy istnieją realnie, nie są zaś tylko fikcyjnym sposobem traktowania zagadnień fizyki. Dla zwiększenia dokładności kłopotliwego liczenia błysków scyntylicyjnych badacze zastosowali następującą metodę: dwie osoby jednocześnie obserwują ten sam ekran i każdy zauważony błysk jest rejestrowany przez naciśnięcie wyłącznika; na podstawie błysków zarejestrowanych tylko przez pierwszego obserwatora, tylko przez drugiego i jednocześnie przez obu, znajdowano statystycznie najbardziej prawdopodobną liczbę błysków [31]. W niektórych pracach badacze zastąpili bezpośrednią obserwację optyczną, męczącą dla obserwatora i subiektywną, przez pomiar za pomocą licznika Geigera [32]. Wszystkie te badania potwierdziły definitywnie, że cząstki  $\alpha$  stanowią dwuwartościowe jony dodatnie helu. Zauważmy, iż oba gazowe produkty przemian promieniotwórczych, emanacja i hel, należą do grupy gazów szlachetnych.

Cząstki  $\alpha$  stają się następnie narzędziem dalszych badań szkoły Rutherforda.

W 1909 r. przybywa do Manchesteru rodak Rutherforda, Nowozelandczyk Ernest Marsden. Zajmuje się, oczywiście jak i jego koledzy, właściwościami cząstek  $\alpha$ . Badając rozpraszanie cząstek  $\alpha$  przechodzących przez cienkie folie metalowe zauważył przypadkowo, że niektóre z tych cząstek, zamiast przejść prosto poprzez folię, ulegają odchyleniu od biegu pierwotnego, niekiedy pod bardzo dużym kątem, dochodzącym do  $90^\circ$ , a nawet przekraczającym go, tzn. są odrzucane wstecz. Rutherford zaskoczony tym wynikiem poleca młodemu badaczowi powtórzyć doświadczenie. Współpracując z Geigerem, potwierdza on swoje pierwsze obserwacje [33]. Te wielkie odchylenia były w zupełnej sprzeczności z ówczesnymi poglądami na budowę materii. Ćwierć wieku później w jednym z odczytów Rutherford tak opisze wrażenie, jakie na nim wywarło to doświadczenie: „Było to najbardziej niewiarygodne wydarzenie w moim życiu. Było to prawie tak niewiarygodne jak gdyby 15-calowy pocisk armatni wystrzelony w arkusz bibułki papierosowej wrócił i trafił w strzelającego”.

Po odkryciu przez Thomsona swobodnego elektronu stało się zrozumiałe, że atom ma budowę złożoną. Z faktu, iż jako całość jest on elektrycznie obojętny i że w jego skład wchodzi ujemnie naładowane elektrony, wynikało, iż ponadto musi on zawierać składnik

o dodatnim ładunku elektrycznym. Opierając się na takim rozumowaniu, Thomson opracował pierwszy, bardzo prymitywny model atomu. Atom miał stanowić coś w rodzaju kulki wypełnionej materią naładowaną dodatnio, w której jak gdyby pływają elektrony. W następnych pracach Thomson nieco zmodyfikował swój model co do rozmieszczenia elektronów, ale zasada pozostała ta sama.

Wielkie odchylenia promieni  $\alpha$  w doświadczeniu Geigera i Marsdena nie dawały się wytłumaczyć na gruncie modelu Thomsona. Aby gwałtownie zmienić kierunek biegu cząstki  $\alpha$  (pędzącej z wielką prędkością) w ciągu krótkiego czasu, w jakim cząstka przebywa dostatecznie blisko atomu materii rozpraszającej, musi działać potężna siła. Nie ulega wątpliwości, że może to być tylko siła elektrostatyczna (odpychania lub przyciągania) wywierana na cząstkę  $\alpha$  przez naładowane cząstki znajdujące się wewnątrz atomu. Przyciąganie między elektronem, ponad 7000 razy lżejszym od cząstki  $\alpha$ , a cząstką  $\alpha$  nie mogłoby praktycznie zmienić biegu tej cząstki. A zatem wielkie odchylenie toru cząstki  $\alpha$  — rozumuje Rutherford — musi być spowodowane przez ładunek dodatni, skoncentrowany w bardzo małej objętości, przy czym jednocześnie musi być w tym obszarze skupiona znaczna masa. Przeprowadziwszy dokładną analizę matematyczną zjawiska, Rutherford dochodzi do rewolucyjnego wniosku, że atom ma budowę jakby ażurową. We wnętrzu atomu mającego średnicę rzędu  $10^{-10}$  m znajduje się cząstka o średnicy rzędu  $10^{-14}$  m, w której to cząstce skupiona jest prawie cała masa atomu i cały dodatni ładunek elektryczny [34]. Było to odkrycie jądra atomowego i tym samym narodziny fizyki jądrowej.

Odkrycie to Rutherford po raz pierwszy zakomunikował w dniu 7 marca 1911 r. na posiedzeniu Manchesterskiego Towarzystwa Literackiego i Filozoficznego. Przytoczmy relację Kazimierza Fajansa [35], który odbywał wtedy roczny staż w pracowni Rutherforda i był obecny na tym historycznym posiedzeniu. Na sali znajdowali się przeważnie młodzi współpracownicy Rutherforda liczący poniżej 30 lat, m. in. Charles Galton Darwin — wnuk sławnego twórcy teorii ewolucji. Referat nie wywołał dyskusji. Przewodniczący zebrania zwrócił się więc do Darwina, jako nosiciela słynnego nazwiska, z zapytaniem: — „Co pan o tym sądzi?”. Ten odpowiedział tylko tyle: — „Bardzo interesujące”. Nikt, z Rutherfordem włącznie, nie zdawał sobie wtedy sprawy z tego, że odkrycie to spowoduje nie tylko przewrót w nauce, ale zapoczątkuje okres, który nazwano epoką energii jądrowej. Odkrywcą jądra atomowego do końca zresztą swego życia (1937 r.), gdy już w pełni zdawano sobie sprawę z ogromu energii zmagazynowanej w jądrze, nie sądził, że uda się tę energię wyzwalać na skalę techniczną. A zaledwie rok po śmierci Rutherforda Otto Hahn z Fritzem Strassmannem odkryli rozszczepienie jądra uranu, co pozwoliło zrealizować to, co Rutherford uważał za niemożliwe. Podobnie Heinrich Hertz, gdy odkrył fale elektromagnetyczne, nie wyobrażał sobie, że można ich będzie używać do przesyłania sygnałów na odległość, nie mówiąc już o przenoszeniu dźwięku i obrazu.

Zauważmy, że Rutherford wygłosił swój referat w 1911 r. w tej samej sali, w której w 1803 r. John Dalton przedstawił swoją hipotezę o ziarnistej budowie materii. W ciągu 108 lat, które dzielą te dwa posiedzenia, nauka nie tylko udowodniła istnienie atomu, ale wykazała, że jest on tworem złożonym.

Odkrywszy jądro atomowe, Rutherford zastąpił model Thomsona o zwartej strukturze przez model planetarny atomu.

Myśl ludzka ma tendencję do porównywania mikrokosmosu z makrokosmosem. Takie porównanie przyszło do głowy fizykowi francuskiemu — Jeanowi Perrinowi. W odczycie wygłoszonym 16 lutego 1901 r. dla studentów i członków Stowarzyszenia Przyjaciół Uniwersytetu Paryskiego (Amis de l'Université de Paris) wypowiedział przypuszczenie, nie oparte na żadnym doświadczeniu, że każdy atom stanowi jak gdyby jeden lub wiele miniaturowych układów słonecznych. W każdym takim układzie „elektrony, w rodzaju małych planet ujemnych, krążą wokół cząstek silnie naładowanych elektrycznością dodatnią, w rodzaju dodatnich słońc”. Odległości między tymi „słońcami” i tymi „planetami” powinny być stosunkowo olbrzymie. Tekst odczytu Perrina został ogłoszony drukiem [36]. Artykuł ten znany był Rutherfordowi, który go nawet zacytował w 1904 r. w swej monografii o promieniotwórczości, której drugie wydanie ukazało się w następnym roku [37]. Z tegoż artykułu zaczerpnął zapewne myśl, którą rozwinął w swym modelu planetarnym, choć w pracy z 1911 r. na ten temat [34] nie wspomina już o Perrinie.

Dopiero z czasem Rutherford zaczyna zdawać sobie sprawę ze znaczenia swego odkrycia. Można się o tym przekonać, czytając jego korespondencję z radiochemikiem amerykańskim z Yale University, Bertramem Bordenem Boltwoodem, z którym się bardzo przyjaźnił [38].

Model planetarny Rutherforda dobrze tłumaczy doświadczenia Marsdena i Geigera, nie spełnia jednak warunku trwałości (mechanicznej i elektrycznej) atomu. Elektron krążący (po okręgu koła) wokół jądra powinien promieniować, tracąc w ten sposób energię, i wskutek tego doznawać hamowania. W rezultacie nastąpiłby szybko spadek elektronu na jądro, czyli atom Rutherforda nie jest trwały. Poza tym model Rutherforda, podobnie jak model Thomsona, nie jest w stanie wytłumaczyć występowania w widmie atomowym linii odpowiadających ściśle określonym długościom fali.

Młody teoretyk duński — Niels Bohr — dostrzega sprzeczność między nieciągłym charakterem widma a obliczeniami opartymi na elektromagnetycznej teorii światła opisującej fale powstające i rozchodzące się w sposób ciągły. Zjawiwszy się na wiosnę 1912 r. w Manchesterze, jako członek tamtejszego zespołu, wykonuje pewne badania doświadczalne w dziedzinie promieniotwórczości, ale jednocześnie przedstawia Rutherfordowi pogląd, że klasyczna teoria elektromagnetyczna nie jest w stanie wytłumaczyć nieciągłej budowy widma atomowego. Ten wniosek Bohra nie budzi, o dziwo, sprzeciwu Rutherforda, który nawet zachęca fizyka duńskiego do kontynuowania swych rozważań.

Po kilkumiesięcznym pobycie w Manchesterze Bohr wraca do rodzinnej Kopenhagi, gdzie szuka rozwiązania zagadnienia budowy atomu w kwantowej teorii światła. Dochodzi w ten sposób do stworzenia pojęcia stanu kwantowego, który zastosował do atomu wodoru. Na początku 1913 r. ukończył obszerną pracę o kwantowym modelu atomu wodoru. Planetarny model Rutherforda Bohr uzupełnił dwoma postulatami kwantowymi. Pierwszy z nich głosi, iż elektron może krążyć tylko po ściśle określonych skwantowanych orbitach i na każdej z nich zachowuje energię. Według drugiego postulatu, przeskok elektronu z jednej orbity kwantowej na drugą połączony jest z emisją lub absorpcją fotonu o energii równej różnicy energii odpowiadających obu tym orbitom. Tę pracę Bohra właśnie Rutherford przekazał redakcji czasopisma *Philosophical Magazine* [39]. Zawiązana w Manchesterze przyjaźń obu uczonych, tak bardzo różnych pod wieloma względami, trwała do końca życia Rutherforda.

Bohr przebywa powtórnie w Manchesterze, i to dłuższy okres, bo od r. 1914 do 1916. Za prace dotyczące budowy atomów i ich promieniowania uczony duński otrzyma w 1922 r. Nagrodę Nobla z fizyki.

W 1914 r. Rutherford wspólnie z Edwardem Neville'm da Costa Andrade i Johnem Harlingiem wykazuje falową naturę promieniowania  $\gamma$  i podaje jego charakterystykę ilościową [40, 41].

W tym samym roku Rutherford i James Chadwick, badając dokładnie odchylenie promieni  $\beta$  w polu magnetycznym stwierdzają, że stanowią one wiązkę elektronów poruszających się z różnymi prędkościami, przy czym ich widmo energetyczne ma charakter ciągły [42, 43]. Potwierdzili w ten sposób wyniki, mniej dokładne, otrzymane już w 1900 r. przez Becquerela [44].

Jak już wskazaliśmy, głównym przedmiotem badań szkoły Rutherforda, zarówno w Montrealu jak i w Manchesterze, była cząstka  $\alpha$ . Po definitywnym wyświetleniu jej charakteru, użyta następnie przez Marsdena jako narzędzie badawcze, prowadzi Rutherforda do odkrycia jądra atomowego. Tenże Marsden, bombardując w 1917 r. cząstkami  $\alpha$  powietrze, stwierdza obecność cząstek o długim przebiegu, które wydawały się być jądrami atomowymi wodoru. Długo szukał Rutherford wyjaśnienia tego dziwnego zjawiska, wykonując, jak to było w jego zwyczaju, liczne doświadczenia sprawdzające. Dodajmy, że niewiele miał czasu na te prace, będąc powołany podczas I wojny światowej do opracowania akustycznych metod lokalizacji łodzi podwodnych. Dopiero po wojnie udało mu się rozwiązać zagadkę. Rozwiązanie to podał w ostatniej części [45] ogłoszonej w 1919 r. czteroczęściowej publikacji pt. „Zderzenia cząstek  $\alpha$  z atomami lekkimi”. Zaobserwowane zjawisko Rutherford tłumaczy w ten sposób, że prędką cząstka  $\alpha$ , zderzając się z jądrem atomowym azotu, wytrąca z niego jądro atomowe wodoru, czyli jak je nazwał Rutherford, proton. Opisane doświadczenie jest więc po raz pierwszy sztucznie zrealizowaną reakcją jądrową. Reakcja ta stanowi rozbitcie jądra atomowego, wykazuje więc, że jądro atomowe azotu (następnie stwierdzono, iż dotyczy to i innych pierwiastków) jest złożone i że w skład jego wchodzi protony.

Późniejszy współpracownik Rutherforda w Cambridge, Patrick Maynard Stuart Blackett, powtarzając tę reakcję w komorze Wilsona, uwidoczni ślady torów poszczególnych cząstek uczestniczących w procesie: bombardujących cząstek  $\alpha$ , protonów wytrąconych z jąder azotu i wreszcie jąder, w które przekształcają się jądra azotu. Otrzymany w ten sposób nuklid zidentyfikowano jako nieznany dotąd izotop tlenu, o liczbie masowej 17 [46, 47]. Reakcję można więc zapisać równaniem

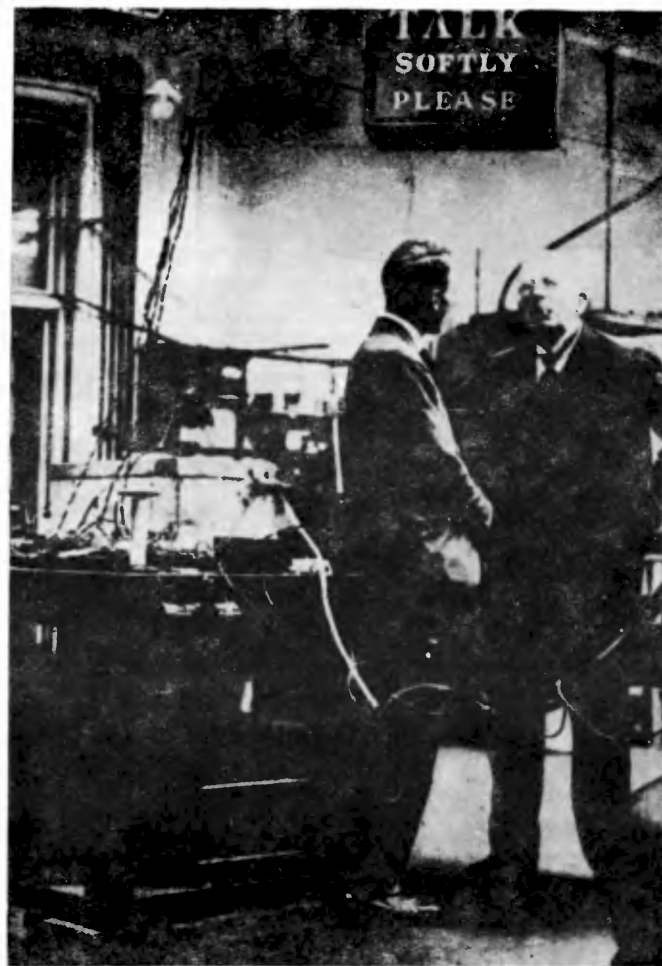


Tuż po odkryciu w 1932 r. przez Carla Davida Andersona w California Institute of Technology w Pasadenie pozytonu w promieniach kosmicznych [48, 49] Blackett wraz z innym współpracownikiem Rutherforda, Włochem Giuseppe Paulo Stanislaio Oschialinim, zaobserwowali, również w komorze Wilsona, lecz umieszczonej w polu magnetycznym, powstawanie par negatonowo-pozytonowych w wyniku naświetlania promieniami  $\gamma$  pierwiastków o dużej liczbie atomowej [50]. Nawiasem mówiąc, małżonkowie Joliot-Curie przed Andersonem otrzymali w komorze Wilsona zdjęcie, na którym widać tory mgiełkowe elektronów o wielkiej energii, zakrzywione w polu magnetycznym, jedne





Ernest Rutherford jako student Canterbury College w Nowej Zelandii w początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia.



Rutherford w Cavendish Laboratory rozmawia głośno z J. A. Ratcliffe'm (r. 1931) mimo ostrzegawczego napisu. Ówczesne liczniki cząstek pracowały tak niestabilnie, że głośna rozmowa czy inne hałasy mogły spowodować fałszywe zliczenia.



Rutherford na plaży w czasie wakacji 1931 r.



Rutherford z wnukiem Peterem Fowlerem (obecnie profesorem fizyki Uniwersytetu w Bristolu).

w jedną stronę, drugie — w przeciwną. Zdjęcie to badacze francuscy początkowo błędnie zinterpretowali, że jedne z tych elektronów biegną od źródła, drugie — ku niemu [51, 52]. W ten sposób umknęło im odkrycie pozytonu. Dopiero nieco później stwierdzili oni istnienie pozytonów, mianowicie ich powstawanie w procesie „materializacji” fotonów  $\gamma$  [53].

Cecil Frank Powell, również współpracownik Rutherforda w Cambridge, z powodzeniem zastosuje (w latach trzydziestych) do detekcji cząstek elementarnych udoskonaloną metodę emulsji fotograficznej, zaproponowaną przed pierwszą wojną światową w pracowni Rutherforda przez fizyka japońskiego Kinoshitę. Badania te będzie Powell kontynuował następnie na uniwersytecie w Bristolu, od 1945 r. we współpracy z Occhialinim. W 1947 r. Occhialini i Powell metodą emulsji fotograficznej odkryją przewidziany przez teorię Yukawy pion [54]. Za pracę tę oraz inne badania, przeprowadzone metodą emulsji fotograficznej, Powell otrzyma w 1950 r. Nagrodę Nobla z fizyki.

Niektórzy fizycy, nie negując zasług Blacketta i Powella, utrzymują, że to właściwie Occhialini, ten utalentowany eksperymentator, wypracował dla nich obu Nagrody Nobla, sam zaś niesprawiedliwie pozostał w cieniu bez Nagrody.

Wróćmy do pracowni Rutherforda w Manchesterze i przypomnijmy uzyskane tutaj inne osiągnięcia jego szkoły, ograniczając się, oczywiście, do najważniejszych. Tutaj zrodziło się prawo Geigera–Nuttalla o zależności między zasięgiem ustawicznie badanych tu cząstek  $\alpha$  a okresem połowicznego zaniku substancji, która je wysyła [55]. W pracowni Rutherforda w Manchesterze Henry Gwyn-Jeffreys Moseley odkrył zależność między widmem rentgenowskim pierwiastka a jego liczbą porządkową w układzie okresowym [56]. Dzięki temu odkryciu fizyka i chemia zdobyły obiektywną metodę ustalania numeru pierwiastka w tablicy Mendelejewa. Pierwsza wojna światowa przerwała, niestety, tak świetnie zapowiadającą się twórczość naukową młodego uczonego. W 1915 r. w wieku 28 lat poległ on na półwyspie Gallipoli w bitwie o Dardanele.

Rosjanin Jurij (George) Antonow odkrył w tej pracowni uran Y, tj. jeden z izotopów toru [57].

Rok akademicki 1910/11 spędza w Manchesterze, jak już wspomnieliśmy, Kazimierz Fajans (w 1987 r. przypadła setna rocznica jego urodzenia w Warszawie). W pracowni Rutherforda, częściowo we współpracy z Walterem Makowerem, odkrył m. in. rozwidlenie szeregu promieniotwórczego (przy radzie C w szeregu uranowo-radowym) [58]. Warto może tu przytoczyć zabawną rozmowę Fajansa z Rutherfordem. Młody stażysta, który entuzjazmował się esperantem, zapytał Rutherforda, czy widzi on potrzebę języka międzynarodowego. Na to ten bez wahania odpowiedział: „— Oczywiście, ale pod warunkiem, że będzie to język angielski”. Słowa te, które wówczas wydawały się żartem, okazały się później prorocze.

Kontynuując w Karlsruhe badania, rozpoczęte w Manchesterze, Fajans odkrywa podstawowe dla nauki o promieniotwórczości prawo przesunięć promieniotwórczych [59]. W owym czasie znano ponad 30 różnych nuklidów promieniotwórczych, używając dzisiejszej terminologii, które uważano za odrębne pierwiastki, w układzie zaś okresowym między ołowiem i uranem było tylko kilka miejsc nieobsadzonych. Sprzeczność tę usunęło prawo Fajansa, które na podstawie typu przemian promieniotwórczych pozwoliło ustalić w sposób bezsporny położenie poszczególnych radionuklidów. Stosując to prawo do różnych przemian promieniotwórczych, młody radiochemik polskiego pochodzenia

dochodzi do wniosku, że w jednej klatce układu okresowego może się znajdować kilka nuklidów, różniących się masą atomową i właściwościami promieniotwórczymi, tworzących plejadę (nazwę tę zaczerpnął Fajans z astronomii). Było to stwierdzeniem istnienia izotopii. Inny współpracownik Rutherforda, Soddy, doszedł do pojęcia izotopii ze stwierdzenia identyczności (a więc nierozdzielności) chemicznej pewnych radionuklidów [60]. Za te prace otrzymał on w 1921 r. Nagrodę Nobla z chemii.

Wychodząc z prawa przesunięć promieniotwórczych, Fajans dochodzi wreszcie do wniosku o istnieniu trwałych izotopów ołowiu i wraz ze swym ówczesnym współpracownikiem Osvaldem Helmuthem Göhringiem odkrywa pierwiastek nr 91, któremu odkrywcy nadali nazwę brevium (Bv), a który obecnie nazywa się protaktynem [61].

Mówiąc o radiochemikach, którzy przeszli przez pracownię Rutherforda w Manchesterze, nie można oczywiście pominąć Węgra Georga von Hevesy, który wsławił się później jako współtwórca metody wskaźników promieniotwórczych w chemii i biologii. Prace te przyniosą mu w 1944 r. Nagrodę Nobla z chemii za rok poprzedni.

Z zagadnieniami nauki o promieniotwórczości zaznajamiali się w manchesterskiej pracowni Rutherforda również polscy badacze. Byli to, pomijając Fajansa, którego działalność omówiliśmy wyżej: Ludwik Bruner — autor pierwszej polskiej książki o promieniotwórczości [62], Waław Dziewulski, Stanisław Loria i Stanisław Kalandyk.

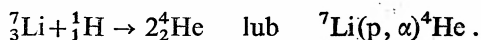
Pod koniec pierwszej wojny światowej J. J. Thomson, trzeci z kolei po Jamesie Clerku Maxwellu i następnie Lordzie Rayleighu dyrektor sławnego Cavendish Laboratory na uniwersytecie w Cambridge, ustąpił z tego stanowiska. Ofiarowano je Rutherfordowi. Rutherford wraca więc, lecz w charakterze dyrektora, do instytucji, w której przed laty pracował jako młody stypendysta. W Cambridge nie wykonuje on już teraz bezpośrednio pracy doświadczalnej, lecz kieruje zespołem młodych, niezmiernie zdolnych fizyków, wśród których znajdują się wspomniani już poprzednio Blackett, Occhialini i Powell. Do końca swego życia Rutherford jest duszą wszystkiego, co się tu dzieje. A to, co się dzieje, można scharakteryzować jako budowanie zrębów fizyki jądrowej i fizyki cząstek elementarnych.

W tym to laboratorium Chadwick, który już w Manchesterze współpracował z Rutherfordem, odkrywa neutron [63]. Właściwie nieco wcześniej Irena i Fryderyk Joliot-Curie w Paryżu mieli go już „w ręku”, ale nie potrafili, podobnie jak pozytonu, zidentyfikować [64]. Jedną z przyczyn sukcesu Chadwicka był wpływ Rutherforda, który od kilkunastu lat intuicyjnie podejrzewał istnienie tej cząstki. Już w 1923 r. w czasie jednego z odczytów użył nawet nazwy „neutron” dla określenia hipotetycznej cząstki elektrycznie obojętnej, która wraz z protonem miałaby stanowić składnik jądra atomowego. Odkrycie neutronu przyniesie Chadwickowi w 1935 r. Nagrodę Nobla z fizyki.

Logiczne rozumowanie i systematyczne doświadczenia są niezbędne w pracy badawczej w zakresie fizyki eksperymentalnej, nie zawsze są jednak wystarczające. Wystarczają może do uzyskania drobnych osiągnięć lub pewnych udoskonaleń technicznych. Wielkie odkrycia wymagają jednak ponadto intuicji związanej z wyobraźnią. Rutherford zaś obdarzony był szczególnie wielką intuicją. Jeden z jego ostatnich współpracowników w Cambridge, Australijczyk Mark Laurence Elwin Oliphant, podaje we wspomnieniach o swym mistrzu [65] m. in. następujący charakterystyczny szczegół. W oddziaływaniach jąder deuteru z jądrami deuteru Oliphant otrzymał cząstki, których natury ani on, ani

Rutherford nie potrafili wyjaśnić. Po całym dniu bezowocnych rozważań Oliphant poszedł do domu. O godzinie trzeciej w nocy zadzwonił w jego mieszkaniu telefon. To Rutherford, przeprasząc za niezwykłą porę rozmowy, zakomunikował swemu na wpuł rozbudzonemu pracownikowi, iż tajemnicze cząstki stanowią jądra helu 3. Oliphant, nie bardzo rozumiejąc, jak z dwóch cząstek, każda o masie 2, może powstać cząstka o masie 3, pyta o uzasadnienie. Na to Rutherford: „— Uzasadnienie? Uzasadnienie? Ja to po prostu poczułem... siusiając”. Nazajutrz Oliphant przekonał się, że Rutherford się nie mylił. Dalej wrócimy do tej reakcji jądrowej.

W Manchesterze Rutherford i jego współpracownicy, realizując w 1917 r. pierwszą sztuczną przemianę jądrową użyli, jako pocisków, cząstek  $\alpha$  wysyłanych przez naturalne preparaty promieniotwórcze. Piętnaście lat później, w Cambridge, dwaj inni współpracownicy Rutherforda, John Douglas Cockcroft i Ernest T. S. Walton, do wywołania przemiany jądrowej po raz pierwszy zastosowali, jako pociski, protony sztucznie rozprędzone. Bombardowali nimi tarczę litową, z której pod wpływem tego wybiegały cząstki  $\alpha$  rejestrowane przez scyntylicję ekranu z siarczku cynkowego [66]. Wywołaną reakcję można zapisać równaniem:



Do przyspieszania protonów zbudowano tu prosty akcelerator kaskadowy.

W ten sposób narodziły się nowe metody fizyki doświadczalnej posługujące się niezmiernie skomplikowaną i w związku z tym ogromnie kosztowną aparaturą, a jednocześnie teoria stała się bardziej abstrakcyjna. Metody te rozwinęły się już poza szkołę Rutherforda, choć w ich rozwoju uczestniczą niektórzy wychowankowie tej szkoły, jak Oliphant — twórca synchrocyklotronu.

Wróćmy do reakcji z deuterem. Tuż po odkryciu tego ciężkiego izotopu wodoru ( $D \equiv {}^2\text{H}$ ) przez Harolda C. Ureya [67] zaczęto w Cambridge używać deuteronów, tj. jąder deuteru, do wywoływania reakcji jądrowych. Wspomnianą wyżej reakcję bombardowania deuteronów deuteronami opisuje równanie:  $d(d, n){}^3\text{He}$  [68]. Badacze, którzy zrealizowali tę reakcję, stwierdzili, że może ona mieć również przebieg odmienny:  $d(d, p)t$ . W ten sposób otrzymano najcięższy izotop wodoru — tryt ( $T \equiv {}^3\text{H}$ ).

Cockcroft i Walton otrzymają w 1951 r. Nagrodę Nobla z fizyki za urzeczywistnienie pierwszej przemiany jądrowej za pomocą cząstek sztucznie przyspieszonych.

Poza wyżej wymienionymi licznymi współpracownikami Rutherforda, którzy otrzymali Nagrodę Nobla, należy jeszcze wspomnieć fizyka radzieckiego Piotra Kapicę, który w 1978 r. zostanie laureatem Nagrody Nobla z fizyki za badania w dziedzinie niskich temperatur. Ogółem dwunastu współpracowników Rutherforda zdobyło Nagrodę Nobla.

Jeżeli tylu wychowanków Rutherforda osiągnęło tak wielkie sukcesy w nauce, to nie miały w tym udziału metody pedagogiczne twórcy szkoły. Interesował się on pracą każdego ze swych współpracowników. Był ich niezastąpionym doradcą, dbając przy tym, by im nie narzucać swoich wniosków, by nie tłumić ich inicjatywy, niezależności i oryginalności ich myśli. Najważniejszą rolę przypisywał samodzielnemu myśleniu, nie znosił bezmyślnej pracowitości. Nie pozwalał, by w jego laboratorium pracowano po 6-tej wieczorem i zabraniał pracy w niedzielę. Kapica opowiadał, że gdy ktoś chciał kiedyś pozostać dłużej w laboratorium, Rutherford mu powiedział: „— Wystarczy dobrze pracować

do szóstej, a resztę czasu należy myśleć. Mało warci są ci, którzy pracują za dużo, a myślą za mało”. Gdy w 1935 r. Oliphant został zastępcą Rutherforda do spraw naukowych, ten mu radził: „— Nie należy zapominać, że nasi uczniowie mogą mieć lepsze pomysły niż my; nigdy nie należy zazdrościć swym uczniom ich sukcesów”.

Przez Cavendish Laboratory za kierownictwa Rutherforda przeszło również kilku Polaków. W latach 1925-27 pod kierunkiem Rutherforda pracował Ludwik Wertenstein jako stypendysta International Education Board. Wykonał tu doniosłą pracę: wyznaczył objętość 1 Ci radonu w równowadze z 1 g radu [69]. Rok akademicki 1934/35 spędził w Cavendish Laboratory Henryk Niewodniczański. Jako stypendysta Fundacji Rockefellera badał wspólnie z C. H. Westcottem spowalnianie neutronów [70]. W 1935 r. Leonard Sosnowski zajmował się tu otrzymywaniem izotopów złota [71], platyny [72], irydu [73] i bizmutu [74] w reakcji ( $n, \gamma$ ).

Rutherford miał poglądy raczej konserwatywne, lecz polityką się nie zajmował. W latach trzydziestych stanął na czele zorganizowanej w Anglii uniwersyteckiej rady pomocy uczonym — ofiarom hitleryzmu.

Ernest Rutherford, obsypany najwyższymi zaszczytami, zmarł nieoczekiwanie (podczas operacji po nagłym zaskabnięciu) 19 października 1937 roku. Pochowano go w Opactwie Westminsterkim obok grobów Newtona i Kelvina.

#### Literatura

- [1] Dane biograficzne do tego artykułu zaczerpnięto z następujących źródeł: E. S. Eve, *Rutherford. Being the life and letters of Ernest Rutherford*, Cambridge University Press, Cambridge 1939; *Rutherford at Manchester*, red. J. B. Birks, Heywood and Company Ltd., London 1962; *Rutherford — uchenyi i uchitel k 100-letiu so dnia rozhdenia*, red. P. L. Kapica, Nauka, Moskwa 1973; E. Segrè, *Les physiciens modernes et leurs découvertes. Des rayons X aux quarks*, Traduit de l'anglais par P. L. Hugon, Fayard, Paris 1984.
- [2] E. Rutherford, „Magnetization of iron by high-frequency discharges”, *Trans. N. Z. Inst.* **27**, 481 (1894).
- [3] Mme Skłodowska Curie, „Propriétés magnétiques des aciers trempés”, *Bull. de la Sté d'Encouragement à l'Industrie Nationale*, 1898, wg: *Prace Marii Skłodowskiej-Curie*, Zebrane przez I. Joliot-Curie, PAN, PWN, Warszawa 1954, s. 3.
- [4] E. Rutherford, „A magnetic detector of electrical waves and some of its applications”, *Philos. Trans. R. Soc. London* **189**, 1 (1896).
- [5] W. C. Röntgen, „Über eine neue Art von Strahlen”, *Sitzungsber. physik. — med. Ges. Würzburg*, Dez. 1895, s. 132.
- [6] J. J. Thomson, E. Rutherford, „On the passage of electricity through gases exposed to Röntgen rays”, *Philos. Mag.* (5) **42**, 392 (1896).
- [7] E. Rutherford, „On the electrification of gases exposed to Röntgen rays, and the absorption of Röntgen radiation by gases and vapours”, *ibid.* **43**, 241 (1897).
- [8] H. Becquerel, „Sur quelques propriétés nouvelles des radiations invisibles émises par divers corps phosphorescents”, *C. R. Acad. Sci. Paris* **122**, 559 (1896).
- [9] H. Becquerel, „Sur diverses propriétés des rayons uraniques”, *ibid.* **122**, 1086 (1896).
- [10] E. Rutherford, „Uranium radiation and the electrical conduction produced by it”, *Philos. Mag.* (5) **47**, 109 (1899).
- [11] F. Giesel, „Ueber die Ablenkbarkeit der Becquerelstrahlen im magnetischen Felde”, *Ann. Physik* **69**, 834 (1899).

- [12] S. Meyer, E. R. v. Schweidler, „Über das Verhalten von Radium und Polonium im magnetischen Felde“, *Phys. Z.* **1**, 90; 113 (1899).
- [13] H. Becquerel, „Influence d'un champ magnétique sur le rayonnement des corps radio-actifs“, *C. R. Acad. Sci. Paris* **129**, 996 (1899).
- [14] H. Becquerel, „Déviation du rayonnement du radium dans un champ électrique“, *ibid.* **130**, 809 (1900).
- [15] P. Villard, „Sur la réflexion et la réfraction des rayons cathodiques et des rayons déviables du radium“, *ibid.* **130**, 1010 (1900).
- [16] P. Curie, Mme P. Curie, „Sur la radioactivité provoquée par les rayons de Becquerel“, *ibid.* **129**, 714 (1899).
- [17] E. Rutherford, F. Soddy, „The radioactivity of thorium compounds. I. An investigation of the radio-active emanation“, *Trans. Chem. Soc. London* **81**, 321 (1902).
- [18] E. Rutherford, F. Soddy, „The cause and nature of radio-activity“, *Philos. Mag.* (6) **4**, 370; 569 (1902).
- [19] Skłodowska Curie, „Les rayons de Becquerel et le polonium“, *Rev. gén. Sci. pur. appl.* **10**, 41 (1899).
- [20] P. Curie, M. Curie, „Les nouvelles substances radioactives et les rayons qu'elles émettent“ [w:] *Rapports présentés au Congrès international de Physique*, 1900, t. 3, s. 79.
- [21] Mme Curie, „Les nouvelles substances radioactives“, *Rev. sc. (Rev. rose)*, Seria 4, **14**, 65 (1900).
- [22] E. Rutherford, F. Soddy, „A comparative study of the radioactivity of radium and thorium“, *Philos. Mag.* (6) **5**, 445 (1903).
- [23] E. Rutherford, „Die magnetische und elektrische Ablenkung der leicht absorbierbaren Radiumstrahlen“, *Phys. Z.*, **4**, 235 (1903).
- [24] E. Rutherford, „The amount of emanation and helium from radium“, *Nature* **68**, 366 (1903).
- [25] Lord Kelvin, „The age of the Earth as an abode fitted for life“, *Science* **9**, 665, 704 (1899).
- [26] E. Rutherford, „The radiation and emanation of radium“, *Technics* **11**, 171 (1904).
- [27] T. Godlewski, „A new radio-active product from actinium“, *Nature* **71**, 294 (1905).
- [28] E. Rutherford, T. Royds, „The nature of the  $\alpha$  particle from radioactive substances“, *Philos. Mag.* (6) **17**, 281 (1909).
- [29] E. Rutherford, H. Geiger, „A method of counting the number of alpha particles from radioactive matter“, *Manchester Lit. Phil. Soc., Mem. IV* **52**, no 9, 1 (1908).
- [30] H. Geiger, E. Rutherford, „The number of  $\alpha$  particles emitted by uranium and thorium and by uranium minerals“, *Philos. Mag.* (6) **20**, 691 (1910).
- [31] E. Rutherford, H. Geiger, „The probability variations in the distribution of  $\alpha$  particles“, *ibid.* **20**, 698 (1910).
- [32] E. Rutherford, H. Geiger, „An electrical method of counting the number of  $\alpha$  particles from radioactive substances“, *Proc. R. Soc.* **A81**, 141 (1908); „Eine elektrische Methode, die von radioaktiven Substanzen ausgesandten  $\alpha$ -Teilchen zu zählen“, *Phys. Z.* **10**, 1 (1909).
- [33] H. Geiger, E. Marsden, „On a diffuse reflection of the alpha particles“, *Proc. R. Soc.* **A82**, 495 (1909).
- [34] E. Rutherford, The scattering of  $\alpha$  and  $\beta$  particles by matter and the structure of the atom“, *Philos. Mag.* (6) **21**, 669 (1911).
- [35] K. Fajans, „Wspomnienia związane z dziejami nauki o promieniotwórczości“, *Problemy* **24**, 392 (1968).
- [36] J. Perrin, „Les hypothèses moléculaires“, *Rev. sc. (Rev. rose)* **15**, 449 (1901).
- [37] E. Rutherford, *Radio-activity*, II wyd., Cambridge at The University Press, 1905, s. 437.
- [38] Rutherford, Boltwood, *Letters on radioactivity*, red. L. Badash, Yale University Press, New Haven 1969.
- [39] N. Bohr, „On the constitution of atoms and molecules“, *Philos. Mag.* (6) **26**, 1; 476; 857 (1913).
- [40] E. Rutherford, E. N. da C. Andrade, J. Harling, „The wave-length of the soft  $\gamma$  rays from radium B“, *ibid.* **27**, 854 (1914).
- [41] E. Rutherford, E. N. da C. Andrade, J. Harling, „The spectrum of the penetrating  $\gamma$  rays from radium B and radium C“, *ibid.* **28**, 263 (1914).
- [42] J. Chadwick, „Intensitätsverteilung im magnetischen Spektrum der  $\beta$ -Strahlen von Radium B+C“, *Verh. Dtsch. Phys. Ges.* **16**, 383 (1914).
- [43] E. Rutherford, „XXXVII. The connection between the  $\beta$  and  $\gamma$  ray spectra“, *Philos. Mag.* (6) **28**, 305 (1914).
- [44] H. Becquerel, „Sur la dispersion du rayonnement du radium dans un champ magnétique“, *C. R. Acad. Sci. Paris* **130**, 372 (1900).

- [45] E. Rutherford, „Collision of  $\alpha$  particles with light atoms. IV. An anomalous effect in nitrogen”, *Philos. Mag.* (6) **37**, 581 (1919).
- [46] P. M. S. Blackett, „The ejection of protons from nitrogen nuclei, photographed by the Wilson method” *Proc. R. Soc. London* **A107**, 349 (1925).
- [47] P. M. S. Blackett, D. S. Lées, „Investigations with a Wilson chamber. I. — On the photography of artificial disintegration collisions”, *ibid.* **A136**, 325 (1932).
- [48] C. D. Anderson, „Apparent existence of easily deflectable positives”, *Science* **76**, 238 (1932).
- [49] C. D. Anderson, „The positive electron”, *Phys. Rev.* **43**, 491 (1933).
- [50] P. M. S. Blackett, G. P. S. Occhialini, „Some photographs of the tracks of penetrating radiation”, *Proc. R. Soc. London* **A139**, 699 (1933).
- [51] F. Joliot, I. Joliot-Curie, List do N. Bohra z dn. 26 sierpnia 1932 r., przechowywany w Instytucie Fizyki Teoretycznej Nielsa Bohra w Kopenhadze.
- [52] I. Curie, F. Joliot, „Preuves expérimentales de l'existence du neutron”, *J. Phys. Radium* **4**, 21 (1933).
- [53] I. Curie, F. Joliot, „Contribution à l'étude des électrons positifs”, *C. R. Acad. Sci. Paris* **196**, 1105 (1933).
- [54] G. P. S. Occhialini, C. F. Powell, „Nuclear disintegrations produced by slow charged particles of small mass”, *Nature* **159**, 186 (1947).
- [55] H. Geiger, J. M. Nuttall, „The ranges of the  $\alpha$  particles from various radioactive substances and a relation between range and period of transformation”, *Philos. Mag.* (6) **22**, 613 (1911).
- [56] H. G. J. Moseley, „The high-frequency spectra of the elements”, *ibid.* **26**, 1024 (1913); **27**, 703 (1914).
- [57] G. N. Antonoff, „The disintegration products of uranium”, *ibid.* **22**, 419 (1911).
- [58] K. Fajans, „Über die Verzweigung der Radiumzerfallsreihe”, *Phys. Z.* **13**, 699 (1912).
- [59] K. Fajans, „Die Stellung der Radioelemente im periodischen System”, *ibid.* **14**, 136 (1913).
- [60] F. Soddy, „The chemistry of mesothorium”, *J. Chem. Soc.* **99**, 72 (1911).
- [61] K. Fajans, O. Göhring, „Über die Uran  $X_2$  + das neue Element der Uranreihe”, *Phys. Z.* **14**, 877 (1913).
- [62] L. Bruner, *Ewolucja materii*, 1908; drugie wydanie tej książki ukazało się w 1913 r. pt. *O ciałach promieniotwórczych*.
- [63] J. Chadwick, „Possible existence of a neutron”, *Nature* **129**, 312 (1932).
- [64] I. Curie, F. Joliot, „Emission des protons de grande vitesse par les substances hydrogénées sous l'influence des rayons très pénétrants”, *C. R. Acad. Sci. Paris* **194**, 273 (1932).
- [65] Sir M. Oliphant, *Rutherford, Recollections of Cambridge days*, Elsevier, Amsterdam 1972.
- [66] J. D. Cockcroft, E. T. S. Walton, „Experiments with high velocity positive ions, — (II) The disintegration of elements by high velocity protons”, *Proc. R. Soc. London* **A137**, 229 (1932).
- [67] H. C. Urey, F. G. Brickwedde, G. M. Murphy, „A hydrogen isotope of mass 2”, *Phys. Rev.* **39**, 164 (1932).
- [68] M. L. E. Oliphant, P. Harteck, Lord Rutherford, „Transmutation effects observed with heavy H”, *Proc. R. Soc. London*, **A144**, 692 (1934).
- [69] L. Wertenstein, „A new method of determination of the volume of 1 Curie radon”, *Philos. Mag.* (7) **6**, 17 (1928).
- [70] C. H. Westcott, H. Niewodniczański, „Experiments with neutrons slowed down at different temperatures”, *Proc. Cambridge Philos. Soc.* **31**, 617 (1935).
- [71] L. Sosnowski, „Radioactivité artificielle excitée dans l'or et complexité de son rayonnement”, *C. R. Acad. Sci. Paris* **200**, 391 (1935).
- [72] L. Sosnowski, „Sur la radioactivité excitée par les neutrons dans le platine”, *ibid.* **200**, 446 (1935).
- [73] L. Sosnowski, „Radioactivité artificielle de l'iridium”, *ibid.* **200**, 922 (1935).
- [74] L. Sosnowski, „Radioactivité artificielle du bismuth”, *ibid.* **200**, 1027 (1935).



## NOWOŚCI NAUKOWE

*Knut Urban*

Institut für Werkstoffwissenschaften I  
der Universität Erlangen-Nürnberg, RFN

*Peter Kramer*

Institut für Theoretische Physik  
der Universität Tübingen, RFN

*Manfred Wilkens*

Max-Planck-Institut für Metallforschung  
Institut für Physik, Stuttgart, RFN

**Kwazikryształy \*****Quasicrystals**

*Abstract \*\*:* The concept of quasicrystals, i.e. solid substances with quasiperiodic structure is discussed. Geometrical procedures for the construction of quasiperiodic lattices are described. Experimental evidence for the existence of quasicrystals is presented.

**Sieć periodyczna i kwaziperiodyczna**

Tendencja atomów do układania się w sieci przestrzenne określa w zasadniczy sposób strukturę i własności ciał stałych. Powstałe sieci są w ogólności periodyczne. Oznacza to, że po przesunięciu sieci o określone odcinki elementarne nowe położenia atomów pokryją się z dawnymi. Własność tę nazywa się zwykle niezmienniczością translacyjną. Bardzo znanym przykładem jest sieć regularna soli kuchennej. Powstaje ona przez proste złączenie identycznych kopii jednego tylko elementu podstawowego — sześcianu.

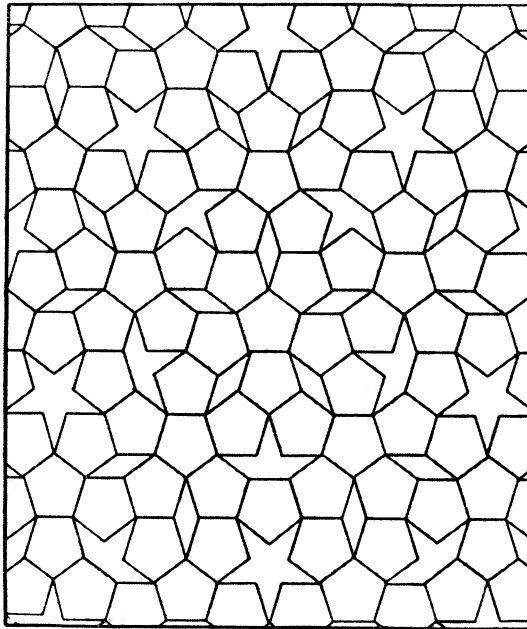
W swym dziele *Harmonices Mundi*, które ukazało się w r. 1619 Johannes Kepler zajmuje się geometrią sieci przestrzennych. Dowodzi on, że elementy nadają się do budowania periodycznych sieci tylko wtedy, gdy wykazują określone własności względem swych osi obrotu. Powinny one mianowicie posiadać tylko jedno-, dwu-, trój-, cztero-

\* Artykuł pt. „Quasikristalle”, opublikowany w *Physikalische Blätter* 42, 373 (1986), został przetłumaczony za zgodą Autorów i Wydawcy. [Translated with permission Copyright © 1986 by the Physik-Verlag GmbH, Weinheim] (przyp. Red.).

\*\* Streszczenie dodane przez tłumacza.

i sześciokrotne osie obrotu. W geometrii mówimy o  $n$ -krotnych osiach obrotu, jeśli można dany element obrócić wokół tej osi  $m$  razy o kąt  $360^\circ/n$  i przy tym, po każdym takim obrocie pokrywa się on ze sobą samym.

Kepler podaje dowód na to, że nie można zbudować sieci periodycznej, wypełniającej płaszczyznę lub przestrzeń, używając elementu, który ma pięciokrotną oś obrotu (rys. 1).

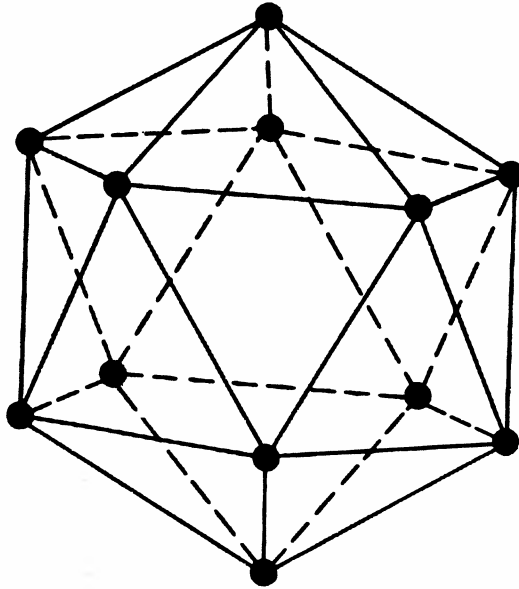


Rys. 1. Na płaszczyźnie nie jest możliwe zbudowanie kompletnej i periodycznej sieci przez złożenie pięciokątów foremnych. Powstają między nimi klinowate luki.

Takim elementem w przestrzeni dwuwymiarowej jest pentagon (równoboczny pięciokąt foremny), a w przestrzeni trójwymiarowej ikosaedr (rys. 2). Ma on dwanaście wierzchołków, powierzchnię składającą się z dwudziestu trójkątów równobocznych oraz — między innymi — także sześć pięciokrotnych osi obrotu.

Sprzeczność pięciokrotnej symetrii obrotowej z niezmienniczością translacyjną sieci dwu- i trójwymiarowej należy dziś do kanonów krystalografii. Symetrie przestrzenne periodycznych struktur krystalicznych o sieci uporządkowanej można podzielić łącznie na 230 przypadków, z których żaden nie dopuszcza bezpośredniej symetrii pięciokrotnej. Z tego powodu publikacja D. Shechtmana, I. Blecha, D. Gratiasa i J. W. Cahna [1], która ukazała się w 1984 r., wywołała dużo emocji wśród krystalografów i fizyków ciała stałego.

Shechtman ze współpracownikami przez schłodzenie przeprowadzili bardzo szybko w stan stały mieszaninę aluminium i manganu, a następnie badali dyfrakcję elektronów w mikroskopie elektronowym. Uzyskali obrazy dyfrakcyjne, na których plamki ułożone były w pięciokąty. Autorzy powiązali to z istnieniem pięciokrotnych osi symetrii. Ponadto ostrość refleksów wskazywała, że atomy muszą być ułożone w materiale wg pewnej



Rys. 2. Iksosaedr (dwudziestościan foremny). Sześć pięciokrotnych osi symetrii przebiega od środka do dwunastu wierzchołków. Trzykrotne i dwukrotne osie symetrii związane są odpowiednio z dwudziestoma ścianami i trzydziestoma krawędziami tej bryły foremnej.

sztymnej reguły. Obserwacje te z początku wydawały się wzajemnie sprzeczne. W trakcie prób wyjaśnienia tych wyników, podjętych najpierw przez D. Levine'a i P. Steinhardta [2] okazało się jednak szybko, że istnieją już koncepcje umożliwiające takie wyjaśnienie.

Już na początku lat siedemdziesiątych R. Penrose zajmował się rozszerzeniem pojęcia sieci. Interesowało go konstruowanie sieci kwaziperiodycznych. Nie należy w żadnym razie rozumieć pod tym pojęciem całkowicie nieregularnych wzorów. Chodzi tutaj raczej o sieci, które wprawdzie nie są periodyczne, dla których jednak położenie każdego węzła sieci określone jest według pewnej konkretnej reguły. W pracy [3], która ukazała się w 1974 r., Penrose wykazał, że wzór o takich własnościach można utworzyć na płaszczyźnie przez złożenie dwóch rodzajów rombów. W 1981 r. N. G. de Bruijnowi [4] udało się podać opis algebraiczny owego płaskiego „wzoru Penrose'a”. W tym samym roku A. Mackay [5, 6] zwrócił uwagę, że analogiczne struktury przestrzenne powinny prowadzić do takich samych obrazów dyfrakcyjnych, jakie zostały zaobserwowane później przez Shechtmana i współpracowników. Jako podstawowy element konstrukcji Mackay zaproponował dwa rodzaje romboedrów. Potem, na początku 1984 r. P. Kramer i R. Neri [7] opublikowali regułę matematyczną, według której należy konstruować trójwymiarową sieć kwaziperiodyczną, zbudowaną z obu romboedrów Mackaya. Wiele wskazuje na to, że Shechtman ze współpracownikami istotnie odkryli urzeczywistnienie takich kwaziperiodycznych sieci w przyrodzie.

Wprowadzenie nowych pojęć w nauce jest zawsze trudne. Jest tak zaś szczególnie wtedy, gdy dzieje się to w dziedzinie, która jest tak dobrze ugruntowana jak krystalografia.

Pojęcie „kwazikryształu” obiegło dziś świat i stało się modnym hasłem. Można dyskutować, czy zostało szczęśliwie dobrane, ale raczej nie usunie się go już ze słownictwa. W dalszym ciągu artykułu kwazikryształy będziemy rozumieli jako ułożenie atomów, które bazuje na kwaziperiodycznej sieci punktowej. W tym sensie będziemy niekiedy stosowali pojęcie „kwazisieci” jako skrót sieci kwaziperiodycznej.

### W poszukiwaniu nowych stopów aluminium

D. Shechtman jest profesorem Technionu (Politechniki w Haifie). Początkowo celem prac, które prowadził wspólnie ze swymi kolegami podczas szeregu pobytów w National Bureau of Standards w Gaithersburgu oraz na Uniwersytecie Johnsa Hopkinsa w Baltimore było poszukiwanie nowych, interesujących technologicznie stopów aluminium. Kwazikryształy stały się przy tym zupełnie nieoczekiwanym odkryciem. Dziś wyjaśnieniu struktury i własności kwazikryształów poświęcona jest działalność naukowa prowadzona intensywnie w wielu miejscach na świecie. Pierwszy wyczerpujący przegląd owych prac podany jest w numerze specjalnym *Journal de Physique*, wydanym w lipcu 1986 r. pod redakcją D. Gratiasa i L. Michela [8].

W metodzie *meltspin*, zastosowanej przez Shechtmana do wytwarzania stopów, stopiony materiał wytryskuje się pod ciśnieniem przez wąską dyszę na walec miedziany, obracający się z prędkością kątową 3000 obrotów na minutę. Na walcu powstaje przy tym warstwa materiału o grubości kilkudziesięciu mikrometrów, która zastyga w czasie około jednej tysięcznej sekundy. Shechtman znalazł w stopie Al — 14% at. Mn (jednym z ponad dwustu różnych badanych przez siebie stopów) wydzielenia o średnicy około 2  $\mu\text{m}$  — pierwsze kwazikryształy.

Obecnie znamy około 20 stopów na bazie aluminium z dodatkiem 10-20% metali przejściowych, które tworzą fazy kwazikrystaliczne. Do tego należy dodać stopy niklu o składzie  $\text{Ni}(\text{Ti}_{1-x}\text{V}_x)_2$  ( $x$  pomiędzy 0 i 0,3) [9] oraz związek  $\text{U}_{20}\text{Pd}_{60}\text{Si}_{20}$  [10]. Ponadto znaleziono jeszcze inny rodzaj kryształów kwaziperiodycznych, tak zwaną fazę T [11]. Ułożenie atomów jest w niej kwaziperiodyczne w dwóch wymiarach, natomiast w trzecim jest periodyczne.

Początkowo obserwacje ograniczone były do kwazikryształów wielkości kilku mikrometrów w stopach ze schłodzonej fazy ciekłej. Obecnie znane jest tworzenie się kwazikrystalicznych faz w stopach powstających w różnych warunkach. I tak, znajdujemy je po wygrzewaniu stopów amorficznych [10, 12, 13] lub po wdyfundowaniu napylonych warstw czystych metali wchodzących w skład stopu [14, 15]. Wiadomo również, że stosowane od lat techniczne stopy aluminium (Al-Li-Cu i Al-Li-Mg) zawierają wytrącenia kwazikrystaliczne. Powstają one podczas zwykłego wygrzewania i określają w zasadniczy sposób własności wytrzymałościowe stopów. Niedawno doniesiono, że dzięki odpowiedniej metodzie termicznej udało się wytworzyć w Al-Li-Cu kwazikryształy o ustalonej orientacji („monokwazikryształy”) wielkości rzędu milimetra [16]. Otwiera to szersze możliwości ostatecznego wyjaśnienia struktury atomowej i przeprowadzenia badań specyficznych własności, które mogą być decydujące dla ewentualnego zastosowania tych nowych materiałów.

## Dyfrakcja elektronów na kwazikryształach

Górna część rys. 3 pokazuje kwazikryształy w Al — 14% at. Mn. Mają one średnicę do 2  $\mu\text{m}$  i w tym odwzorowaniu elektronomikroskopowym wydają się ciemne na jasnym tle. Rys. 3 w dolnej części pokazuje jeden z tych obrazów dyfrakcji elektronowej, które w międzyczasie stały się sławne. Można rozpoznać charakterystyczne ułożenie plamek dyfrakcyjnych (refleksów) w hierarchię pięciokątów foremnych, których rozmiary rosną ze wzrostem odległości od centralnego refleksu zerowego. Po dokładniejszym przypoatrzeniu się można zauważyć, że ten obraz dyfrakcyjny wykazuje symetrię dziesięciokrotną, a nie pięciokrotną. Możemy go dziesięciokrotnie obrócić wokół promienia zerowego o  $36^\circ$ , a za każdym razem obraz pokrywa się z poprzednim.

Jeśli nachylając próbkę zmienimy orientację wydzieleni względem padającej wiązki elektronów, to obok obrazów dyfrakcyjnych o symetrii dziesięciokrotnej znajdziemy także obrazy o symetrii sześciokrotnej i dwukrotnej. Przy tym odpowiednie osie symetrii położone są pod dokładnie takimi samymi kątami, jakich oczekuje się dla osi symetrii ikosaedru: piętnastu *dwukrotnych*, dziesięciu *trzykrotnych* i sześciu *pięciokrotnych*. Poniżej uzasadnimy, dlaczego, mimo wysokich symetrii obrazów dyfrakcyjnych Shechtman ze współpracownikami uznali za stosowne nazwać nowoodkrytą fazę „fazą ikosaedryczną”. W tym celu należy sobie uzmysłowić, w jakim związku pozostaje obraz dyfrakcyjny ze strukturą obiektu (funkcją obiektu). Jest to równoważne odpowiedzi na pytanie, jakie wnioski o zupełnie nieznanym obiekcie można wyciągnąć na podstawie obrazu dyfrakcyjnego.

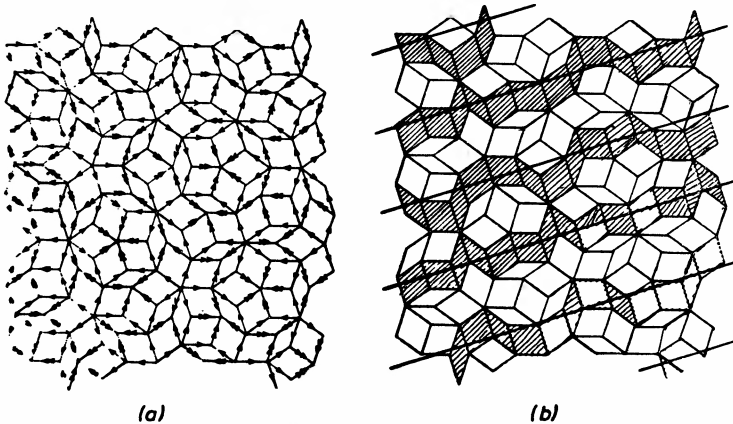
Podstawą obrazu dyfrakcyjnego jest transformacja Fouriera, tzn. rozłożenie funkcji obiektu na fale płaskie (fourierowskie). Obiekt opisywany jest przez superpozycję fal płaskich, które mają określone wektory falowe i amplitudy. Amplitudy te są duże i tego samego znaku tam, gdzie w sieci znajdują się atomy, a są małe lub mają przeciwne znaki pomiędzy atomami. Rozkład natężenia na obrazie dyfrakcyjnym jest proporcjonalny do kwadratu modułu transformaty Fouriera funkcji obiektu. Podczas tworzenia kwadratu modułu gubi się informację o wzajemnych związkach fazowych fal fourierowskich. Oznacza to, że obraz dyfrakcyjny potrafi nam wprawdzie powiedzieć, jakie fale fourierowskie istnieją w obiekcie, jednakże nie mamy żadnych informacji o tym, jak należy je dodać, by zrekonstruować funkcję obiektu. Jest to równoważne rozłożeniu mostu o konstrukcji kratowej na pojedyncze elementy, które następnie sortuje się według długości i orientacji. Również i w tym przypadku ulega zatarciu sposób, w jaki były one między sobą połączone.

Z drugiej strony z krytalografii wiadomo, że rozkład natężenia na obrazie dyfrakcyjnym odpowiada transformacji Fouriera funkcji korelacji par. Jest to funkcja, która podaje, z jakim prawdopodobieństwem lub z jaką wagą znaleźć można w określonej odległości wektorowej od danego atomu centralnego inny atom. Ponieważ korelacja par ma zawsze środek symetrii, to musi tak być również dla obrazu dyfrakcyjnego. W szczególności wynika stąd, że symetria obrazu dyfrakcyjnego jest zawsze parzystokrotna. W naszym przypadku oznacza to, że zamiast symetrii pięciokrotnej oczekiwanej dla kwazikryształu na podstawie symetrii ikosaedru zaobserwujemy symetrię dziesięciokrotną, a zamiast trójekrotnej — sześciokrotną. I odwrotnie, z symetrii obrazu dyfrakcyjnego można bezpośrednio wyciągać wnioski o symetrii korelacji par. Jej symetria nie może

jednak w żadnym razie zawierać się w funkcji obiektu. W rzeczywistości kwazisiec, o której teraz będziemy mówić, nie wykazuje symetrii dziesięciokrotnej. W ogólnym przypadku nie ma ona w ogóle żadnej symetrii!

### Konstrukcja kwaziperiodycznych sieci

Nasze wyobrażenia o sieci krystalicznej są wskutek przyzwyczajenia tak bardzo związane z pośrednim założeniem periodyczności, że przede wszystkim trudno wyobrazić sobie sieci nieperiodyczne, a mimo to uporządkowane. Większość prac R. Penrose'a, profesora matematyki Uniwersytetu w Oxfordzie, dotyczy teorii względności i mechaniki kwantowej. Poniekąd ubocznie interesował się on kwaziperiodycznymi wzorami. Znalazł układ dwóch figur: „grubego” i „cienkiego” rombu, które mają wprawdzie boki o tej samej długości, ale różne kąty, będące wszystkie wielokrotnościami  $36^\circ$ . Jeśli złożymy je zgodnie z zasadą (rys. 4), według której boki oznaczone jedną strzałką stykają się tylko

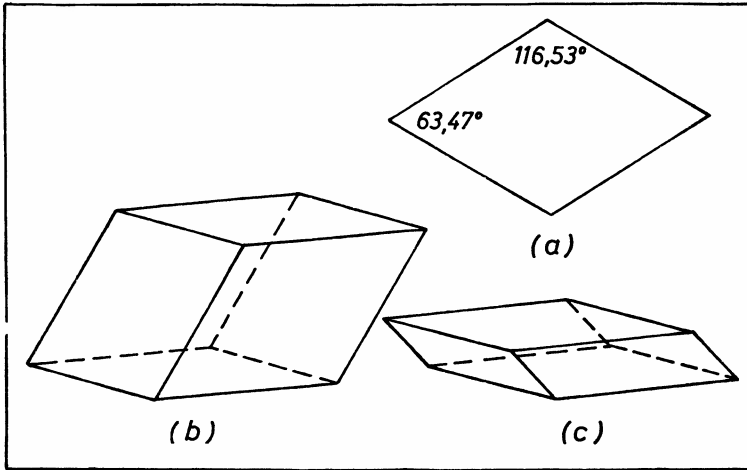


Rys. 4. Płaski wzór Penrose'a i zasada jego konstrukcji. (a) Elementami są romby o jednakowych bokach: „gruby” i „cienki”. Muszą one być ze sobą tak połączone, aby boki oznaczone pojedynczą (podwójną) strzałką stykały się tylko z bokami, opatrzonymi również pojedynczą (podwójną) strzałką. (b) Odcinki elementarne o tym samym kierunku tworzą nieregularnie „zabkowane” paski, które nie oddalają się zbytnio od układu równoodległych linii. Ma to decydujące znaczenie dla wyjaśnienia faktu, że sieci atomowe zbudowane na bazie takiego wzoru dają ostre refleksy na obrazach dyfrakcyjnych.

z takimi, które również mają jedną strzałkę, a boki z podwójną strzałką połączymy tylko z bokami, które mają również podwójną strzałkę, to istotnie otrzymamy zupełną sieć kwaziperiodyczną.

Owa zasada konstrukcji prowadzi do całego szeregu ciekawych własności płaskiego wzoru Penrose'a [17]. Tak więc posiada on własność „autopodobieństwa”. Jeśli zaznaczymy obszar o średnicy  $D$ , to inny obszar o takim samym układzie rombów i takiej samej formie znajdziemy najdalej w odległości  $2D$  od pierwszego. Pomimo to nie udaje się uzyskać całego wzoru przez periodyczne dołączanie nawet największych elementów wzoru.

Następną cechą charakterystyczną wzoru Penrose'a jest „uporządkowanie kątowe”. Dla jednakowych elementarnych odcinków sieci („oczek”) istnieje tylko pięć różnych, dobrze zdefiniowanych kierunków. Są one równoległe do boków pięciokąta foremnego. Rysunek 4 pokazuje następnie, że równoległe oczka układają się w nieregularne, ząbkowane pasy. Choć te pasy wiją się w sieci, to jednak trzymają się blisko układu równoodległych linii, od których nie odbiegają nigdy dalej niż na określoną odległość. Takich układów pasów i linii jest znowu pięć; tworzą one razem pięciokątny wzór.



Rys. 5. Obydwa elementy trójwymiarowej kwazisieci. Składają się one z sześciu rombów bocznych (a), które złożone są ze sobą na różne sposoby. Tak powstaje „gruby” (b) i „cienki” (c) romboedr.

Obu rombom na płaszczyźnie odpowiadają w przestrzeni trójwymiarowej „płaskie” lub „grube” romboedry, pokazane na rys. 5. Otrzymujemy je przez połączenie na różne sposoby jednakowych, rombów ścian. Zasady, których należy przestrzegać przy składaniu z tych elementów kwaziaperiodycznej sieci są zawarte *implicit*e w obu metodach, którymi posługujemy się w praktyce przy konstruowaniu takiej sieci. Są to: metoda projekcji i dualizacji [7] oraz metoda rzutu bezpośredniego [18, 19]. W niektórych przypadkach metody te są równoważne.

Dla prostoty przedyskutujemy tutaj tylko metodę projekcyjną, i to przede wszystkim w oparciu o konstrukcję jednowymiarowej kwazisieci. Rys. 6 pokazuje prostą sieć kwadratową w przestrzeni dwuwymiarowej. Jest ona rozpięta na osiach współrzędnych  $X$  i  $Y$ . Przez początek układu współrzędnych poprowadźmy prostą pod kątem  $\alpha$ , którego tangens niech będzie liczbą niewymierną. Można stąd wywnioskować, że prosta ta nie przetnie aż do nieskończoności żadnego węzła sieci poza początkiem układu współrzędnych. Oznaczmy tę prostą przez  $X_p$ . Wyprowadźmy prostopadłą do niej, także w początku układu współrzędnych, i oznaczmy ją  $X_s$ . Teraz rzutujemy wzdłuż  $X_p$  komórkę elementarną sieci kwadratowej na  $X_s$ , co odcinie na niej odcinek  $T$ .

Konstruowanie kwazisieci przebiega teraz w dwóch etapach (rys. 6). W pierwszym dokonujemy wyboru węzłów. W tym celu rzutujemy na  $X_s$  równoległe do  $X_p$  wszystkie

węzły sieci kwadratowej (traktowanej jako nieskończenie rozciągnięta). Węzły, które leżą w pasku o szerokości  $T$ , równoległym do  $X_p$ , zostają przy tym rzutowane na odcinek  $T$  na  $X_s$ . W dalszej części zajmować się będziemy tylko węzłami leżącymi wewnątrz tego paska, pozostałe odrzucamy. Wybrane w ten sposób węzły w drugim etapie rzutujemy równoległe do  $X_s$  na prostą  $X_p$ . Powstaje na niej jednowymiarowa sieć kwaziperiodyczna. Składa się ona z aperiodycznego następstwa dwóch odcinków elementarnych, których długości i względne częstości występowania mają się do siebie jak  $1:tg\alpha$ .

Widzimy na podstawie tego prostego przykładu, że kwazisiec jest zbudowana według ścisłego przepisu. Przy tym istotną częścią składową graficznej konstrukcji *jednowymiarowej* kwazisieci jest periodyczność sieci w przestrzeni *dwuwymiarowej*. Uogólniając, oznacza to, że kwaziperiodycznej sieci odpowiada sieć periodyczna w przestrzeni wyżej-wymiarowej.

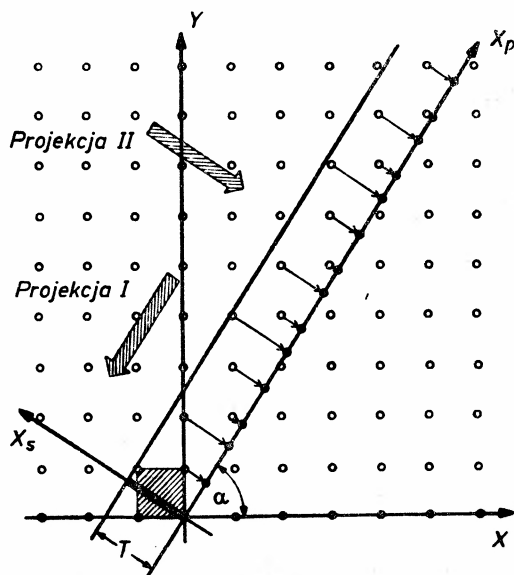
Trójwymiarowej kwazisieci odpowiada hipersześcienna sieć prymitywna w przestrzeni sześciowymiarowej. Konstrukcja przebiega zupełnie analogicznie do przypadku jednowymiarowego, diskutowanego powyżej. Zamiast sieci kwadratowej wychodzimy z sześciowymiarowej sieci hipersześciennej. Jej komórkę elementarną stanowi „kostka” o 64 wierzchołkach. W sieci tej wprowadzamy w początku układu współrzędnych nowy, trójwymiarowy układ współrzędnych, rozpinający przestrzeń, w której chcemy skonstruować kwazisiec. Nazwijmy tę przestrzeń  $R_p$  analogicznie do  $X_p$  z rys. 6. Zwracamy przy tym uwagę, by sześć hipersześciennych osi elementarnych odpowiadało w owej trójwymiarowej podprzestrzeni sześciu pięciokrotnym osiom symetrii ikosaedru. W tym miejscu zamiast niewymiernego  $tg\alpha$  w przypadku jednowymiarowym wkracza liczba  $\tau = (1 + \sqrt{5})/2$ . Jest to liczba magiczna złotego podziału, związana nierozłącznie z symetrią pięciokrotną.

Teraz potrzebujemy jeszcze drugiej przestrzeni  $R_s$ , odpowiadającej  $X_s$ . Zrzutujemy sześciowymiarową komórkę elementarną na  $R_s$ . Powstaje w ten sposób w  $R_s$  ciało, które ma 30 rombów ścian i wykazuje symetrię ikosaedru. Ciało to zwane jest triakontaedrem; odpowiada ono odcinkowi  $T$  wzdłuż  $X_s$  na rys. 6. Teraz przeprowadzamy znów dwie operacje rzutowania. W pierwszym etapie rzutujemy na  $R_s$  węzły sześciowymiarowej sieci hipersześciennej. Bierzymy pod uwagę tylko te węzły, których rzuty leżą wewnątrz triakontaedru. W drugim etapie rzutujemy na  $R_p$  wybrane w ten sposób węzły. Powstaje przy tym trójwymiarowa kwazisiec, wypełniająca przestrzeń i zbudowana z dwóch rodzajów romboedrów z rys. 5.

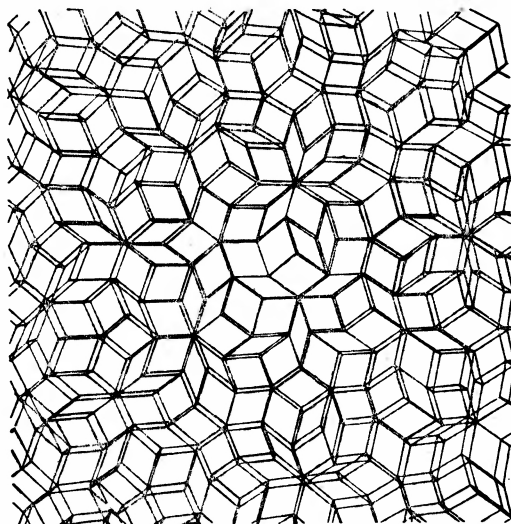
Podobnie jak dwuwymiarowa, również trójwymiarowa kwazisiec posiada własność autopodobieństwa. Odnajdujemy zatem w różnych miejscach sieci dowolnie duże obszary jednakowego ułożenia romboedrów elementarnych, pomimo że nie udaje się zbudować sieci z periodycznie powtarzalnych elementów. Tak jak w przypadku dwuwymiarowym, sieć trójwymiarowa nie ma na ogół środka symetrii.

Dla płaskiego wzoru Penrose'a mogliśmy rozpoznać uporządkowanie kątowe po tym, że krawędzie komórek rombów ułożone były tylko wzdłuż pięciu kierunków, równoległych do boków pięciokąta. Zupełnie podobnie w trójwymiarowej kwazisieci krawędzie romboedrów biegną wzdłuż sześciu kierunków, równoległych do osi pięciokrotnych ikosaedru. Układy zakreskowanych pasów na rys. 4 mają w przestrzeni trójwymiarowej odpowiedniki w formie sześciu rodzin nieregularnie ząbkowanych warstw. Warstwy te „wiją” się wokół odpowiednich rodzin równoległych i równoodległych płaszczyzn. Każdy, kto zajmuje się budowaniem modelu tej sieci, tak trudnej do wyobrażenia, jest zafascyno-





Rys. 6. Konstrukcja jednowymiarowej kwazisieci przez projekcję węzłów sieci kwadratowej, leżących wewnątrz pasa o szerokości  $T$ , na prostą  $X_p$ . Nachylenie prostej  $X_p$ , tzn.  $\text{tg}\alpha$ , jest liczbą niewymierną. Na rysunku  $\text{tg}\alpha = \tau = 1,618\dots$  jest liczbą złotego podziału.



Rys. 7. Rzut centralny pojedynczej warstwy kwazisieci trójwymiarowej. Elementami są romboedry z rys. 5.

wany faktem, że daje się ona rozłożyć na warstwy, które można ułożyć na sobie podobnie jak pojemniki na jaja. Rys. 7 pokazuje widok na taką warstwę, narysowany w rzucie perspektywicznym przez komputer.

Jeśli zrzutujemy nieskończoną kwazisiec wzdłuż osi pięcio-, trój- i dwukrotnych ikosaedru, to powstają wzory punktowe o dużej regularności (rys. 8). Decyduje o tym

fakt, że dla wybranych kierunków rzutowania projekcje węzłów sieci rozłożonych w głąb dokładnie się pokrywają. Jest to bezpośrednią konsekwencją uporządkowania kąowego. Widzimy również, że w kwazisieci obok uporządkowania kąowego istnieje też pewnego rodzaju „uporządkowanie translacyjne”. Węzły sieci są mianowicie ułożone w rzędach. Ich odstępów w każdym rzędzie są aperiodyczne. Nie należy zatem utożsamiać *uporządkowania* translacyjnego z *niezmienniczością* translacyjną. Można zauważyć (zwłaszcza na pierwszym obrazie od góry), jak ważną rolę w kwazisieci odgrywa pięciokąt i związana z nim liczba  $\tau$ . W pięciokącie foremnym długość przekątnych pozostaje do krawędzi w stosunku złotego podziału. Również odległości węzłów sieci w obrębie rzędów pozostają do siebie w tym stosunku.

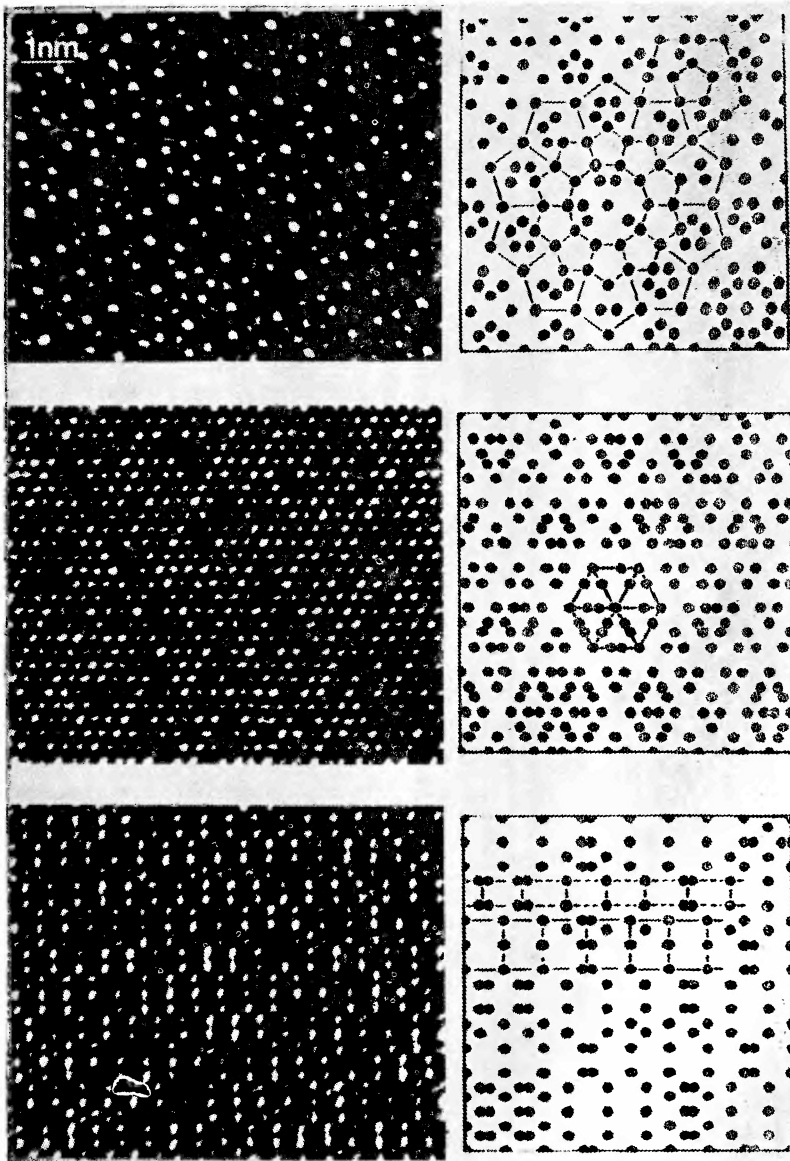
Fakt, że kwazikryształ daje na obrazie dyfrakcyjnym ostre plamki, chociaż jego sieć jest aperiodyczna, związany jest ściśle z tym, że sieć ta utworzona jest przez projekcję wyżej wymiarowej sieci *periodycznej*. Zupełnie analogicznie można również za pomocą metody projekcyjnej sprowadzić obraz dyfrakcyjny kwazisieci do obrazu dyfrakcyjnego (dokładniej: sieci odwrotnej) sześciowymiarowej sieci hipersześcienniej. Nie będziemy tego tutaj dokładnie przedstawiać. Występowanie dyskretnych refleksów można również wyprowadzić z opisanej powyżej własności kwazikryształów, że węzły sieci związane są ściśle z równoodległymi warstwicami, od których są oddalone w ograniczony, systematyczny sposób.

Okazuje się, że obrazy dyfrakcyjne obliczone podanymi metodami bardzo dobrze zgadzają się pod względem położeń i natężeń refleksów z obrazami dyfrakcyjnymi z mikroskopu elektronowego. Od tej strony koncepcja kwazisieci jako model struktury kwazikryształu ma zatem całkowite wsparcie. Jeszcze bardziej istotnej, bezpośredniej wskazówki, że model ten jest rozsądny dostarcza nam wysokorozdzielcza mikroskopia elektronowa.

### Odwzorowanie struktury kwazikryształu

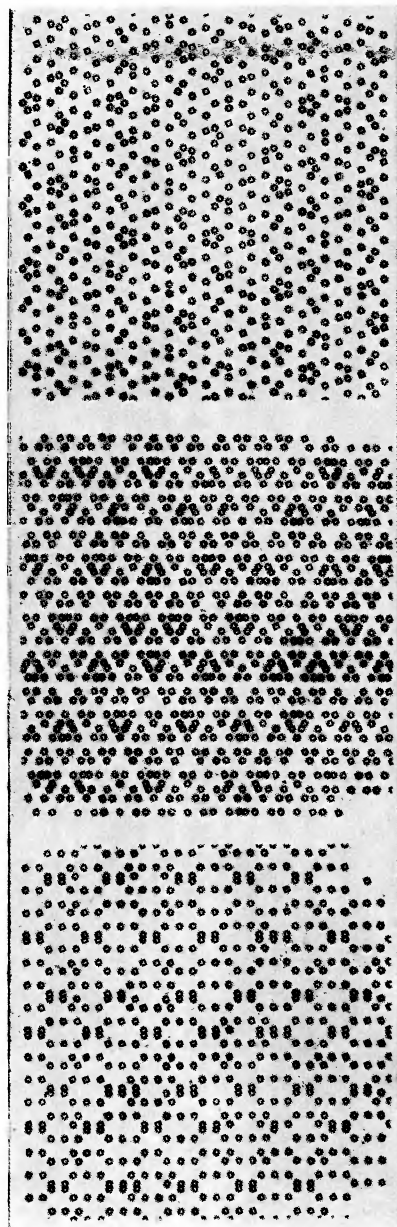
Dzięki postępowi technicznemu w optyce elektronowej w ostatnich latach stało się możliwe bezpośrednie odwzorowanie struktur krystalicznych w mikroskopie elektronowym o zdolności rozdzielczej około 0,25 nm (w najnowszych urządzeniach nawet 0,16 nm), tj. na skalę atomową. Rys. 9 pokazuje takie obrazy struktur, uzyskane w wysokorozdzielczym mikroskopie elektronowym w Instytucie Badań Metali Maxa Plancka w Stuttgarcie. Obiektem były kwazikryształy w Al — 14% at. Mn. Oprócz zdjęć mikroskopowych dla porównania podany jest wygląd odpowiednio rzutowanej kwazisieci. Jeśli wziąć pod uwagę ograniczenia jakości obrazu, wywołane czynnikami aparaturowymi, to można uznać zgodność wyników ze skonstruowaną siecią za bardzo dobrą.

Ponadto ostatnio stało się jasne, że obrazy otrzymane za pomocą mikroskopu elektronowego nie pozwalają rozróżnić wszystkich szczegółów atomów. Zdjęcia pokazują tylko zgrubny szkielet kwazikryształu. Mogą przy tym ewentualnie odgrywać ważną rolę położenia atomów manganu. Ich jądra mają większy ładunek, a dzięki mikroskopii elektronowej związków międzymetalicznych wiadomo, że określają one w bardzo istotny sposób kontrast obrazów struktury.

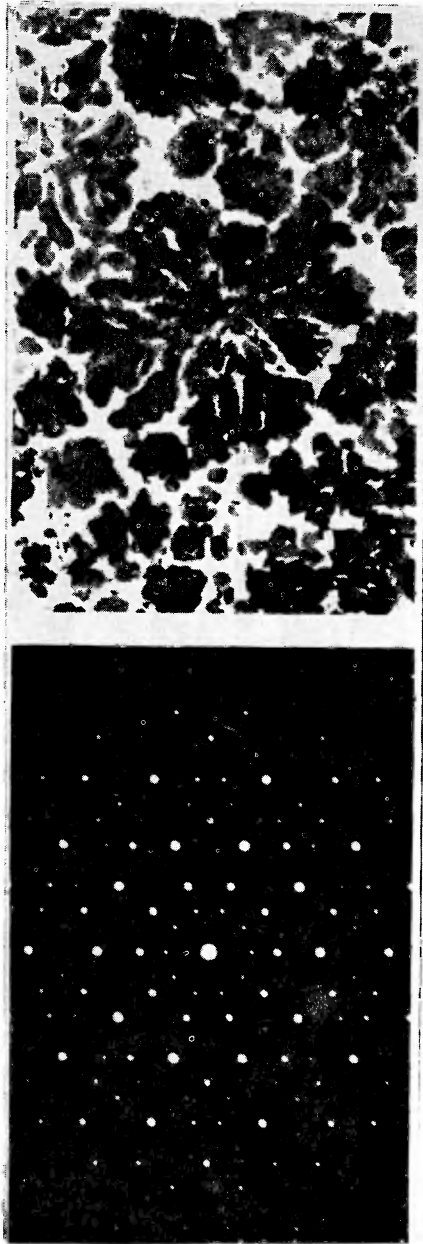


Rys. 9. Uzyskane z wysoką rozdzielczą obrazy elektronomikroskopowe kwazikryształów w stopie Al — 14% at. Mn. Zdjęcia wzdłuż osi ikosaedru: pięciokrotnej (u gó,y), trójkrotnej (w środku) i dwukrotnej. Dla porównania podane są obok odpowiednie wyglądy kwazisieci, skonstruowanej za pomocą metody projekcyjnej. Linie łączą węzły sieci w figury, które dają się rozpoznać na obrazach mikroskopowych.

Dodatkowe możliwości porównań uzyskuje się przez oglądanie obrazów pod bardzo małym kątem.



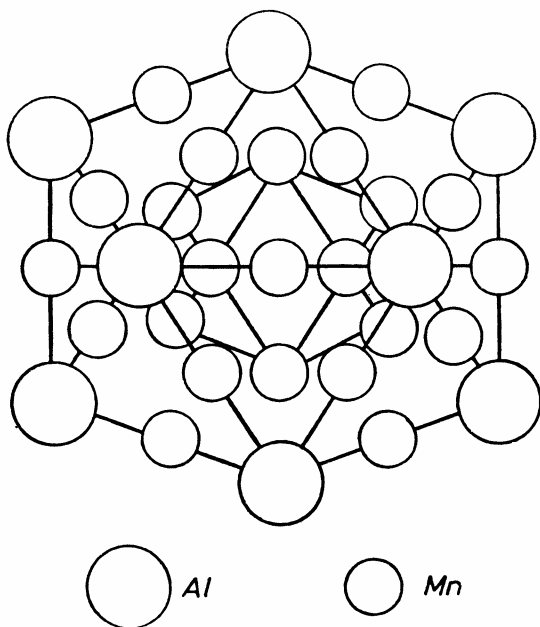
Rys. 8. Wygląd trójwymiarowej kwazisieci wzdłuż wyróżnionych kierunków. Rzuty węzłów sieci, rozłożonych wglęb, nakładają się na siebie. Mimo braku periodyczności sieci powstaje jednak w ten sposób wzór punktowy o dużej regularności. Kwazisieć została skonstruowana za pomocą metody dualizacji. U góry: widok wzdłuż osi pięciokrotnej ikosaedru. Można rozróżnić uporządkowanie kątowe (odcinki elementarne sieci leżą równoległe do boków pięciokąta) i uporządkowanie translacyjne (punkty ułożone są rzędami). W środku: widok wzdłuż osi trójekrotnej ikosaedru. U dołu: widok wzdłuż osi dwukrotnej ikosaedru.



Rys. 3. Elektronomikroskopowy obraz jasnopolowy (u góry) i obraz dyfrakcji elektronów (u dołu) kwazikryształu w stopie Al — 14% at. Mn wzdłuż osi pięciokrotnej ikosaedru. Plamki dyfrakcyjne ułożone są w sekwencję pięciokątów foremnych. Obraz wykazuje symetrię dziesięciokrotną.

## Struktura realna kwazikryształów

Jak dotąd, nasza wiedza o szczegółach struktury atomowej kwazikryształów jest jeszcze bardzo niepełna. Obok mikroskopii elektronowej oraz dyfrakcji elektronów dysponujemy od niedawna wynikami badań dyfrakcji promieni rentgenowskich [20] i neutronów [21, 22], jonowej mikroskopii polowej [23] oraz metodą EXAFS [24]. Jak dotychczas, wyłaniający się stąd obraz nie jest bynajmniej jednolity. Najbardziej obiecujący obecnie model struktury opiera się na obserwacji poczynionej jednocześnie przez P. Guyota i M. Audiera [25] oraz V. Elsera i C. Henleya [26]. Na podstawie przeglądu literatury autorzy ci ustalili, że w stopach Al–Mn–Si istnieje normalna faza krystaliczna  $\text{Al}_{74}\text{Mn}_{20}\text{Si}_6$  o znanej strukturze, której obrazy dyfrakcyjne wykazują duże podobieństwo do fazy kwazikrystalicznej, również obserwowanej w tych stopach. Ponadto stwierdzili, że znaną sieć periodyczną można przeprowadzić w kwazisiec pod działaniem względnie niewielkich deformacji.



Rys. 10. Iksosaedr Mackaya w Al–Mn–Si. W aktualnych modelach struktur realnych kwazikryształów grupy atomów, związane z tym iksosaedrem, obsadzają część wierzchołków, krawędzi i ścian romboedrycznej komórki elementarnej kwazisieci.

W wyprowadzonym stąd modelu oba elementarne romboedry kwazisieci obsadzone są w wierzchołkach, na krawędziach i w środkach nie pojedynczymi atomami, lecz całą grupą atomów. Grupa ta tworzy tzw. iksosaedr Mackaya [27], dyskutowany przez Mackaya jeszcze w latach sześćdziesiątych jako możliwy układ małych grup atomów. Rys. 10 pokazuje iksosaedr Mackaya. Występuje on również w krystalicznym  $\text{Al}_{74}\text{Mn}_{20}\text{Si}_6$  i stanowi tam, obok innych poliedrów, część składową bardzo dużej komórki elementarnej

tych związków międzymetalicznych. Zawiera 42 atomy aluminium i 12 atomów manganu. Jest rzeczą pewną, że z czysto przestrzennych powodów nie wszystkie romboedry w kwazikryształach mogą być równomiernie obsadzone. Pomiędzy ikosaedrami znajdują się jeszcze zniekształcone oktaedry, które zawierają atomy krzemu i dalsze atomy aluminium. Pełna struktura okazuje się przy bliższej analizie niezwykle skomplikowana. Słaby punkt obecnego modelu polega na tym, że przewiduje on gęstość o około 15% niższą od wyznaczonej doświadczalnie.

W przyszłych pracach wielkie nadzieje wiąże się z perspektywą otrzymywania dużych kwazikryształów o ustalonej orientacji<sup>1</sup>. Oczekuje się od nich nie tylko lepszych danych dyfrakcyjnych do określania struktur, ale także możliwości łatwiejszego niż dotychczas badania własności fizycznych. Rozstrzygną one o tym, do jakiego stopnia nowy wgląd w warsztat przyrody może prowadzić do nowych, ciekawych zastosowań.

Tłumaczył z języka niemieckiego  
Jerzy Gronkowski

Instytut Fizyki Doświadczalnej UW  
Warszawa

#### Literatura

- [1] D. Shechtman, I. A. Blech, D. Gratias, J. W. Cahn, *Phys. Rev. Lett.* **53**, 1951 (1984).
- [2] D. Levine, P. J. Steinhardt, *Phys. Rev. Lett.* **53**, 2447 (1984).
- [3] R. Penrose, *Bull. Inst. Math and its Appl.* **10**, 266 (1974).
- [4] N. de Bruijn, *Ned. Akad. Proc. Wet.* **A43**, 39, 53 (1981).
- [5] A. L. Mackay, *Kristallografiya* **26**, 910 (1981).
- [6] A. L. Mackay, *Physica* **114A**, 609 (1982).
- [7] P. Kramer, R. Neri, *Acta Crystallogr.* **A40**, 580 (1984).
- [8] D. Gratias, L. Michel (red.), *J. Phys. (France)* **C3** (1986).
- [9] Z. Zhang, H. Q. Ye, K. H. Kuo, *Philos. Mag.* **A52**, L49 (1985).
- [10] J. Poon, A. J. Drehman, K. R. Lawless, *Phys. Rev. Lett.* **55**, 2324 (1985).
- [11] L. Bendersky, *Phys. Rev. Lett.* **55**, 1461 (1985).
- [12] K. Urban, N. Moser, H. Kronmüller, *Phys. Status. Solidi (a)* **91**, 411 (1985).
- [13] D. A. Lilienfeld, M. Nastasi, H. H. Johnson, D. G. Ast, J. W. Mayer, *Phys. Rev. Lett.* **55**, 1587 (1985).
- [14] K. Urban, J. Mayer, M. Rapp, M. Wilkens, A. Csanady, J. Fidler, w [8], str. 465.
- [15] D. M. Follstaedt, J. A. Knapp, *Phys. Rev. Lett.* **56**, 1827 (1986).
- [16] J. W. Cahn, informacja prywatna.

<sup>1</sup> W listopadzie 1986 r. doniesiono o otrzymaniu dużych (tzn. o rozmiarach rzędu 1 mm) mono-kwazikryształów  $Al_6CuLi_3$ , które krystalizują jako trikontaedry [B. Dubost, J.-M. Lang, M. Tanaka, P. Sainfort, M. Audier, *Nature* **324**, 48 (1987); por. także K. Knowles, *Nature* **324**, 12 (1987)]. Z krótkiego sprawozdania z *Workshop on Quasicrystals, Grenoble 22—23 January 1987*, zamieszczonego w tym samym czasopiśmie w kwietniu 1987 r. [P. Guyot, *Nature* **326**, 640 (1987)] wynika na podstawie lauegramów rentgenowskich próbek  $Al_6CuLi_3$ , że ich struktura jest jeszcze daleka od rozwiązania.

W tym miejscu warto może dodać, że w niektórych publikacjach spotkać można pogląd, że symetria pięciokrotna obrazów nie jest związana z kwaziperiodyczną budową sieci, lecz ze specjalnym rodzajem zbliźniaczenia. W modelu proponowanym przez Linusa Paulinga [*Phys. Rev. Lett.* **58**, 365 (1987)] sieć ma budowę periodyczną, a komórka elementarna jednego ze stopów zawiera 820 atomów (przyp. tłum.).

- [17] M. Gardner, *Sci. Am.* **236**, 110 (1977).
- [18] M. Duneau, A. Katz, *Phys. Rev. Lett.* **54**, 2688 (1985).
- [19] V. Elser, *Acta Crystallogr.* **A42**, 36 (1986).
- [20] P. A. Bancel, P. A. Heiney, P. W. Stephens, A. I. Goldman, P. M. Horn, *Phys. Rev. Lett.* **54**, 2422 (1985).
- [21] B. Mozer, J. W. Cahn, D. Gratias, D. Shechtman, w [8], str. 351.
- [22] R. Bellissent, F. Bouree-Vigneron, P. Sainfort, w [8], str. 361.
- [23] A. J. Melmed, R. Klein, *Phys. Rev. Lett.* **56**, 1478 (1986).
- [24] E. A. Stern, Y. Ma, K. Bauer, C. E. Bouldin, w [8], str. 371.
- [25] P. Guyot, M. Audier, *Philos. Mag.* **B52**, L15 (1985).
- [26] V. Elser, C. L. Henley, *Phys. Rev. Lett.* **55**, 2883 (1985).
- [27] A. L. Mackay, *Acta Crystallogr.* **15**, 916 (1962).



## ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

### Szkoła fizyki atomowej i molekularnej i konferencja laserowa w Trieście

W okresie między 9 marca a 3 kwietnia 1987 odbyła się w Trieście, w Międzynarodowym Centrum Fizyki Teoretycznej (International Centre for Theoretical Physics — ICTP), szkoła pod nazwą „Winter College on Atomic and Molecular Physics”. Szkoła ta była kontynuacją (aczkolwiek przy zmienionych założeniach programowych) organizowanej tu co dwa lata, począwszy od r. 1973, szkoły pod nazwą „Winter College on Laser, Atomic and Molecular Physics” (WCLAMP). Inicjatywa utworzenia WCLAMP pochodzi od T. Arechiego i A. Kastlera. Oni też obaj byli organizatorami pierwszej WCLAMP, która odbyła się w r. 1973. Jednym z wieloletnich dyrektorów tej szkoły był fizyk polskiego pochodzenia prof. A. Dymanus. Szkoła okazała się bardzo potrzebna i od samego początku cieszyła się dużym powodzeniem (w pierwszej reprezentowane było 30 krajów), zwłaszcza w krajach rozwijających się.

Zgodnie z założeniami programowymi celem WCLAMP było inicjowanie, popieranie i upowszechnianie badań naukowych i zastosowań w zakresie fizyki laserów, fizyki atomowej i fizyki molekularnej. Temu nadrzędnej celowi służyć miały wszystkie formy działania szkoły, a więc wykłady, seminaria, ćwiczenia itp. organizowane w ramach WCLAMP. Służyć temu również miały i inne formy działania podejmowane w ramach WCLAMP, np. staże i stypendia naukowe, pomoc finansową (na zakup sprzętu, aparatury itp.) oraz inne formy pomocy podejmowane przy okazji WCLAMP na rzecz jej uczestników. Toteż zainteresowanie WCLAMP systematycznie wzrastało, a liczba chętnych do uczestniczenia w jej spotkaniach przekraczała często możliwości organizatorów. W latach 1973—85 odbyło się sześć spotkań WCLAMP.

Pewnym mankamentem WCLAMP, i to od samego początku, było rozdzielenie jej *de facto* na dwie wyraźnie rozgraniczone części. Pierwsza poświęcona była fizyce laserów (jak i różnym aspektom zastosowań laserów), druga natomiast — fizyce atomowej i molekularnej. Na każdą z tych części przeznaczano po jednym miesiącu, a czas trwania WCLAMP wynosił dwa miesiące. W efekcie więc odbywały się w ramach jednej WCLAMP jakby dwie oddzielne imprezy. Toteż w r. 1985 postanowiono zerwać z dotychczasową praktyką (niewątpliwym wpływ na podjęcie tej decyzji miała również pogarszająca się w ostatnich latach sytuacja materialna ICTP) i w miejsce dotychczasowej WCLAMP, wspólnej dla obu programów, powołać dwie oddzielne szkoły: „Winter College on Atomic and Molecular Physics” (WCAMP) — poświęconą fizyce atomowej i molekularnej oraz „Winter College on Laser Physics” (WCLP) — poświęconą fizyce laserów. Pierwsza ma się odbywać w latach nieparzystych, druga natomiast w latach parzystych. Czas trwania każdej z tych szkół ograniczono do jednego miesiąca, co zresztą i tak pokrywało się *de facto* z dotychczasową praktyką w ramach WCLAMP.

Tegoroczna WCAMP była pierwszą z kolei szkołą realizowaną już według nowej koncepcji. Poświęcono ją szeroko zakrojonym zastosowaniom współczesnej spektroskopii atomowej i molekularnej. Wygłoszone wykłady obejmowały bardzo rozległy zakres tematyczny — począwszy od oddziaływań podstawowych oraz podstaw spektroskopii atomowej i molekularnej, poprzez analityczną spektroskopię laserową i diagnostykę plazmy, kończąc na zastosowaniach spektroskopii atomowej i molekularnej w badaniach środowiska przyrodniczego, a nawet zastosowaniach w medycynie.

Tak wielkie zróżnicowanie programu (część merytoryczna tegorocznej WCAMP dotyczyła aż trzynastu dziedzin!) nie było zbyt korzystne. Przy tak bowiem rozstrzelonym programie trudno jest dobrać jednolity skład wykładowców, toteż poziom wykładów na tegorocznej WCAMP był dość nierówny. Bardzo interesujące wykłady, na wysokim poziomie naukowym, wygłosili: prof. E. Arimondo (Piza, Włochy; spektroskopia optogalwaniczna), prof. A. Dymanus (Nijmegen, Holandia; spektroskopia molekularna), prof. N. Omenetto (Ispra, Włochy; analityczna spektroskopia laserowa) oraz prof. S. Svanberg (Lund,

Szwecja; zastosowania laserów w diagnostyce atmosfery i hydrosfery oraz zastosowania laserów w medycynie). Szczególnie duże zainteresowanie wzbudziły wykłady tego ostatniego poświęcone medycznym zastosowaniom laserów. Również na bardzo wysokim poziomie były wykłady prof. D. Bicanica (Wageningen, Holandia; zastosowania spektrometrii fototermicznej w rolnictwie) oraz prof. D. Gjessinga (Kjeller, Norwegia; diagnostyka mikrofalowa hydrosfery) — aczkolwiek wydaje się, że wykłady te, jak zresztą i niektóre inne jeszcze, bardziej nadawałyby się być może do konferencji poświęconej fizyce środowiska przyrodniczego. Natomiast część wykładów wygłoszona została chyba jednak na zbyt elementarnym poziomie. Inną, merytoryczną usterką tegorocznej WCAMP było przekrywanie się tych samych tematów u różnych autorów. Organizacyjnie tegoroczna WCAMP nie wzbudzała żadnych zastrzeżeń. Uczestnicy szkoły otrzymali cały komplet powielonych wykładów (łącznie ok. 1000 stron!) wygłoszonych na tegorocznej szkole, jak również niektóre materiały ze szkół wcześniejszych, mające związek z obecną.

Mimo niektórych niedomagań można stwierdzić, że Szkoła dobrze wypełniła swoje zadania. Jest to bardzo pożyteczna i bardzo potrzebna impreza. Umożliwia ona szerszemu ogółowi fizyków — w szczególności z krajów rozwijających się — zapoznanie się z najnowszymi osiągnięciami fizyki atomowej i fizyki molekularnej. Doskonale przygotowany do tego rodzaju działalności ośrodek jakim jest ICTP, zapewnia przy tym dodatkowe możliwości poszerzenia i pogłębienia wiedzy (dobrze wyposażona biblioteka, czytelnie, ogólnie dostępne kserografy itp.), z czego też uczestnicy szkoły skwapliwie korzystali.

W Szkole udział wzięło ok. 100 osób z 35 krajów. Najliczniej reprezentowane były: Chińska Republika Ludowa (15 osób), Indie (13) i Malazja (5). Z Polski uczestniczyły w tej imprezie 4 osoby. Dyrektorami Szkoły byli: E. Arimondo (Piza, Włochy), G. Denardo (Triest, Włochy) i S. Svanberg (Lund, Szwecja). Szkoła przebiegała bardzo sprawnie, co było niewątpliwą zasługą prof. G. Denardo, wicedyrektora ICTP, czuwającego nad jej przebiegiem.

Podczas Szkoły odbyła się w ICTP, czwarta już z kolei, konferencja pod nazwą „Lasers in Atomic and Molecular Physics” (LAMP). Konferencja ta, zainicjowana w r. 1981 podczas piątej szkoły WCLAMP, poświęcona jest głównie fizyce laserów i zastosowaniom laserów w fizyce atomowej i w fizyce molekularnej, jak również zastosowaniom laserów w spektroskopii atomowej i w spektroskopii molekularnej. Kolejne spotkania LAMP odbyły się w trakcie następnych WCLAMP. Zgodnie z ustaleniami podjętymi w r. 1985 w sprawie WCLAMP, w przyszłości konferencja LAMP (tak jak to już było w bieżącym roku) powiązana będzie ze spotkaniami WCAMP.

Konferencja LAMP cieszy się stale wzrastającym zainteresowaniem. Od spotkania do spotkania powiększa się zarówno liczba jej uczestników jak i liczba przedstawianych prac. W tegorocznej zaprezentowano o ok. 50% więcej prac niż w poprzedniej. W spotkaniu LAMP '87 uczestniczyło ok. 70 osób z trzydziestu krajów. Zgłoszono na nią 55 prac (z 22 krajów), spośród których wygłoszono 49. Stało się tak zgodnie z przyjętą zasadą, w myśl której jeden autor mógł wygłosić tylko jeden referat. Obrady LAMP '87 odbyły się na 7 sesjach popołudniowych. Najwięcej prac wpłynęło z Indii (11), Malezji (5), oraz Chińskiej Republiki Ludowej i Polski (po 5).

Przedstawione na LAMP '87 prace były na dobrym poziomie naukowym i nawiązywały do najnowszych osiągnięć światowej nauki. W tym też miejscu należy wyrazić pełne uznanie niektórym krajom rozwijającym się za stworzenie dobrych warunków rozwoju nauki i umożliwienie jej nadążania za światowym rozwojem. Na przykład, przedstawili swoje prace trzech studenci (z szóstego, ostatniego roku studiów) z Malezji. Były one — jak na prace studenckie — na zadziwiająco wysokim poziomie, a ich autorzy wykazali się doskonałą orientacją w swej problematyce i dużą swobodą referowania uzyskanych wyników.

Ukazał się również (w ciągu jednego dnia!) zbiór streszczeń referatów zgłoszonych na LAMP '87. Przewiduje się również wydanie ok. 350-stronicowych *Proceedings of LAMP '87*.

Pracami konferencji LAMP '87 kierował pięcioosobowy komitet organizacyjny w składzie: przewodniczący prof. S. A. Ahmad (Indie) i członkowie: E. Alvarez (Kolumbia), V. Bhanthumnavin (Tajlandia), Wiafa-Akenten (Kenia) i H. Z. Wrembel (Polska). W myśl zaleceń Komitetu Organizacyjnego następna konferencja — LAMP '89 — winna być bardziej ukierunkowana na zastosowania spektroskopii.

W uzupełnieniu powyższej relacji przedstawiamy kilka informacji o organizatorze powyższych imprez, Międzynarodowym Centrum Fizyki Teoretycznej w Trieście<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Por. także *Postępy Fizyki* 37, 199 (1986) (przyp. Red.).

Ośrodek ten powołano w r. 1964. Jego inicjatorem i dyrektorem jest Abdus Salam. Początkowo ICTP mieścił się w samym mieście — przy Piazza Oberdan — a od r. 1968 zajmuje okazały, nowoczesny gmach (co prawda niezupełnie jeszcze wykończony) w dzielnicy Miramare, w odległości ok. 9 km od centrum miasta. Obiekt ten jest doskonale wyposażony w niezbędny sprzęt i świetnie przygotowany (sale wykładowe, sale seminaryjne, biblioteki, czytelnie itp.) do statutowej działalności ICTP. Prócz głównego gmachu, Centrum dysponuje ponadto dwoma hotelami o międzynarodowym standardzie.

Głównymi celami działania ICTP są:

- rozwijanie i popieranie zaawansowanych studiów i badań naukowych w zakresie nauk fizycznych, matematycznych i informatycznych;
- stworzenie międzynarodowego forum umożliwiającego nawiązywanie kontaktów osobistych uczonym ze wszystkich krajów świata;
- popieranie i rozwój oryginalnych badań naukowych oraz umożliwienie realizacji badań naukowych gościom Centrum.

Cele te wypełnia ICTP przez organizowanie szkół, seminariów, konferencji i zapraszanie na indywidualne pobyty, a także przez udzielanie stypendiów naukowych, organizowanie staży naukowych — np. dużym zainteresowaniem cieszą się organizowane za pośrednictwem Centrum staże we włoskich placówkach naukowych ICTP Programme for Training and Research in Italian Laboratories — a także zapewnianie sprzętu, aparatury i środków niezbędnych do realizacji badań naukowych.

Centrum Fizyczne w Trieście prowadzi bardzo ożywioną działalność. Rocznie organizuje się tu ok. 20—25 dużych imprez, najczęściej 2—6-tygodniowych i sporo innych, krótszych spotkań. Niezależnie od tego odbywają się tu różne wykłady, seminaria, projekcje filmów itd. W imprezach tych uczestniczy rocznie ok. 1,5 tys. naukowców z całego świata. W latach 1970—85 przewinęło się przez ten ośrodek 22 282 osób, przy tym średni czas pobytu wynosił 28 dni, z pozaeuropejskich krajów rozwijających się przebywało tu ok. 7750 osób przy średnim czasie pobytu 47 dni. Z Polski gościło w tym czasie w ICTP 768 osób, a średni czas pobytu wynosił 28 dni. Warto przy tym może zauważyć, że goście z Europy, jak i z innych krajów rozwiniętych są przede wszystkim wykładowcami i organizatorami odbywających się tu imprez.

Od pewnego czasu ICTP przyznaje kilka nagród naukowych. Między innymi tegoroczną nagrodę naukową imienia Alfreda Kastlera przyznano fizykowi z Chińskiej Republiki Ludowej, prof. Li Jia Ming. Wręczenie tej nagrody nastąpiło w dniu 30 marca 1987.

W realizacji swych zadań ICTP współdziała z UNESCO, Międzynarodową Agencją Atomową, Uniwersytetem w Trieście, a przede wszystkim z rządem Włoch. Podstawę materialną ICTP stanowią różne fundacje. Najwyższy wkład wnoszą przy tym Włochy (10 mln dolarów USA rocznie, co stanowi ok. 80—90% całości budżetu ICTP), a ponadto UNESCO, Stany Zjednoczone, Wielka Brytania i kilku jeszcze innych sponsorów. Znamienne jest natomiast brak wkładu finansowego w działalność ICTP bogatych krajów rozwijających się, podczas gdy w ok. 75% z działalności ICTP korzystają właśnie kraje rozwijające się!

W swej działalności ICTP współpracuje ze 133 krajami świata, a bezpośrednio z 195 instytucjami naukowymi. Instytucje te (uniwersytety, instytuty naukowe itp.) wchodzi w skład tzw. federacji. Około 400 osób liczy też obecnie (do poważnego wzrostu tej liczby przyczyniła się ostatnio fundacja Stanów Zjednoczonych) grono członków stowarzyszonych (Associates) a ponad dwukrotnie większą liczbę stanowią kandydaci na takich członków (Junior Associates). Sporą liczbę osób obejmuje też swoją działalnością istniejąca od niedawna przy ICTP tzw. Akademia Trzeciego Świata (Third World Academy of Sciences). Lista zaś osób informowanych na bieżąco o działalności ICTP przekracza 5 tys. nazwisk! Wszystkie te formy współdziałania z ICTP są niezmiernie korzystne dla objętych nimi instytucji, czy osób indywidualnych.

Ten pozytywny obraz ICTP ulega niestety w ostatnich latach pewnemu przyćmieniu. Od niejakiego bowiem czasu polityka prowadzona w Centrum wzbudzać zaczyna pewien niepokój. Obserwuje się tu na przykład dość wyraźne ukierunkowanie działalności na wybrane obszary świata. Znamienne jest chociażby to, że niektóre, nie tak wielkie nawet kraje, mają porównywalną z całą Europą liczbę miejsc we wspomnianej wyżej federacji. Zaprzestano również nadawania statusu członka stowarzyszonego osobom wywodzącym się z Europy. To, i inne niepopularne pociągnięcia, powodują narastanie krytycznego na-

stawienia do ICTP. Należy jednak żywić nadzieję, że w bliskiej przyszłości (a istnieją już ku temu pewne przesłanki) nastąpi zmiana tej sytuacji, a ICTP odzyska w pełni swą znakomitą renomę.

*Henryk Wrembel*

Zakład Fizyki WSP  
Słupsk

## XIV Seminarium Środkowoeuropejskiej Współpracy w Fizyce Statystycznej

Czternaste Seminarium Środkowoeuropejskiej Współpracy w Fizyce Statystycznej (MECO) odbyło się w dniach od 31 marca do 2 kwietnia 1987 r. w miejscowości Chexbres k. Lozanny. Zgromadziło ono ponad 100 uczestników, w tym 12 osób z Polski, których pobyt był możliwy dzięki pomocy finansowej organizatorów.

Konferencje MECO organizowane są od 1974 r. przez Międzynarodowy Komitet Organizacyjny w skład którego wchodzi fizycy z większości krajów europejskich. W tym roku na czele miejscowego Komitetu Organizacyjnego stał prof. Charles P. Enz z Instytutu Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Genewskiego.

Każda z konferencji MECO posiada swój temat wiodący — w tym roku były to problemy nieporządku i lokalizacji. Wygłoszono 17 wykładów. Ich autorzy w głównej mierze przedstawili prace własne, chociaż były również referaty o charakterze bardziej przeglądowym. Tematyka wykładów w dużej części dotyczyła problemu szkieł różnego rodzaju — od szkieł przestrzennych poprzez szkła spinowe aż do szklistej natury stanu nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego. Ten ostatni temat referowany przez K. A. Müllera z Laboratorium IBM w Rüschlikon wzbudził niewątpliwie największe zainteresowanie uczestników seminarium. K. A. Müller przedstawił zarówno drogę, która doprowadziła go do odkrycia (wspólnie z J. G. Bednorzem) nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego w ceramicznych próbkach  $\text{La}_2\text{CuO}_4 : \text{Ba}, \text{Sr}$ , jak i rezultaty ostatnich badań wskazujące na metastabilny charakter tego zjawiska.

Kilka wykładów poświęconych było zastosowaniu teorii cieczy Fermiego do opisu przejścia fazowego metal–izolator. Przedstawiono prosty model mechanizmu zapamiętywania oparty na sieci Isinga. W pozostałych referatach poruszono również problemy agregacji i przebiccia dielektrycznego.

Uczestnicy Konferencji przedstawili ponad 70 prac na trzech sesjach plakatowych. Prace te obejmowały większość działów fizyki materii skondensowanej. Każdą sesję plakatową poprzedzały jednogminutowe wystąpienia, na których autorzy starali się zapoznać uczestników Seminarium z najbardziej istotnymi wynikami swoich prac. Na uwagę zasługuje doskonała organizacja Konferencji. Wszyscy uczestnicy mieszkali w jednym hotelu co dawało możliwość prowadzenia dyskusji i nawiązywania kontaktów.

Zgodnie z decyzją Międzynarodowego Komitetu Organizacyjnego następną Konferencją MECO 15 odbędzie się w przyszłym roku w Polsce. Prawdopodobnie tematem wiodącym będzie problem nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego.

*Magdalena Załuska-Kotur,  
Andrzej Łusakowski*

Instytut Fizyki PAN  
Warszawa

## X Warszawskie Sympozjum Fizyki Cząstek Elementarnych w Kazimierzu Dolnym

W dniach 24–30 maja 1987 r. w Domu Pracy Twórczej Architekta w Kazimierzu Dolnym odbyło się X Warszawskie Sympozjum Fizyki Cząstek Elementarnych, zorganizowane przez obydwa Instytuty Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego i Instytut Problemów Jądrowych. W Sympozjum wzięło udział 51 fizyków

z zagranicy (z CERN-u, Austrii, Belgii, Czechosłowacji, Francji, Izraela, Japonii, NRD, RFN, Szwajcarii, USA, Wielkiej Brytanii, Węgier, Włoch i ZSRR) oraz 63 fizyków polskich (z Białegostoku, Katowic, Kielc, Krakowa, Łodzi i Warszawy). Łącznie przedstawiono 55 referatów przeglądowych i komunikatów z prac własnych, w tym 13 komunikatów przedstawili uczestnicy polscy. (Materiały Sympozjum zostaną opublikowane przez Zakład Małej Poligrafii Uniwersytetu Warszawskiego na początku 1988 r.) W czasie Sympozjum pani Lynn Silverman pokazała również swój film *Invisible Energy*, który przedstawiał prace grupy UA1 w CERN-ie w okresie przygotowywania i przeprowadzania doświadczenia oraz analizy zebranych danych dla przypadków z niewidoczną energią unoszoną przez neutrino. Doświadczenie to zostało uhonorowane Nagrodą Nobla.

Podobnie jak w ubiegłych latach, na Sympozjum podsumowano ostatnie osiągnięcia doświadczalne i teoretyczne w fizyce cząstek elementarnych. Obecnie fizyka doświadczalna cząstek znajduje się wyraźnie w okresie przejściowym. Kontynuowane są dotychczasowe doświadczenia i jednocześnie wiele grup doświadczalnych jest w trakcie przygotowywania nowej generacji eksperymentów, które zostaną przeprowadzone przy użyciu nowych akceleratorów SLC, LEP, HERA, SSC.

Obecnie prowadzone doświadczenia poświęcone są głównie precyzyjnym pomiarom dokładniej sprawdzającym model standardowy (chromodynamikę kwantową i model oddziaływań elektroślabych Glashowa, Salama i Weinberga) i dostarczającym lepszego oszacowania efektów wynikających z modeli unifikujących. Jak dotąd żadne z doświadczeń nie kwestionuje modelu standardowego w istotny sposób. Z ciekawszych doniesień można wymienić obserwację nowego, trzeciego przypadku stowarzyszonej produkcji bozonu  $W$  o dużym pędzie poprzecznym z dwoma pękami („jetami”) hadronowymi (ich występowanie ciągle czeka na wyjaśnienie) oraz precyzyjne pomiary stosunku przekrojów czynnych w zderzeniach  $p\bar{p}$  produkcję bozonów  $W$  i  $Z$  i ich czasów życia (pozwalających uzyskać informację o liczbie lekkich neutrin i masie kwarka  $t$ ). Przedstawiono również niektóre z przygotowywanych doświadczeń oraz omówiono nowe techniki i urządzenia pomiarowe.

Duże zainteresowanie uczestników wzbudził referat omawiający obserwację 23 lutego 1987 r. neutrin pochodzących z wybuchu gwiazdy supernowej w Obłoku Magellana. Niektóre z interpretacji obserwowanego strumienia neutrin sugerują, że byliśmy świadkami podwójnego wybuchu supernowej: najpierw supernowa przeszła w gwiazdę neutronową, a w parę godzin później stała się czarną dziurą.

Największa grupa referatów teoretycznych dotyczyła bujnie rozwijającej się w ostatnich latach teorii superstrun i jej fenomenologicznych konsekwencji. Według tej teorii obiekty elementarne nie są punktowe, lecz mają liniową strukturę rozciąglą, która ujawnia się przy niezwykle wysokich energiach, ok.  $10^{19}$  GeV. Dotychczas uważano, że wewnętrzna spójność teorii wymaga, by była ona konstruowana w dziesięciowymiarowej czasoprzestrzeni. Efekty dynamiczne powodowałyby następnie zakrzywienie sześciu wymiarów do bardzo małych rozmiarów. Jedną z konsekwencji tego procesu uzwarzenia byłoby istnienie co najmniej dwóch neutralnych bozonów wektorowych o niezerowych masach: znanego już bozonu  $Z$  i nowego, niewiele cięższego  $Z'$ . Bozon  $Z'$  mógłby być ewentualnie wykryty przez eksperymenty przeprowadzone przy użyciu budowanych obecnie akceleratorów.

Jedno z najciekawszych wystąpień na temat superstrun dotyczyło ostatnio wykrytej możliwości formułowania ich teorii bezpośrednio w czterech wymiarach, z pominięciem etapu uzwarzenia. Warto też podkreślić, że dwa spośród siedmiu referatów z tej intrygującej dziedziny zostały wygłoszone przez uczestników polskich.

Pozostałe wystąpienia miały charakter bardziej fenomenologiczny. Sporo uwagi poświęcono poprawkom promienistym w standardowym modelu oddziaływań elektroślabych i ich eksperymentalnej weryfikacji. Pełny test poprawek będzie możliwy dopiero po uzyskaniu wyników z nowych akceleratorów. Fizyka nowych akceleratorów stała też w centrum uwagi referatów dotyczących możliwości odkrycia cząstek Higgsa, supercząstek czy ewentualnej struktury bozonów cechowania  $W$  i  $Z$  (a także kwestii wspomnianego już bozonu  $Z'$ ). Kilka wystąpień poświęconych testom chromodynamiki kwantowej jako teorii oddziaływań silnych dowodzi, że zagadnienie to wciąż budzi zainteresowanie. Inne ciekawe tematy, które zostały poruszone, to teoretyczna interpretacja ostatnio zaobserwowanych egzotycznych rozpadów leptonu  $\tau$  oraz bardzo silne ograniczenie na masy hipotetycznych bozonów  $W_R$ . Warto też wspomnieć o referacie zamykającym Sympozjum, w którym Peter Minkowski z Berna podsumował m. in. obecną sytuację w teorii cząstek elementarnych.

W dziesięciu Warszawskich Sympozjach w latach 1977—87 uczestniczyło 945 fizyków, w tym 423

z zagranicy. Łącznie przedstawiono 495 referatów i komunikatów z prac własnych, w tym 116 wystąpień mieli uczestnicy polscy. W przyszłym roku XI Warszawskie Sympozjum będzie miało specjalny charakter. Odbędzie się ono w pięćdziesiątą rocznicę konferencji *Nowe teorie w fizyce* zorganizowanej pod auspicjami Ligi Narodów w 1938 r. w Warszawie. Konferencja ta zgromadziła wiele sław ówczesnej fizyki teoretycznej.

*Halina Abramowicz*

*Jan Kalinowski*

*Paweł Krawczyk*

Uniwersytet Warszawski

## RECENZJE

Arkadiusz Piekara: *Elektryczność, materia i promieniowanie*, PWN, Warszawa 1986, s. 374, nakład 5000 egz., cena zł 600.—

Wydana w r. 1986 książka Arkadiusza Piekary *Elektryczność, materia i promieniowanie* jest chyba zupełnym ewenementem w naszej praktyce edytorskiej. Znacznie więcej niż połowę tekstu stanowi dosłowny lub niemal dosłowny przedruk fragmentów poprzedniego podręcznika tego samego Autora *Elektryczność i budowa materii* (PWN, Warszawa 1955). Z przedmowy do tej wcześniejszej książki można wnioskować, że jej zasadnicza wersja opublikowana była już w r. 1948 (niestety nie dysponuję tym wydaniem i nie mogłem dokonać porównań). Istotnie nowy w omawianej pozycji jest tylko rozdz. 5, omawiający falową naturę światła, a także drobniejsze fragmenty innych rozdziałów, np. dotyczące telewizji barwnej (rozdz. 4) czy promieniowania zrównoważonego (rozdz. 6).

*Elektryczność i budowa materii* w momencie wydania była prawdziwą rewelacją, co pamiętam z moich czasów studenckich. Miała ona trzy nadzwyczaj ważne zalety:

1) Całkowicie oryginalny układ treści, zrywający z układem (w latach pięćdziesiątych) „tradycyjnym”. Z tego punktu widzenia niektóre podręczniki szkolne, wydawane jeszcze w latach osiemdziesiątych były w porównaniu z tamtą pozycją po prostu przestarzałe.

2) Znakomity sposób prezentacji materiału. W szczególności były godne podkreślenia:

- niezmiernie obrazowy sposób przedstawiania zagadnień, angażujący wyobraźnię czytelnika,
- zdecydowana dominacja słownego opisu „fizycznego” nad formalizmem matematycznym,
- doskonały język książki, często nawet bardzo osobisty, ale w razie konieczności jasny i precyzyjny.

3) Bardzo ściśle powiązanie przedstawianych treści fizycznych z wiadomościami z techniki i życia codziennego. Wyrażało się to m. in. w opracowaniu wielu nowych i oryginalnych eksperymentów.

Od r. 1955 (a tym bardziej od 1948) wydarzyło się jednak bardzo wiele. Z jednej strony nastąpił merytoryczny rozwój wielu działów fizyki i techniki. Dotyczy to m. in. fizyki ciała stałego i powiązanej z nią technologii półprzewodnikowej. Zbudowano laser, co spowodowało dynamiczny rozwój wielu dziedzin optyki (i nie tylko optyki) itp. Z drugiej strony powstało bardzo wiele nowych podręczników, które poważnie zmieniły i zakres i sposób przekazywanej wiedzy. A więc na nowo wydrukowany, ale dawno napisany tekst patrzy się obecnie z zupełnie innej perspektywy. Recenzent oczywiście zadaje sobie pytanie, które z wyżej wymienionych zalet poprzedniej książki można obecnie przypisać *Elektryczności, materii i promieniowaniu*? Jaka będzie przydatność tego dzieła, jacy będą jego główni czytelnicy?

Ze względu na „dwoistość” powstania tekstu ocenić trzeba części stare i nowe w znacznym stopniu oddzielnie. Zaczniemy od tych drugich. W przekonaniu recenzenta te właśnie stanowią najsłabszą część omawianej pozycji. Nie mają żadnej z zalet, które miała *Elektryczność i budowa materii*.

1) Po pierwsze ich układ jest całkowicie tradycyjny (i byłby takim już w r. 1955). Na przykład:

— Omawianie dyfrakcji rozpoczyna się od ujęcia Fresnela, które jest pojęciowo znacznie trudniejsze od dyfrakcji Fraunhoffera. Jest to układ tradycyjnie występujący w większości starszych podręczników, ale Feynman czy Crawford zerwali z nim zdecydowanie.

— Zjawiskami dyfrakcji, jak każdym rozchodzeniem się fal elektromagnetycznych, rządzą prawa Maxwella (z odpowiednimi warunkami brzegowymi). Nie jest więc dydaktycznie właściwe zbytnie podkreślanie roli zasady Huyghensa (str. 190); czytelnik mógłby odnieść wrażenie, że jest to jakieś niezależne prawo fizyki.

— Bardzo wątpliwe dydaktycznie jest rozpoczynanie omawiania kwantowej natury promieniowania elektromagnetycznego od promieniowania zrównoważonego. Wchodzimy w ten sposób od razu w zbyt wiele niepotrzebnych komplikacji. W wydaniu poprzednim Autor zerwał z układem tradycyjnym i rozpoczął od zjawiska fotoelektrycznego — a przywrócił stare ujęcie w nowym wydaniu.

2) Sposób prezentacji materiału budzi wiele wątpliwości.

— Po pierwsze „stare” i „nowe” części książki różnią się diametralnie poziomem używanego aparatu matematycznego. W dawnych częściach prawie nie używa się rachunku różniczkowego i całkowego, w nowych znajduje się wiele złożonych rozumowań na tym poziomie (problematyka sum i całek Fouriera, rozważania dotyczące ciała doskonale czarnego itp.). Powoduje to wyraźny „brak zszycia” różnych fragmentów tekstu.

— Z drugiej strony Autor znacznie mniejszy nacisk kładzie na rzeczywiste zrozumienie fizycznej strony zjawisk. W rezultacie tekst jest często niezbyt jasny. Zdaniem recenzenta książka nie wnosi tu niczego istotnie nowego w porównaniu z podręcznikami już istniejącymi. Użyjmy przykładów konkretnych. Interferometr gwiazdowy Michelsona znacznie bardziej zrozumiale jest opisany u Szczeniowskiego, a problematyka spójności światła u Crawforda.

— Niektóre fragmenty są wręcz mylące. Na przykład sformułowanie „Prążki dyfrakcyjne (...) najlepiej widać (...) w obszarze cienia geometrycznego” (str. 193) jest nieprawdziwe dla dyfrakcji na pojedynczej krawędzi (struktura prążkowa występuje w obszarze „światła”, w „cieniu” jej nie ma).

3) Autor praktycznie nie zadbał o związki „nowych” części książki z życiem codziennym i techniką. Liczba omawianych doświadczeń jest też drastycznie mniejsza, niż w tekście pozostałym.

Zupełnie odmienna jest moja opinia o „starej” części recenzowanej pozycji. Mimo że upłynęło już ponad 30 lat od jej napisania, może ona z pożytkiem pełnić rolę dobrej, choć już nieco tradycyjnej „książki do fizyki”. Ze względu na sposób ujęcia nadaje się głównie jako lektura uzupełniająca dla uczniów i nauczycieli szkół średnich (jej układ nie odpowiada żadnemu z obowiązujących obecnie programów szkolnych). Z wielkim pożytkiem mogą jej też używać studenci, przede wszystkim specjalizacji nauczycielskich.

1) Dyskusja o układzie treści jest w pewnym sensie bezprzedmiotowa, jeżeli wziąć pod uwagę decyzję Autora i Wydawnictwa drukowania niezmienionego tekstu. Oczywiście po r. 1955 pojawiły się nowe koncepcje w tym względzie. Do najbardziej interesujących należała decyzja wykładania fizyki fal łącznie (Jaworski, Crawford). Wprowadzenie jej wymagałoby jednak napisania książki od nowa. Ponadto wydaje się, że w ostatnich latach zmalało zainteresowanie fizyków elektroniką, która wydzieliła się w „autonomiczną” dziedzinę techniki. Z tego punktu widzenia liczba omawianych w książce (lampowych!) układów elektronicznych jest chyba przesadna. Rozsądne byłoby także zastąpienie w wielu przypadkach lamp układami półprzewodnikowymi. Zasada działania tranzystora polowego (MOSFET) nie jest trudniejsza niż zasada triody lampowej — szczególnie jeżeli omówiło się już pewne elementy fizyki ciała stałego (str. 49). Musiałoby to jednak spowodować poważniejsze zmiany tekstu.

2) Sposób prowadzenia wykładu nie zdezaktualizował się zupełnie! „Stare” części książki czyta się świetnie!

3) Powiązanie wiadomości z fizyki z życiem codziennym, które było ważnym atutem *Elektryczności i budowy materii* stało się najpoważniejszym chyba mankamentem *Elektryczności, materii i promieniowania*. Najdotkliwiej się to czuje przy czytaniu działów poświęconych elektronice. Od lat do powszechnego użycia weszły elementy półprzewodnikowe, a w tym obwody scalone. Nie produkuje się więc odbiorników lampowych (str. 136). Od dawna nie ma baterii anodowych (str. 136). Nikt z młodych czytelników nie widział prostownika kryształkowego (str. 23), za to może kupić diodę krzemową za parę złotych. To samo dotyczy wielu innych przykładów. Żarówki „starego typu” (str. 37) są nie do zdobycia. Natomiast do powszechnego użycia weszły w szkołach żarówki halogenowe i lasery hel-neon, co z kolei poważnie ułatwia prowadzenie doświadczeń z interferencji i dyfrakcji światła. A co do ilustracji: czy naprawdę trzeba było przerysowywać głośnik z tubą, jakich nie ma od lat (str. 107), lub czy nie można było znaleźć innej klatki filmowej, niż z przedwojennej kroniki PAT-a (fatalnej zresztą technicznie, str. 140). Wszystko to nie jest pozbawione znaczenia, ponieważ książka w znacznie mniejszym stopniu niż przed laty uczy czytelnika związków pomiędzy fizyką a światem otaczającym. Ponadto wielu pięknych eksperymentów w wersji zaproponowanej przez Autora po prostu nie da się obecnie wykonać.

Podsumowując, recenzowaną pozycję czyta się z bardzo mieszanymi uczuciami. Pierwszym jest niekłamany podziw dla Autora, że w początku lat pięćdziesiątych stworzył tak doskonały podręcznik fizyki. Drugim — żal, że wpływ tej książki na dydaktykę szkolną był tak mały. Nie znam dróg i decyzji życiowych Autora, ale powinien był on w swoim czasie napisać kursowe podręczniki fizyki dla szkół średnich! Trzecim — żal, że pewnych strat już odrobić się nie da. Omawiany tekst — mimo licznych zalet — jest przestarzały i bez poważniejszych zmian będzie trafiał „obok” współczesnego młodego czytelnika. Więcej, nabywca książki może mieć słuszną pretensję do Autora i Wydawnictwa, że w „nowym opakowaniu”



dostaje opracowanie sprzed lat kilkudziesięciu. Nie mówi o tym np. przedmowa, mimo że nawiązuje się w niej do przedwojennego rodowodu książki. Może raczej należało wznowić po prostu *Elektryczność i budowę materii* jako książkę w pewnym sensie historyczną, a uzupełnić ją tylko stosownymi przypisami?

*Jerzy Ginter*

Instytut Fizyki Doświadczalnej UW  
Warszawa

## LIST DO REDAKCJI

## W sprawie artykułu prof. J. Hurwica o Pracowni Radiologicznej TNW

W swoim czasie, kiedy prof. Józef Hurwic prosił mnie przed opublikowaniem jego artykułu o Pracowni Radiologicznej Towarzystwa Naukowego Warszawskiego (*Postępy Fizyki* 37, 151 (1986)) o sprawdzenie ścisłości pewnych danych o moim Ojcu, nie zwróciłam uwagi na informacje dotyczące pracowników Pracowni. Nie miałam zresztą możliwości, nie dysponując żadnymi dokumentami i z powodów oczywistych — zbyt młodego wówczas wieku — nie znając bliższych szczegółów. Popełniłam ten błąd, że nie poprosiłam o radę jedynej żyjącej w Polsce asystentki mego Ojca, liczącej dziś 95 lat pani Anieli Muszkat-Nowickiej. Dopiero po ukazaniu się artykułu Pani Nowicka powiadomiła mnie, że prof. Hurwic przeoczył jej osobę, nie uwzględnił jej pracy i opublikowanych rezultatów badań.

Pragnąc oddać sprawiedliwość wielce zasłużonej i bardzo przez mego Ojca cenionej Pani Anieli Muszkat-Nowickiej, proszę o opublikowanie niniejszego uzupełnienia do danych o pracownikach Pracowni Radiologicznej TNW.

Pani Aniela Muszkat-Nowicka po ukończeniu studiów fizycznych na uniwersytecie w Montpellier pracowała jako asystentka mego Ojca w Pracowni Radiologicznej od 1918 do 1929 roku. W tym okresie, poza wymienioną w bibliografii artykułu prof. Hurwica pracą [55], ogłosiła jeszcze:

1. A. Muszkat i L. Wertenstein, „O fluktuacjach promieniowania  $\alpha$ ”, komunikat zgłoszony 4.1.1919 przez prof. J. Wierusz-Kowalskiego w Towarzystwie Naukowym Warszawskim.
2. A. Muszkat, „O odskoku  $\beta$  — z Pracowni Radiologicznej TNW”, komunikat zgłoszony 26.6.1919 przez prof. St. J. Thugutta w Towarzystwie Naukowym Warszawskim.
3. A. Muszkat, „On the  $\beta$ -Recoil”, *Philos. Mag.* 39, 690 (1920).
4. A. Muszkat, „Sur le recul bêta”, *J. Phys. Radium* 2, 95 (1921).
5. A. Muszkat, L. Wertenstein, „Sur les fluctuations du rayonnement alpha”, *J. Phys. Radium* 2, 119 (1921).

Ponadto Pani Aniela Nowicka jest autorką artykułu „Wspomnienie o Ludwiku Wertensteinie” w czasopiśmie *Fizyka i Chemia* 1, nr 2, 63 (1948).

Wanda Wertenstein

Warszawa

# KRONIKA

## PTF

### Sprawozdanie z działalności Polskiego Towarzystwa Fizycznego w latach 1986—87

Polskie Towarzystwo Fizyczne PTF liczy 18 Oddziałów: Białystok, Bydgoszcz, Częstochowa, Gdańsk, Gliwice, Katowice, Kielce, Kraków, Lublin, Łódź, Opole, Poznań, Rzeszów, Słupsk, Szczecin, Toruń, Warszawa i Wrocław. Członków zwyczajnych jest 2030, członków wspierających 59, członków honorowych 3.

#### 1. Część ogólna

##### 1.1. Skład Zarządu Głównego PTF

Zarząd Główny PTF (ZG PTF) został wybrany przez Walne Zebranie Delegatów PTF w dniu 7 grudnia 1985 r. w Warszawie. Skład jego był następujący: prezes — prof. Tadeusz Skaliński; wiceprezisi: prof. Jerzy Kołodziejczak i prof. Andrzej Oleś; sekretarz generalny: doc. Janusz Konopka; skarbnik: prof. Jerzy Wdowczyk; członkowie ZG: dr Teresa Białecka, prof. Franciszek Kaczmarek, prof. Stanisław Łęgowski, prof. Cecylia Wesołowska. Zastępcami członków ZG wybrano: prof. Tomasza Goworka, doc. Tadeusza Pniewskiego i doc. Izabelę Sosnowską.

Do udziału w pracach ZG zapraszano również redaktorów naczelnych czasopisma PTF a mianowicie: prof. Adama Sobiczewskiego (*Postępy Fizyki*); prof. Wiesława Czyży ( *Acta Phys. Pol.*); prof. Romana S. Ingardena (*Rep. on Math. Phys.*); mgra Macieja Jędrzejczaka (*Delta*). Ostatnio zapraszano również przedstawiciela *Fizyki w Szkole*.

Przez całą obecną kadencję Sekretariat ZG prowadziła mgr Wanda Doborzyńska-Głazek; główną księgową Towarzystwa była mgr Janina Szyszko.

W skład Komisji Rewizyjnej wybrano: prof. Bronisława Średniawę (przewodniczący) oraz prof. Augusta Chełkowskiego, doc. Jerzego Grzywacza, dra Wiesława A. Kamińskiego oraz doc. Aleksandrę Kopystyńską.

Zarząd Główny powołał następujące komisje:

- a) Komisja ds. Nagród i Odznaczeń (przew. T. Skaliński)
- b) Komisja Nagród Dydaktycznych (przew. F. Kaczmarek)
- c) Komisja ds. Stypendiów (przew. J. Konopka)
- d) Komisja ds. Fizyki w Przemysle (przew. A. Oleś)
- e) Komisja ds. Historii Fizyki (przew. R. S. Ingarden)
- f) Komisja Legislacyjna (przew. E. Infeld do 31 XII 1986)
- g) Komisja ds. Zatrudnienia Fizyków (przew. A. Kopystyńska)
- h) Komisja ds. Nazewnictwa (przew. I. Wilk)
- i) Komisja ds. Programów, Podręczników i Pomocy Dydaktycznych (przew. T. Pniewski)
- j) Komisja ds. Nauczania Fizyki w Wyższych Uczelniach Technicznych (przew. L. Maksymowicz)
- k) Komitet Główny Olimpiad Fizycznych (przew. H. Szymczak).

Zebrania ZG w pełnym składzie odbywały się średnio co 2 miesiące (łącznie liczba 8 oraz 1 plenarne). Kontynuowano zapraszanie przewodniczących Oddziałów (2 lub 3 na jedno posiedzenie ZG) celem zreferowania planów działalności Oddziałów, ich realizacji i trudności.

Prezydium ZG (prezes, wiceprezisi i sekretarz gen.) spotykało się na narady znacznie częściej niezadko nawet w odstępach tygodniowych lub dwutygodniowych by omówić sprawy bieżące.

## 1.2. Ogólna charakterystyka działania ZG PTF

Głównymi imprezami organizowanymi przez PTF lub objętymi patronatem PTF były:

a) Organizacja wspólnie z Oddziałem PTF w Łodzi XXIX Zjazdu Fizyków Polskich. Obył się on w dniach 20—25 września 1987 r. w siedzibie Instytutu Fizyki Uniwersytetu Łódzkiego.

Liczba uczestników wynosiła ok. 400. Wygłoszono na nim 16 referatów plenarnych w 6 sekcjach. Zorganizowano 3 zebrania dyskusyjne „okrągłego stołu” (dwa dotyczyły podstawowych zagadnień interpretacyjnych fizyki, trzecie — dydaktyki fizyki). W sesjach plakatowych przedstawiono ponad 150 komunikatów. Interesujący program socjalny obejmował przedstawienie operowe, wycieczki krajoznawcze w okolicy Łodzi.

Referaty plenarne dotyczyły w większości najnowszych osiągnięć fizyki promieniowania optycznego, ciała stałego, fizyki jądrowej zarówno niskich, jak i wysokich energii wreszcie fizyki nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego.

b) V Konferencja „Fizyka dla Przemysłu”, Poznań 10—12.09.1986, zorganizowana przez Instytut Fizyki Politechniki Poznańskiej.

c) VI Dni Wymiany Doświadczeń w Nauczaniu Fizyki w Wyższych Uczelniach Technicznych, Poznań 8—9.09.1986, zorg. j. w.

d) Patronat nad Międzynarodowym Sympozjum Luminescencji Molekularnej i Fotofizyki, Toruń 2—5.09.1986, zorg. przez Instytut Fizyki UMK w Toruniu.

e) VII Dni wymiany doświadczeń w nauczaniu fizyki w Wyższych Uczelniach Technicznych, Szczecin 26—27.06.1987, zorg. przez IF Politechniki Szczecińskiej — w ramach obchodów 40-lecia Uczelni.

f) II Sympozjum Techniki Laserowej, Szczecin 7—10.09.1987, zorg. przez Instytut Automatyki Przemysłowej Politechniki Szczecińskiej. Patronat PTF i Komitetu Elektroniki i Telekomunikacji PAN — w ramach obchodów 40-lecia Uczelni. Ok. 200 uczestników; 13 referatów plenarnych, 120 komunikatów w sekcjach plakatowych.

g) Kryształy Molekularne '87. Konferencja międzynarodowa, patronat PTF, 8—10.09.1987, zorg. Zakład Fizyki Politechniki Rzeszowskiej.

h) 15 Międzynarodowa Szkoła Optyki Kwantowej we Fromborku, 3—9.09.1987, org. Instytut Fizyki Uniwersytetu Gdańskiego, patronat PTF.

i) 18 Międzynarodowa Szkoła Fizyki Jądrowej „Trends in Nuclear Physics”, 1—13.09.1986, Mikołajki, org. Zakład Fizyki Jądra Atomowego IFD UW, patronat PTF.

j) 19 Międzynarodowa Szkoła Fizyki Jądrowej, 31.08—12.09.1987, Mikołajki, org. Zakład Fizyki Jądra Atomowego IFD UW i Instytut Problemów Jądrowych w Świerku, patronat PTF.

k) XIX Sympozjum Fizyki Matematycznej, 9—12.12.1986, Toruń, org. Instytut Fizyki UMK przy współudziale Oddz. Toruńskiego PTF.

## 1.3. Sprawa nowego pisma pt. *Fizyka — Przemysł*

W dalszym ciągu bez pozytywnego wyniku przebiegały starania o przydział papieru na projektowane czasopismo PTF pt. *Fizyka — Przemysł*.

## 1.4. Czasopisma EPS i OSA w prenumeracie za złotówki

Przeprowadzono starania o udostępnienie bibliotekom pewnej liczby niektórych czasopism zachodnich nie za walutę wymienną, lecz za złote. Pozytywny wynik uzyskano dla:

a) Wszystkich czasopism wydawanych przez EPS (*European Journal of Physics* i *Europhysics Letters*) dla członków indywidualnych EPS.

b) 5 kompletów czasopism wydawanych przez OSA (*Optical Society of America*), mianowicie: *JOSA A* i *B*; *Applied Optics*, *Optics News*; *Optics Letters*; *Journal of Lightwave Technology*. Oba kanały są już otwarte. Również Amerykańskie Towarzystwo Fizyczne (APS) przekazało pewną liczbę wolumenów czasopism fizycznych (m. in. *Phys. Rev.*) z okresu 1980—85 Ambasadzie PRL w Waszyngtonie. Radca kulturalny Ambasady obiecał załatwić przesyłkę tych darów do kraju.

## 1.5. Współpraca z Radą ds. Towarzystw Naukowych przy Prezydium PAN

Współdziałano czynnie z Radą i jej inicjatywami. Towarzystwo nasze było reprezentowane przez prezesa na III Kongresie Nauki Polskiej. Tu trzeba zauważyć, że sprawy towarzystw naukowych były

marginalnymi w tematyce tego Kongresu i że żadne postanowienia, które by normowały status prawny tych towarzystw, nie zapadły mimo wypowiedzi ich przedstawicieli wskazujących na wagę tego problemu.

## 1.6. Współpraca z Europejskim Towarzystwem Fizycznym EPS

a) Mimo stosunkowo wysokiej składki członkowskiej indywidualnego członka zwyczajnego Towarzystwa (powyżej 5000 zł rocznie), ich liczba w naszym kraju jest znacząca (217 w 1987 r.), współpraca z EPS bardzo żywa.

b) PTF jak też i Indywidualni Członkowie Zwyczajni (IOM) są reprezentowani zarówno we władzach centralnych (w Komitecie Wykonawczym prof. Ewa Skrzypczak oraz w Radzie EPS prof. Skrzypczak i doc. Janusz Konopka), jak i w Komitetach Doradczych (Advisory Committees). Wreszcie i w Oddziałach Problemowych (Divisions) jesteśmy dobrze reprezentowani. Można tu wymienić, że Polacy biorą udział w pracach zarządów następujących jednostek: Komitet ds. Fizyki Stosowanej i Fizyki w Przemysle; Komitet Konferencyjny; Komitet ds. Nauczania Fizyki; Komitet ds. Wydawnictw; Komitet Fizyka a Społeczeństwo; Komitet ds. *Europhysics News*; Oddział Fizyki Atomowej i Molekularnej; Oddział Fizyki Wysokich Energii i Cząstek Elementarnych wreszcie Oddział Fizyki Fazy Skondensowanej. Przedstawiciele PTF uczestniczyli w zebraniach Rady EPS (1986 w Londynie i 1987 w Como), Komitetu Doradczego Fizyka a Społeczeństwo (1986 w Bad Honnef i w 1987 w Como), Komitetu ds. Kształcenia (1987 w Como) i w sesji nt. Zimy po Masowych Wybuchach Jądrowych (Nuclear Winter — w Genewie w 1986 r.). Przedstawicielem PTF na tej ostatniej konferencji był prof. Krzysztof Haman. Zreferował on jej wyniki na otwartej części plenarnego posiedzenia ZG PTF, odbytym w grudniu 1986 r.

Wyniki obrad i wrażenia z pozostałych konferencji i spotkań były referowane przez naszych delegatów na posiedzeniach ZG i zamieszczone w postaci notek oraz większych sprawozdań w *Postęпах Fizyki*.

W odbywających się co roku spotkaniach przedstawicieli Komitetów Fizyki Krajów Socjalistycznych w 1986 r. wzięli udział profesorowie: J. Werle i T. Skaliński. W 1987 r. nie braliśmy udziału w takim spotkaniu.

Należy tu zaznaczyć, że poważne ograniczenie w reprezentacji naszej w różnych międzynarodowych organizacjach wynika ze spraw walutowych i z trudności uzyskania nawet skromnych środków na wyjazdy, szczególnie do krajów kapitalistycznych.

## 1.7. Wymiana z zagranicą

Zawarte przed wielu laty umowy o współpracy i wymianie z towarzystwami fizycznymi Bułgarii, Czechosłowacji, Niemieckiej Republiki Demokratycznej i Węgier były realizowane w latach 1986 i 1987 na identycznych zasadach jak poprzednio.

Doprowadzono do pomyślnego końca sprawę zawarcia układu o współpracy i wymianie bezdewizowej z Niemieckim Towarzystwem Fizycznym w RFN (Deutsche Physikalische Gesellschaft). Wymiana rozpoczęła się już w 1987 r. Szczegóły dotyczące wymiany p. pkt 2.3. niniejszego sprawozdania.

## 2. Sprawozdania Komisji ZG i Redakcji PTF

### 2.1. Komisja Nagród i Odznaczeń

Komisja odbyła 3 posiedzenia. Przyznano na nich:

a) Medal im. Mariana Smoluchowskiego:

za rok 1981: Adrianowi Gozziniemu, prof. Uniwersytetu w Pizie

1982: Władysławowi Opechowskiemu, prof. Uniwersytetu British Columbia w Vancouver

1983: Janowi Rzewuskiemu, prof. Uniwersytetu Wrocławskiego

1984: Josephowi H. Eberly'emu, prof. Uniwersytetu w Rochester

1985: Witalemu L. Ginzburgowi, prof. w Instytucie Fizyki AN ZSRR im. Lebidiewa (FIAN) w Moskwie

1986: Andrzejowi Trautmanowi, prof. Uniwersytetu Warszawskiego.

Nagrody za prace badawcze otrzymały:

za rok 1986: dr Leszek Sirko z IF PAN w Warszawie

1987: dr Andrzej Góźdz z Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie  
dr Bogumił Westwański z Uniwersytetu Śląskiego.

Komisja wyraża żal z powodu słabego napływu wniosków zarówno dotyczących Medalu im. Mariana Smoluchowskiego, jak i nagród naukowych PTF. Zgodnie z regulaminami przyznawania nagród i medali, do stawiania wniosków są uprawnieni wszyscy członkowie Towarzystwa za pośrednictwem Zarządów Oddziałów.

## 2.2. Komisja Nagród Dydaktycznych

Komisja odbyła 2 posiedzenia, na których przyznano następujące nagrody:

a) za r. 1986: dr Zofia Gołąb-Meyer (Kraków), mgr Barbara Dryńska (Warszawa), mgr Marian Bąk (Wrocław), mgr Władysław Ogór (Bytów), mgr Danuta Wójcicka (Lublin)

b) za r. 1987: mgr Hanna Osicka (Toruń), mgr Witold Stanik (Kędzierzyn-Koźle), mgr Jadwiga Szarek (Koszalin).

## 2.3. Komisja ds. Stypendiów

Komisja zajmowała się głównie sprawami związanymi z wymianą z zagranicą (wyjazdy i przyjazdy bezdewizowe). Zasady, jakimi kierowała się Komisja przy kwalifikacji na wyjazd bezdewizowy były następujące: gdy zgłoszenia przekraczały liczbę osobodni będącą do dyspozycji przyznawano wyjazdy młodym pracownikom nauki przedstawiającym referat lub komunikat z pracy własnej. Zwracano uwagę na to, by rozdział skierowań wyjazdowych pokrywał teren wszystkich zainteresowanych w danej tematyce ośrodków. Liczbowo wymiana przedstawia się następująco:

### a) Wyjazdy 1986

Kraj	Limit	Wykorzystano
BG	22	22
ČS	40	47 *
NRD	25	10
H	30	16

\* 7 osobodni ponad limit uzyskano w drodze porozumienia ze stroną ČS; wniosków zgłoszono na 85 osobodni.

Przyznano wyjazdy po 1 osobie z Białegostoku, Bydgoszczy, Częstochowy, Krakowa, Poznania, Warszawy i Wrocławia i 2 osobom z Gdańska.

### b) Wyjazdy 1987

Kraj	Limit	Wykorzystano
BG	22	16
ČS	40	40 *
NRD	25	6
H	30	12 **
RFN	30	5 ***

\* Wykorzystano całość. Podań było na 60 osobodni. Wyjechało po jednej osobie z Lublina, Rzeszowa i po dwie osoby z Gliwic i z Warszawy.

\*\* Przyznano 21 osobodni, ale strona węgierska nie przyjęła jednej osoby motywując to tym, że konferencja, której dotyczył wniosek, nie była organizowana przez Eötvös Lorand Phys. Soc. Sprawę wyjaśniono później w bezpośrednich rozmowach. PTF oczekuje formalnego wyjaśnienia sprawy na piśmie.

\*\*\* Planowane wykorzystanie dalszych dni w 1987 r.

### c) Wymiana z zagranicą. Przyjazdy 1986

Kraj	Limit	Wykorzystano
BG	22	30
ČS	40	39
NRD	25	8
H	30	21

## d) Wymiana z zagranicą. Przyjazdy 1987 \*

Kraj	Limit	Wykorzystano
BG	22	0
ČS	40	5+ (27)
NRD	25	9+ (18)
H	30	6+ (8)
RFN	30	**

\* Dane niepełne; zapowiedziane przyjazdy w IV kwartale 1987 podano w nawiasie.

\*\* Brak zapowiedzi.

## 2.4. Komisja ds. Programów, Podręczników i Pomocy Naukowych

Komisja zbierała się na comiesięcznych posiedzeniach, na których poddano szczegółowej analizie programy nauczania fizyki w technicach, liceach zawodowych i zasadniczych szkołach zawodowych. Wyniki tej analizy zostaną ujęte w formie uwag metodycznych dotyczących sposobu realizacji tych programów. Pierwsze opracowanie tego typu pt. „Propozycje realizacji materiału nauczania fizyki w I klasie 4-letniego Liceum Zawodowego” przedstawiono nauczycielom na konferencji sierpniowej w Warszawie. Stanowi to dalszy ciąg prowadzonej przez Komisję systematycznej oceny programów. Uwagi krytyczne na temat programu fizyki w Liceum Ogólnokształcącym przesłano uprzednio do Ministerstwa Oświaty i Wychowania.

## 2.5. Komisja ds. Fizyki w Przemysle

Wspólnie z Instytutem Fizyki Politechniki Poznańskiej zorganizowano V Konferencję Fizyka dla Przemysłu (p. pkt 1.2b). Uzyskano fundusze i przyznano nagrody za najlepsze realizacje urządzeń i wdrożeń (nagrody prezesa NOT-u, Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego i PTF).

Uzyskano wprowadzenie do taryfikatora stanowisk w przemyśle — stanowiska „fizyk”.

## 2.6. Komisja ds. Dydaktyki Fizyki w Wyższych Uczelniach Technicznych

Działalność Komisji jest związana z ogólnopolskim forum fizyków-nauczycieli akademickich wyższych uczelni technicznych, jakimi są dni Wymiany Doświadczeń w Nauczaniu Fizyki w Wyższych Uczelniach Technicznych (p. p-pty 1.2c i 1.2e) niniejszego sprawozdania.

## 2.7. Komitet Główny Olimpiady Fizycznej

W latach 1985/86 i 1986/87 przeprowadzono XXXV i XXXVI Olimpiadę Fizyczną. Zanotowano znaczący wzrost liczby uczestników w XXXVI Olimpiadzie, w której startowało 1653 uczniów z 300 szkół. Do trzeciego stopnia doszło 81 uczniów z 64 szkół. W tej ostatniej Olimpiadzie wyłoniono 24 laureatów z 18 szkół. Przeanalizowano rozkład geograficzny uczestników Olimpiady, zarówno startujących jak i laureatów. Najwięcej tych ostatnich pochodziło z Warszawy (10) i z Wrocławia (4). Słaby udział w Olimpiadzie wykazują uczniowie Techników. Notuje się przypadki, gdy dzięki wkładowi pracy nauczyciela opiekującego się uczniami, którzy przystąpili do Olimpiady, w jednej szkole jest kilku finalistów i laureatów. Komitet Główny Olimpiady sprawuje również opiekę nad tymi laureatami, którzy jako najlepsi zostali wybrani do uczestniczenia w Międzynarodowej Olimpiadzie Fizycznej.

## 2.8. Redakcje czasopism PTF

2.8.1. *Postępy Fizyki*

Na wniosek redaktora naczelnego, PTF powołał nowy skład Rady Redakcyjnej w osobach: I. Białyński-Birula, J. Czerwonko, M. Demiański, A. Kujawski, M. Mięgowicz, L. Natanson, T. Skaliński, M. Suffczyński, J. Szudy i P. I. Zieliński. Skład Komitetu Redakcyjnego jest następujący: A. Sobiczewski (red. naczelny), T. Dietl, M. Staszal i B. Wojtowicz. Objętość roczna *Postępów Fizyki* wynosi 50 arkuszy wydawniczych. Nakład 2100 egz. Cena niestety stale wzrasta: za zeszyt w 1986 r. — 90 zł; w 1987 r. — 110 zł. Cena zeszytu w 1988 r. będzie wynosić 150 zł. Pomiędzy 1.01.1986 i 1.09.1987 ukazały się: zes. 6 tomu 36 (1985 r.); zes. 1—6 tomu 37 (1986 r.) i zes. 1—4 tomu 38 (1987 r.). Opóźnienie wynosi ok. 2 miesięcy. Ukazuje się regularnie. *Postępy Fizyki* prowadzą wymianę z kilkunastoma instytucjami zagranicznymi.

### 2.8.2. *Acta Physica Polonica*

Ukazuje się bez opóźnień — już rozesłano zeszyty 9/87 w obu seriach. Prowadzi ożywioną wymianę; czasopisma otrzymywane na tej drodze (np. *Journ. Phys. Soc. Japan*; *Physica Scripta*, *Phys. Abstracts*, *Scient. Amer.*, *Chem. Abstracts*, *Amer. Journ. Sciences* i inne) są w Bibliotece IF PAN.

### 2.8.3. *Reports on Mathematical Physics (ROMP)*

Ukazuje się z dużym opóźnieniem; zeszyty 8/86, 10/86, 12/86 są dopiero w korekcie. Opóźnione zeszyty 2/87, 4/87 i 6/87 są gotowe do przekazania drukarni. Powodem opóźnień jest długi czas oczekiwania na druk. Również kolportaż krajowy jest niezmiernie powolny (w bibliotekach zagranicznych zaopatrywanych przez Pergamon Press ROMP jest o kilka miesięcy wcześniej niż w kraju!).

### 2.8.4. *Delta*

Ukazuje się regularnie, z niewielkim miesięcznym opóźnieniem. W związku ze wzrostem ceny (z 20 na 35 zł za zeszyt) począwszy od numeru 12/1985 spadła liczba zakupywanych egzemplarzy pisma. Konsekwencją było zmniejszenie nakładu z 30 000 do 25 000 egz. i, mimo tego, 30% zwrotów. Redakcja usiłuje temu przeciwdziałać dążąc do zwiększenia atrakcyjności pisma przez premie (tablice chronologiczne, mapa nieba w odcinkach itp.).

Działalność dodatkowa. Wydawnictwo Alfa — po wydaniu dwóch książek z serii „Delta przedstawia” zawiesiło wydawanie następnych. Również w tymże Wydawnictwie ukazuje się seria dla młodszych czytelników „Przeczytaj — Może zrozumiesz”. Wydano 17 broszurek w nakł. 30 000 egz. każda. Zwroty dochodzą do 50%, często nawet nie rozpakowane przez kioskarzy RUCHU. Zdecydowano się przerwać to wydawnictwo na 26 broszurce.

## 2.9. Biblioteka PTF

Biblioteka PTF jest zlokalizowana w Instytucie Fizyki UMK w Toruniu, w specjalnie wydzielonej na ten cel sali. Biblioteka ma stałe godziny otwarcia. W związku ze zmianą bibliotekarza na przełomie lutego i marca 1987 przeprowadzono inwentaryzację, w wyniku której stwierdzono stan księgozbioru: voluminów czasopism — 690, poz. książkowych — 1188.

Otrzymywane czasopisma pochodzą głównie z darów. Są w ich liczbie czasopisma z drugiego obszaru płatniczego, jedyne dostępne w rejonie pomorskim, m. in. *Phys. Rev. A, B, C i D*, *Phys. Rev. Lett.*, *Rev. Mod. Phys.* i in. Są one intensywnie wykorzystywane.

## 3. Działalność Oddziałów

### 3.1. Uwagi ogólne

Głównym nurtem działalności Oddziałów była popularyzacja fizyki, organizowanie posiedzeń naukowych, opieka nad młodzieżą ze szkół średnich i podstawowych, wykłady, pokazy i własne prace uczniów w pracowniach, praca nad podnoszeniem kwalifikacji nauczycieli i wreszcie współdziałanie w organizacji różnych konferencji naukowych krajowych i międzynarodowych. Każdy z Oddziałów wypracowuje sobie właściwe formy działania, dlatego też wszelkie sumaryczne przedstawienia mogą dać tylko bardzo ogólny obraz działalności Towarzystwa.

Posiedzenia naukowe (nierazko z wybitnymi specjalistami krajowymi i zagranicznymi) mają inny charakter w wielkich ośrodkach (nasyconych konwersatoriami i seminariami organizowanymi przez liczne instytuty uczelniane i PAN-owskie) i inny w ośrodkach niewielkich.

Ważnym zadaniem Oddziałów jest informowanie członków o ogólnokrajowych akcjach Towarzystwa, o jego sprawach bieżących, sukcesach i trudnościach. Wjmuje się z tym również udział członków wszystkich Oddziałów w działalności Towarzystwa. ZG i jego komisje oczekują nadsyłania (najlepiej za pośrednictwem Zarządów Oddziałów) różnych wniosków (m. in. o nagrody naukowe, dydaktyczne dla nauczycieli, o patronat PTF nad konferencjami itp.). Prośby ZG o takie wnioski rozsyłane do Zarządów Oddziałów bardzo często pozostają bez odpowiedzi.

Jednym z ważnych zadań Oddziałów jest zbieranie składek członkowskich i likwidowanie zaległości. W okresie sprawozdawczym przeprowadzono w Oddziałach weryfikację członków i w jej wyniku skreślono ok. 250 osób, które od lat składek nie opłacały.

Zarząd Główny jest zaniepokojony znikomo małą rekrutacją nowych członków (m. in. dotyczy to



studentów i absolwentów studiów fizycznych). Aby zachęcić młodych fizyków do wstępowania w szeregi członków PTF, pozostawiono dla nich niezmienną wysokość składki rocznej (300 zł).

### 3.2. Działalność poszczególnych Oddziałów

*Oddział Białostocki:* liczy 37 członków; wygłoszono 6 referatów naukowych z udziałem wykładowców z zagranicy. Zorganizowano kurs mikrokomputerowy dla nauczycieli. Prowadzono współpracę z nauczycielami szkół średnich i podstawowych. Zorganizowano kilka odczytów popularnonaukowych (dane za 1986 r.).

*Oddział Bydgoski:* liczy 33 członków. Zorganizowano 7 posiedzeń naukowych z udziałem wykładowców z zagranicy. Wznowiono współpracę z Pałacem Młodzieży, zorganizowano zwiedzanie pracowni fizycznych Zakładu Fizyki ATR (dla uczniów Technikum Elektronicznego). Współpracowano z Ośrodkiem Doskonalenia Nauczycieli (m. in. przeprowadzono akcję informacyjną o działalności Oddziału Bydgoskiego PTF).

*Oddział Częstochowski:* liczy 73 członków. Zorganizowano 24 posiedzenia naukowe z udziałem wykładowców z zagranicy. Oddział był współorganizatorem II Ogólnopolskiego Seminarium Dydaktyki Fizyki. Zorganizowano 10 wykładów dla nauczycieli. Współpracowano w akcji Drzwi Otwartych. Prowadzono zajęcia z doświadczeniami pokazowymi dla uczniów i nauczycieli fizyki (16 spotkań). Organizowane jest koło naukowe fizyki dla uczniów szkół średnich „Kwant”.

*Oddział Gdański:* liczy 87 członków. W r. 1986 (sprawozdanie za 1987 r. nie nadeszło) odbyły się 4 posiedzenia naukowe oraz 18 odczytów dla młodzieży szkół ponadpodstawowych. Przy współpracy Oddziału z Gdańskim Towarzystwem Przyjaciół Nauk odbyło się 14 spotkań z młodzieżą szczególnie uzdolnioną (były to spotkania problemowe obejmujące wykonywanie prac laboratoryjnych w Politechnice Gdańskiej). Spośród tej młodzieży rekrutują się głównie kandydaci na Wydział Fizyki Technicznej Politechniki Gdańskiej.

*Oddział Gliwicki:* liczy 67 członków. Odbyło się 8 posiedzeń naukowych z udziałem referentów z zagranicy. Przy współpracy z IF Politechniki Śląskiej i z Wydziałem Oświaty i Wychowania przeprowadzono cykl spotkań z młodzieżą ze szkół średnich (3 spotkań). Przeprowadzono na nich pokazy z różnych dziedzin fizyki. Cieszyły się one dużym uznaniem i frekwencja przekraczała 200 uczestników na jednym pokazie.

Oddział był organizatorem konferencji „Metody chronologii bezwzględnej” (Gliwice, marzec 1986).

*Oddział Katowicki:* liczy 82 członków. Zorganizowano 11 konwersatoriów naukowych z udziałem referentów z zagranicy. Przeprowadzono 4 wykłady dla kółek naukowych fizyków w szkołach średnich. Kontynuowano opiekę nad klubem „Kwark” w Pałacu Młodzieży w Katowicach. Aby pomóc nauczycielom w realizacji nowego programu fizyki, zorganizowano specjalny wykład. Wspólnie z IF Uniwersytetu Śląskiego przeprowadzono wykłady popularnonaukowe z pokazami dla młodzieży szkół średnich. Odbyło się ich 8, przy średniej frekwencji ok. 200 uczestników.

*Oddział Kielecki:* liczy 51 członków. W 1986 r. zorganizowano 10 seminariów naukowych. Na temat współpracy z nauczycielami i działalności popularyzującej fizykę brak danych.

*Oddział Krakowski:* liczy 265 członków. W okresie sprawozdawczym odbyło się (wspólnie z IF UJ) 46 konwersatoriów czwartkowych, na których referowano najnowsze osiągnięcia fizyki w kraju i za granicą. Między innymi w spotkaniu, na którym omówiono skutki awarii w Czernobylu, uczestniczyło ponad 400 osób. Średnia frekwencja ok. 70 osób.

Zorganizowano szereg pokazów laboratoryjnych dla uczniów klasy VIII szkół podstawowych.

*Oddział Lubelski:* liczy 117 członków. Odbyło się w 1986 r. 5 posiedzeń naukowych z udziałem referentów z kraju i z zagranicy. Kontynuowano działalność międzyszkolnego Koła Fizycznego dla szkół średnich Lublina. Zgodnie z wieloletnią tradycją organizowano Pokazy z Fizyki (w roku 1986 ogólna liczba uczestników przekroczyła 6900 osób). Oddział prowadzi Muzeum Fizyki, gdzie kompletuje się zbrytkowe przyrządy, które niegdyś służyły do demonstracji zjawisk fizycznych. Oddział opracował i wydrukował kartę ewidencyjną członka PTF. Z tego druku można by skorzystać zarówno w innych oddziałach Towarzystwa, jak też i w ogólnej kartotece jego członków.

*Oddział Łódzki:* liczy 122 członków. Na wykładzie poświęconym awarii w Czernobylu było ok. 120 osób. Przeprowadzono cykl 9 odczytów dla nauczycieli (średnia frekwencja 60 osób). W czerwcu 1986 przeprowadzono w Pracowni Jądrowej UŁ pokazy dla uczniów i nauczycieli. Bardzo wiele pracy zajęło przygotowanie XXIX Zjazdu Fizyków Polskich. Zjazd odbył się w dniach 20—25.09.1987 (szczegóły p. pkt 1.2a).

**Oddział Opolski:** liczy 52 członków. Dominującą tematyką działalności Oddziału była dydaktyka fizyki. Współpracowano w tej dziedzinie z Ośrodkiem Doskonalenia Nauczycieli w Opolu. Zorganizowano XIX i XX Turniej Wiedzy Fizycznej o puchar ZG PTF. Jest to impreza o dużej już tradycji (20 lat), coraz lepiej organizowana i obejmująca coraz szersze kręgi uczniów województwa opolskiego (w 1987 r. — 39 szkół i ponad 500 uczestników).

Ponadto odbyły się 2 posiedzenia naukowe, prowadzono wykłady i pokazy doświadczeń dla uczniów szkół podstawowych i średnich (również z Kędzierzyna i Koźła). Oddział był współorganizatorem dyskusji panelowej nt. współpracy fizyków WSP w Opolu z Zakładami Azotowymi „Kędzierzyn”.

**Oddział Poznański:** liczy 139 członków. Główna działalność była skupiona na dydaktyce i popularyzacji. Spotkań naukowych było 7 z udziałem wykładowców z zagranicy. W związku ze zwiedzaniem Zakładów Okręgu Gazownictwa oraz Helowego Centrum Badań w Odolanowie zorganizowano tam wyjazdowe seminarium z dwoma wykładami. Ta nowa forma spotkań PTF z przemysłem cieszyła się dużym powodzeniem. W ramach działalności dydaktycznej odbyło się 5 spotkań z nauczycielami szkół średnich i podstawowych (z Poznania i województwa poznańskiego). Zorganizowano również seminarium przygotowawcze z fizyki dla kandydatów na wyższe uczelnie (160 uczestników z Poznania i województw: poznańskiego, leszczyńskiego i pilskiego). Oddział Poznański PTF był współorganizatorem konferencji „Fizyka dla Przemysłu 10—12.09.1986 i „Dni Wymiany Doświadczeń w Nauczaniu Fizyki w Wyższych Szkołach Technicznych” (8—9.09.1986). (Por. pkty 1.2c oraz 2.5a).

**Oddział Rzeszowski:** liczy 39 członków. Zorganizowano 4 posiedzenia naukowe oraz 3 odczyty dla nauczycieli. W dniach 8—10.09.1987 odbyła się Międzynarodowa Konferencja Kryształy Molekularne '87 (zorg. wspólnie z Zakładem Fizyki Politechniki Rzeszowskiej). Innych danych dot. działalności Oddziału w 1987 r. brak.

**Oddział Słupski:** liczy 77 członków. Oddział wykazuje wysoką dynamikę rozwoju (25 nowych członków w okresie sprawozdawczym). Oddział zrzesza 17 nauczycieli akademickich, 40 nauczycieli szkół średnich i 20 inżynierów i studentów.

Zorganizowano 16 posiedzeń naukowych lub popularnonaukowych (frekwencja 30 do 75 osób), na których wygłoszono 25 referatów. Odbyło się 6 wykładów dla młodzieży ze szkół średnich oraz 3 spotkania z nauczycielami. Wspólnie z Zakładem Fizyki WSP w Słupsku zorganizowano „Dni Otwarte” dla młodzieży ze szkół średnich (150 uczniów). W latach 1986 i 1987 zorganizowano z inicjatywy Oddziału II i III Turniej Wiedzy Fizycznej dla województw słupskiego i koszalińskiego. Uczestniczyły w nich odpowiednio reprezentacje 22 i 24 szkół. Nawiązano współpracę z Oddz. Wojew. NOT (organizacja 3 okolicznościowych odczytów). Wspólnie z Kuratorium Oświaty i Wychowania w Słupsku zorganizowano kurs zastosowań mikrokomputerów dla nauczycieli (10 godzin wykładów i 80 godz. ćwiczeń). Powołano w Oddziale Sekcję Studencką Fizyków (13 członków).

Oddział wyraża zaniepokojenie środowiska słupskiego zawieszeniem rekrutacji na Wydział Fizyki WSP. Według przeprowadzonego przez Oddział badania na obszarze województw: słupskiego i koszalińskiego istnieje duży niedobór nauczycieli fizyki, który, zdaniem Oddziału, będzie się jeszcze pogłębiać.

**Oddział Szczeciński:** liczy 59 członków. Zorganizowano 9 zebrań naukowych (referenci z zagranicy i z kraju). Działalność popularyzacyjną i dydaktyczną prowadzono na rzecz Młodzieżowego Towarzystwa Naukowego. Odbyło się 55 wykładów z pokazowymi doświadczeniami oraz 9 zajęć laboratoryjnych w Pracowni Studenckiej Instytutu Fizyki Politechniki Szczecińskiej. Każdego roku przy współpracy z Kuratorium Okręgu Szkolnego, organizowany jest Turniej Wiedzy Fizycznej dla uczniów szkół średnich Okręgu Szczecińskiego. Zorganizowano (wspólnie z Politechniką Szczecińską) VII Dni Wymiany Doświadczeń w Nauczaniu Fizyki w Wyższych Uczelniach Technicznych (26—27.06.1987) i II Sympozjum Techniki Laserowej (7—10.09.1987); (szczegóły p. pkty 1.2e i 1.2f).

**Oddział Toruński:** liczy 115 członków. W ramach działalności naukowej odbyło 12 posiedzeń seminarnych. Oddział był współorganizatorem dwóch imprez międzynarodowych: w dniach 2—5.09.1986 odbyło się „Międzynarodowe Sympozjum Luminescencji Molekularnej i Fotofizyki” zaś w dniach 9—12.12.1986 „XIX Sympozjum Fizyki Matematycznej” Dla uczniów szkół średnich (z województw: toruńskiego, bydgoskiego, olsztyńskiego i włocławskiego) zorganizowano pokazy z optyki, mechaniki i nauki o elektryczności (obejrzało je 2600 osób). Kontynuowano wykłady nt. „Wykorzystanie Mikrokomputera w Nauczaniu” (dla szkół średnich Torunia i Grudziądz). Przy współudziale Polskiego Towarzystwa Ma-

tematycznego i Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii zorganizowano cykl 11 publicznych wykładów popularnych nt. „Pole magnetyczne w przyrodzie”. W związku ze zmianą bibliotekarza PTF, przeprowadzono inwentaryzację zbioru, odnowiono pomieszczenie biblioteki i uporządkowano zbiory.

*Oddział Warszawski:* liczy 409 członków. Naczelnym zadaniem, jakie postawił sobie Zarząd Oddziału Warszawskiego, była pomoc nauczycielom i uczniom szkół średnich Warszawy w nauczaniu i popularyzacji fizyki. W tym zakresie zorganizowano: jednodniowy cykl wykładów popularnych „Energetyka Jądrowa, jej blaski i cienie”; trzy serie wykładów z pokazami dla klas licealnych (jedna seria w r. szk. 1985/86, dwie w r. szk. 1986/87). Na wszystkich wykładach frekwencja sięgała 300 osób. Zorganizowano też spotkania z nauczycielami liceów dla omówienia zarówno programu, jak i realizacji wykładów. Na dwa spotkania przybyli: dziekan i prodziekan Wydziału Fizyki UW, którzy sondowali możliwość pomocy ze strony Wydziału Fizyki nauczycielom i młodzieży; Seminarium dla nauczycieli (raz w miesiącu prowadzi doc. Jerzy Ginter); kilkudniowe spotkania z nauczycielami poświęcone zastosowaniu mikrokomputerów w nauczaniu fizyki (prof. Ł. Turski); w bieżącym roku akademickim (tj. 1987/88) odbył się pierwszy wykład dla nauczycieli i młodzieży ostatniej klasy szkoły podstawowej nt. elementów fizyki współczesnej. Oprócz istniejącego już kółka zainteresowań „Gluony” (fizyka cząstek elementarnych) powstały dwa nowe kółka zainteresowań (Fizyka Jądrowa i Optyka).

*Oddział Wrocławski:* liczy 206 członków. Oddział prowadzi działalność naukową — zorganizowano 12 posiedzeń naukowych; referaty wygłoszone na nich dotyczyły aktualnych zagadnień fizyki. W zakresie działalności popularyzatorskiej i dydaktycznej Oddział współpracował z kilkoma szkołami średnimi. Ich uczniowie zwiedzali laboratoria Fizyki Ogólnej w Politechnice Wrocławskiej, a kilkunastu spośród nich przygotowano do wykonania samodzielnego pewnych ćwiczeń laboratoryjnych o średnim stopniu zaawansowania. Prowadzono ponadto wykłady z wybranych działów fizyki wraz z demonstracjami. Odbyło 10 takich wykładów w Politechnice i 5 w Uniwersytecie. Oprócz wykładów zorganizowano spotkania pracowników naukowych obu uczelni z najzdolniejszymi uczniami.

W zakresie współpracy z przemysłem Oddział rozesłał do szeregu zakładów przemysłowych regionu pisma z prośbą o informację czy zakłady te zatrudniają fizyków. W ten sposób uzyskano adresy 46 fizyków pracujących w przemyśle na różnych stanowiskach (np. technologa, konstruktora, programisty, elektronika, asystenta, adiunkta, fizyka, dokumentalisty, specjalisty ds. pomiarów, rzecznika patentowego itp.). Jest to cenna inicjatywa warta podjęcia przez inne Oddziały.

\*

Sprawozdanie niniejsze wykazuje, że Towarzystwo prowadziło działalność niemal we wszystkich przewidzianych statutem kierunkach. Pokazy z fizyki oglądało nie mniej niż kilkanaście tysięcy uczniów, a z wieloma dziesiątkami nauczycieli fizyki nawiązano bliski kontakt. Siedem Oddziałów sprawowało opiekę nad odpowiednimi działami Pałaców Młodzieży (i im pokrewnych organizacji). Było to możliwe tylko dzięki ofiarnej i bezinteresownej działalności wszystkich aktywnych członków Towarzystwa. Składam im w imieniu Polskiego Towarzystwa Fizycznego bardzo serdeczne podziękowanie. Dotyczy to w szczególności Zarządów Oddziałów Towarzystwa, Redakcji naszych czasopism, Przewodniczących i Członków Komisji ZG.

Osobiście chciałbym wyrazić swą głęboką wdzięczność wszystkim członkom ZG za współdziałanie i cenne rady, jakich udzielali mi w czasie mej działalności.

Wyrażamy podziękowanie również naszym protektorom, w szczególności Polskiej Akademii Nauk i Komitetowi Fizyki PAN za pomoc materialną i wspieranie zamierzeń Towarzystwa.

*Tadeusz Skaliński*

Prezes PTF

## Walne Zebranie

Walne Zebranie delegatów Oddziałów PTF odbyło się 23 września 1987 w Łodzi podczas XXIX Zjazdu Fizyków Polskich.

Po wysłuchaniu sprawozdania ustępującego Prezesa i sprawozdania Komisji Rewizyjnej udzielono absolutorium ustępującemu Zarządowi Głównemu i dokonano wyboru Prezesa, 8 członków i 3 zastępców członków ZG oraz Komisji Rewizyjnej na kadencję 1987-89.

Na wniosek Oddziału Krakowskiego uchwalono nadać godność członka honorowego PTF Marianowi Mięśowiczowi.

Wobec stałego wzrostu cen postanowiono podnieść wysokości składek członkowskich. Wnioski w tej sprawie zostały przekazane Oddziałom przed kilku miesiącami. Po dłuższej dyskusji Walne Zebranie postanowiło od 1988 r. zróżnicować składki roczne w następujący sposób: samodzielni pracownicy naukowcy — 1000 zł, studenci i stażyści — 300 zł, pozostali członkowie — 600 zł. Emeryci mogą korzystać z przysługującego im prawa zwolnienia ze składki członkowskiej.

B. W.

## Nowy Zarząd Główny

Wybrany w dn. 23 września 1987 Zarząd Główny PTF ukonstytuował się jak następuje: prezes — Janusz Zakrzewski (Warszawa), wiceprezesa — Andrzej Oleś (Kraków) i Tadeusz Skaliński (Warszawa), sekretarz generalny — Stanisław Grzegorz Rohoziński (Warszawa), skarbnik — Tadeusz Pniewski (Warszawa), członkowie i zastępcy członków — Teresa Białecka (Warszawa), Stanisław Hałas (Lublin), Jerzy Dembczyński (Poznań), Stanisław Łęgowski (Toruń), Stanisław Michalak (Łódź), Józef Terlecki (Gdańsk), Cecylia Wesołowska (Wrocław).

## Medale Smoluchowskiego dla Ginzburga, Eberly'ego i Trautmana

W ciągu ostatniego roku Polskie Towarzystwo Fizyczne przyznało Medal im. Mariana Smoluchowskiego W. L. Ginzburgowi (za r. 1984),

J. H. Eberly'emu (za r. 1985) i A. Trautmanowi (za r. 1986).

\*

Profesor Witali Lazarowicz Ginzburg, członek rzeczywisty Akademii Nauk ZSRR, dyrektor Oddziału Fizyki Teoretycznej Instytutu Fizyki AN ZSRR im. P. N. Lebidiewa jest jednym z tych fizyków, których zakres zainteresowań obejmuje „kilkadziesiąt rzędów wielkości na skali długości” — od badań nad nadciekłością i nadprzewodnictwem do problemów kosmologii.

Niepełna lista publikacji Ginzburga ma ok. trzystu pozycji, w tym osiem monografii. Dodać do tego należy szereg pozycji popularnonaukowych, wystąpienia na międzynarodowych i wewnątrzradzieckich konferencjach naukowych itp. W fizyce radzieckiej wielką rolę odgrywają prowadzone przez prof. Ginzburga piątkowe seminaria, które mają taki sam prestiż naukowy jak niegdysiejsze seminaria czwartkowe Landaua.

Tematy prac Ginzburga można ująć w następujące grupy:

- 1) Elektrodynamika kwantowa i teoria cząstek elementarnych,
- 2) Teoria promieniowania i optyka ośrodków materialnych,
- 3) Teoria plazmy i propagacji fal w ośrodkach zjonizowanych,
- 4) Teoria materii w stanie skondensowanym,
- 5) Fizyka promieniowania kosmicznego z astrofizyką i ogólna teoria względności.

Chyba najbardziej znany jest wkład Ginzburga do fizyki materii w stanie skondensowanym. Każdy kto uczy się fizyki: ciała stałego, nadciekłości, przemian fazowych itp. musi poznać teorię Ginzburga-Landaua, a pojęcie parametru uporządkowania, wprowadzone przez Ginzburga i Landaua, jest jednym z najważniejszych pojęć współczesnej fizyki.

Obecnie należy szczególnie podkreślić, że to W. L. Ginzburg był jednym z pierwszych fizyków, którzy rozważali możliwość wystąpienia zjawiska wysokotemperaturowego nadprzewodnictwa. W 1977 r. Ginzburg opublikował monografię *Problemy wysokotemperaturowego nadprzewodnictwa*. Z monografii tej możemy zacytować: „Dlatego nie wątpię w to, że dalsze badania zjawiska wysokotemperaturowego nadprzewodnictwa przyniosą szereg interesujących problemów dla fizyki i techniki, także i wtedy, gdyby nie udało się uzyskać materiałów będących nadprzewodzącymi w tempera-

turach azotowych (a tym bardziej pokojowych)”....

Prof. W. L. Ginzburg od lat utrzymuje bliskie kontakty naukowe z polskim środowiskiem fizyków. Przed paru laty zaproszony był on do Warszawy celem wygłoszenia Wykładu im. Smoluchowskiego. Niestety, z przyczyn niezależnych ani od prof. Ginzburga ani od organizatorów, wykład ten nie mógł dojść do skutku.

*Łukasz Turski*

\*

Medal Mariana Smoluchowskiego za 1985 r. przypadł w udziale amerykańskiemu fizykowi teoretykowi J. H. Eberly'emu.

Profesor Joseph Henry Eberly doktoryzował się z fizyki na Uniwersytecie Stanforda w 1962 r. Po doktoracie pracował w tym Uniwersytecie w Centrum Akceleratora Liniowego, a także w Laboratorium Amerykańskiej Marynarki w White Oak. Od 1965 r. związany jest na stałe z Uniwersytetem w Rochester w Stanie Nowy Jork. Uniwersytet ten słynie od lat jako centrum badań optycznych. Historycznie uwarunkowane jest to sąsiedztwem znanej firmy optycznej Bausch and Lomb i Zakładów Kodaka, ale bezpośrednią przyczyną jest obecność na tym Uniwersytecie światowej sławy optyków, takich jak prof. Emil Wolf i prof. Leonard Mandel. Optyka jest też dziedziną, której Eberly poświęcił swą karierę naukową. Wyszukuje on przy tym zawsze i próbuje rozwiązywać najbardziej aktualne problemy nowoczesnej optyki kwantowej. W ciągu ostatnich 20 lat opublikował wiele prac na temat teorii spójności światła, nadpromienistości, propagacji impulsów świetlnych w rezonansowych ośrodkach, rezonansowej fluorescencji, wielofotonowych wzbudzeń atomów i molekuł, wielofotonowej jonizacji, teorii lasera barwnikowego, fluktuacji światła i ich roli w nieliniowych procesach optycznych. Interesują go też podstawowe problemy elektromagnetyzmu, takie jak emisja spontaniczna, rola reakcji promieniowania na promieniujący układ, definicja i pomiar widma czy też relacje nieoznaczoności. Jest współautorem monografii *Rezonans Optyczny*, która doczekała się tłumaczenia na język polski, rosyjski i japoński. Autor przestrzega przy tym dość oryginalnej zasady, że każdy tłumacz staje się równocześnie współautorem, wprowadzając napisane przez siebie nowe partie książki. Tłumaczem i współautorem polskiej wersji był K. Rzążewski.

Profesor Eberly jest świetnym wykładowcą. Wynika to nie tylko z jego obszernej wiedzy

i aktywności twórczej, lecz również z cech jego osobowości. Jest to bowiem człowiek niezwykle żywy, energiczny, bardzo łatwo nawiązujący kontakty z ludźmi i ciekawy świata. W swych licznych podróżach zwiedził nie tylko amerykańskie i europejskie ośrodki naukowe, lecz również Chiny, Japonię, Nową Zelandię i Australię.

Współpraca Eberly'ego z polskimi fizykami odgrywa jednak w jego kontaktach zagranicznych i jego działalności naukowej szczególną rolę. Od pierwszej wizyty w Polsce, gdy w 1968 r. brał udział w Konferencji Pompowania Optycznego zorganizowanej w Warszawie przez prof. T. Skalińskiego, odwiedzał on Polskę kilkanaście razy. Brał czynny udział w Szkołach Optyki Kwantowej. Opublikował wiele prac wspólnie z polskimi fizykami. W tej dziedzinie ustanowił on chyba swoisty rekord; liczba polskich współautorów jego prac wynosi 12. Współpraca polskich „optyków kwantowych” z Uniwersytetem w Rochester jest zarazem przyczyną i skutkiem wysokiego poziomu polskich badań w tej dziedzinie. Nie ma prawie roku bez co najmniej jednego polskiego fizyka pracującego w Rochester w grupie prof. Eberly'ego. Znajdują oni tam nie tylko znakomite warunki do pracy, ale też miłą, koleżeńską atmosferę. Eberly, znany wśród swoich współpracowników i uczniów jako Joe, ma zawsze czas na dyskusje naukowe i kontakty prywatne. Znajduje też czas na czynny wypoczynek. Jest wysportowany, uprawia koszykówkę, do której predysponuje go nieprzeciętnie wysoki wzrost.

*Zofia Białynicka-Birula*

\*

Polskie Towarzystwo Fizyczne przyznało swoje najwyższe wyróżnienie — medal Mariana Smoluchowskiego — Andrzejowi Trautmanowi, profesorowi Uniwersytetu Warszawskiego, członkowi rzeczywistemu Polskiej Akademii Nauk, za całokształt działalności naukowej w dziedzinie ogólnej teorii względności.

Andrzej Trautman rozpoczął działalność naukową po ukończeniu Wydziału Łączności Politechniki Warszawskiej w r. 1955 jako aspirant w grupie kierowanej przez Leopolda Infelda. Jego pierwsze prace z teorii względności dotyczyły bardzo modnego podówczas w Warszawie zagadnienia ruchu w ogólnej teorii względności, nad którym pracowała większość uczestników seminarium Infelda. Wkrótce jednak Trautman zajął się własną tematyką uzyskując w bardzo krótkim czasie ważne wyniki i zdobywając uznanie na całym świecie. Jego prace z tego okresu dotyczyły

zasad zachowania w ogólnej teorii względności oraz uogólnienia na ogólną teorię względności warunków wypromieniowania podanych przez Sommerfelda. Ukoronowaniem tego wczesnego okresu było zaproszenie Trautmana do wygłoszenia wykładów w najbardziej znanej podówczas letniej szkole fizyki teoretycznej organizowanej przez Uniwersytet Brandeisa w Waltham pod Bostonem oraz propozycja napisania artykułu przeglądowego do zbioru poświęconego przeglądowi najnowszych osiągnięć z dziedziny grawitacji. Po tych pierwszych sukcesach naukowych przyszły następne.

Do bardziej znanych na świecie odkryć Trautmana w ogólnej teorii względności należy niewątpliwie znalezione przez niego wspólnie z Ivorem Robinsonem nowe rozwiązanie (a właściwie cała klasa rozwiązań) równań Einsteina dla pola grawitacyjnego oraz sformułowanie współczesnej wersji teorii Einsteina–Cartana, to znaczy teorii grawitacji z uwzględnieniem materii posiadającej wewnętrzny moment pędu — spin.

Działalność naukowa Andrzeja Trautmana nie ogranicza się do wąsko pojmowanej teorii grawitacji. Zdobył on sobie uznanie także pracami z teorii pól Yanga–Millsa, a obecnie pracuje nad teorią spinorów. Dużym zainteresowaniem cieszą się napisane przez niego artykuły przeglądowe, jak np. wydane ostatnio we Włoszech wykłady nowoczesnej geometrii różniczkowej dla fizyków.

W środowisku fizyków zajmujących się teorią grawitacji i fizyką matematyczną Andrzej Trautman jest uznanym światowym autorytetem. Wygłaszał plenarne referaty na kongresach grawitacji i wielu innych konferencjach, wykladał w wielu sławnych ośrodkach na świecie. Kontynuuje on chlubne tradycje szkoły teorii grawitacji założonej przez Leopolda Infelda.

*Iwo Białynicki-Birula*

#### Nagrody naukowe PTF

Komisja Nagród i Odznaczeń PTF przyznała A. Góździowi (Lublin) i B. Westwańskiemu (Katowice) nagrody naukowe II stopnia za r. 1987.

Dr hab. Andrzej Góździ otrzymał nagrodę za cykl prac z dziedziny teorii kolektywnych wzbudzeń jądrowych. Laureat ma 33 lata, studiował na Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Stopień doktora uzyskał w 1980 r. na podstawie pracy „Symetrie kolektywnych (bozonowych) ruchów jąder atomowych”. Kontynuował badania

w tej dziedzinie zarówno w UMCS, jak i w Uniwersytecie w Ratyżbonie (RFN), gdzie był na dwuletnim stażu. Habilitował się w 1987 r. Rozprawa habilitacyjna dotyczy podstaw mikroskopowych modeli kolektywnych w formalizmie metody współrzędnych generujących. Istotnym osiągnięciem było sformułowanie poprawnej matematycznie metody wydzielenia podprzestrzeni kolektywnej z pełnej przestrzeni stanów wielonukleonowych.

Dr Bogumił Westwański, z Instytutu Fizyki Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, otrzymał nagrodę za pracę „Thermodynamical and Green function many-body Wick theorems”. Praca ta stanowi wartościowy przyczynek do matematycznych metod kwantowej teorii wielu ciał. W teorii tej ważną rolę odgrywa twierdzenie Wicka, przeniesione z kwantowej teorii pola na grunt fizyki statystycznej przez T. Matsubarę. Westwański wprowadził pewne uogólnienie tego twierdzenia na układy wielu spinów.

*B. W.*

#### Nagrody dydaktyczne PTF

Komisja Nagród Dydaktycznych PTF przyznała za r. 1987 następujące nagrody:

mgr Hannie Osickiej (Toruń) za wyróżniające się osiągnięcia dydaktyczne i poszukiwanie nowych rozwiązań metodycznych i doświadczalnych w nauczaniu fizyki — nagroda I stopnia;

mgr Jadwidze Szarek (Koszalin) za wyróżniające się osiągnięcia dydaktyczne i wielce efektywną pracę z uzdolnioną młodzieżą — nagroda I stopnia;

mgr Witoldowi Stanikowi (Kędzierzyn-Koźle) za wielki wkład pracy w przygotowanie uczniów do Turniejów Wiedzy Fizycznej i krzewienie wiedzy fizycznej wśród młodzieży — nagroda II stopnia.

Wręczenie nagród odbyło się w czasie XXIX Zjazdu Fizyków Polskich w Łodzi.

#### Mięsowicz doktorem *h.c.* Uniwersytetu Warszawskiego

Uniwersytet Warszawski nadał stopień doktora *honoris causa* Marianowi Mięsowiczowi, profesorowi Akademii Górniczo-Hutniczej, wybitnemu fizykowi o wielkich osiągnięciach w dziedzinie fizyki ciekłych kryształów i fizyki wysokich energii.

Dziękując za zaszczytne wyróżnienie prof. Mięśowicz przypomniał związki łączące go z fizykami warszawskimi jeszcze od wczesnych lat trzydziestych, a także wypowiedział wnikliwe uwagi ogólnej natury o bieżącym stanie rozwoju fizyki.

*B. W.*

### Nominacje na profesorów

Rada Państwa nadała tytuły naukowe profesorów.

Tytuł profesora zwyczajnego nauk fizycznych otrzymał Czesław Bojarski (Politechnika Gdańska).

Tytuł profesora nadzwyczajnego nauk fizycznych otrzymali: Gerard Czajkowski (Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy), Paweł Haensel (Centrum Astronomiczne PAN), Janusz Marek Pawlikowski (Politechnika Wroclawska), Kacper Rybicki (Instytut Geofizyki PAN, Warszawa).

Wręczenia nominacji profesorskich odbyły się 18 września i 30 października 1987.

### Wykład im. Mariana Smoluchowskiego

W 1987 r. wykład im. Mariana Smoluchowskiego pt. „From Boltzmann to present-day statistical physics” wygłosił prof. Alf Sjölander z Instytutu Fizyki Teoretycznej Politechniki Chalmersa w Göteborgu.

Wykład odbył się 1 października 1987 w Instytucie Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Warszawskiego. Gospodarzami byli: Zakład Fizyki Teoretycznej PAN, Wydział Fizyki UW i Oddział Warszawski PTF.

*B. W.*

### Symbole, jednostki i słownictwo w fizyce

Komisja Symboli, Jednostek, Słownictwa, Mas Atomowych i Stałych Fundamentalnych (Commission on Symbols, Units, Nomenclature, Atomic Masses and Fundamental Constants — SUNAMCO) Międzynarodowej Unii Fizyki Czystej i Stosowanej (IUPAP) wydała dokument IUPAP-25 (SUNAMCO 87-1) *Symbols, Units, Nomenclature and Fundamental Constants in Physics — 1987 Revision*, opracowany przez E. Richarda Cohena

(Rockwell International Science Center, Thousand Oaks, USA) i Pierre'a Giacomo (Bureau International des Poids et Mesures, Sèvres, Francja). Zawiera on rekomendacje zatwierdzone przez kolejne Walne Zgromadzenia IUPAP w latach 1948-84 oraz rekomendowane przez CODATA (Committee on Data for Science and Technology) wartości fundamentalnych stałych fizycznych wg dopasowania z 1986 r. Dokument ten zastępuje dotychczas obowiązujący dokument UIP-20 (SUN 78-5) opublikowany w 1978 r. Rekomendacje w nim zawarte są ogólnie zgodne z rekomendacjami następujących organizacji międzynarodowych: Międzynarodowej Organizacji Standaryzacji — Komisja Techniczna ISO/TC 12, Ogólnej Konferencji Wag i Miar (1948-1983), Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej (IUPAC), Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej — Komitet Techniczny IEC/TC 25, Międzynarodowej Komisji Oświetlenia.

Dokument IUPAP-25 zawiera następujące rozdziały: 1) Rekomendacje ogólne, 2) Symbole pierwiastków, cząstek, stanów i przejść, 3) Definicja jednostek i układów jednostek, 4) Rekomendowane symbole wielkości fizycznych, 5) Rekomendowane symbole matematyczne, 6) Rekomendowane wartości fundamentalnych stałych fizycznych, Dodatek — Układy nie-SI wielkości i jednostek.

Dokument IUPAP-25 został również opublikowany w czasopiśmie *Physica* 146A, 1-68 (1987).

*B. W.*

### Przyszłość CERN-u

W czerwcu 1987 Rada CERN-u otrzymała wstępny raport Komisji (tzw. Grupy Abragama), powołanej do oceny stanu obecnego i przyszłości CERN-u (zob. Kronika 6/86), w związku z różnymi możliwościami wyboru określonych projektów inwestycyjnych. W szczególności Rada CERN-u zaleciła Komisji rozważenie skutków ewentualnych dużych cięć budżetowych lub zmian politycznych, które mogłyby zasadniczo wpłynąć na charakter CERN-u. Komisja miała doradzić jak, przy założeniu różnych wysokości środków finansowych, optymalnie je wykorzystać.

W skład siedmioosobowej Komisji wchodził dwaj kierownicy wielkich koncernów przemysłowych — C. De Benedetti z włoskiej firmy Olivetti i H. Sandvold z norweskiej Norsk Hydro oraz szwajcarski doradca w sprawach zarządzania —

Jean Vodoz i były hiszpański minister finansów — Miguel Boyer. Nauki fizyczne reprezentowali: przewodniczący Komisji Anatole Abragam (Collège de France), Brian F. F. Fender (były dyrektor Instytutu Lauego-Laugevina w Grenoble), Wolfgang Paul (Uniwersytet w Bonn, dyrektor Fundacji Humboldta).

Według opinii Abragama, świetne wyniki CERN-u uwarunkowane są szczególną atmosferą entuzjazzmu, który tam panuje i który można bezpośrednio przypisać świadomości, że CERN jest ośrodkiem przodującym w skali światowej. Gdyby CERN stracił tę pozycję, straciłby tym samym swoją główną rację bytu, swoją atrakcyjność i swoją dynamikę. Jednakże wysoki poziom badań naukowych już nie wystarcza. Musi mu towarzyszyć doskonałe zarządzanie użytkowaniem środków i usługami dla użytkowników. Te sprawy uległy zaniedbaniu i muszą być szybko doprowadzone do właściwego stanu.

Użytkownicy CERN-u sprzeciwiają się jakiegokolwiek zwiększeniu liczby państw członkowskich, które by osłabiło europejski charakter Organizacji i odrzucają wszelkie propozycje obniżenia budżetu.

Komisja uważa, że redukcja budżetu niewątpliwie zaszkodziłaby CERN-owi i że ograniczenie programu byłoby w każdym razie przedwczesne. Komisja ograniczyła się natomiast do zalecenia szeregu zabiegów administracyjnych: 1) wcześniejsze przejście na emeryturę lub zwolnienie 300-500 pracowników w latach 1988 i 1989; 2) nieprzyznawanie statusu międzynarodowego pracownikom technicznym i administracyjnym, przez co koszt ich ubezpieczeń społecznych byłby ponoszony przez Szwajcarię i Francję; 3) system awansów oparty na ocenie osiągnięć; 4) na krótką metę ograniczenie do minimum angażowania nowego personelu; 5) reformy związane z księgowaniem i zarządzaniem funduszem emerytalnym.

Komisja wyraziła uznanie CERN-owi za wybudowanie akceleratora LEP (Large Electron-Positron) bez zwiększania dotychczasowego personelu, ale stwierdziła, że obsługa techniczna pogorszyła się.

W raporcie powiedziano, że dyrektorem CERN-u powinien być „wybitny uczony z bardzo wysokiej klasy umiejętnościami organizacyjnymi”.

Doradca Komisji, Christopher Lewellyn Smith (Oxford), zwrócił uwagę na bardzo powolne tempo wymiany personelu oraz na rosnącą średnią wieku. W końcu lipca 1986 średnia wynosiła 45,5 lat. W okresie pięcioletnim 1981-85 tylko 402 pra-

cowników na ogólną liczbę 3500 opuściło z różnych powodów CERN.

Inna Komisja powołana przez Radę CERN-u ma za zadanie studiowanie planów długoterminowych. Przewodniczącym tej Komisji jest Carlo Rubbia (CERN), a członkami — Giorgio Brianti (CERN), Pierre Darriulat (CERN), Gösta Ekspong (Uniwersytet Sztokholmski), Abdus Salam (ICTP, Triest i Imperial College, Londyn), Samuel C. Ting (MIT), Simon van der Meer (CERN), Gustav A. Voss (DESY).

Komisja Rubbii wyraziła przekonanie, że doniesione dla aktualnych zagadnień fizyki powinny okazać się zjawiska zachodzące przy energiach zderzenia powyżej 1 TeV, w środku masy zderzających się cząstek. Wobec tego należy podjąć w najbliższych latach budowę wielkiego zderzacza. Bierze się pod uwagę kilka konkurencyjnych projektów i możliwość wykorzystania istniejącego tunelu akceleratora LEP o obwodzie ok. 27 km. Dodanie magnesów nadprzewodnikowych, wytwarzających pole sterujące 8-10 T, mogłoby pozwolić na osiągnięcie energii 14-16 TeV w środku masy zderzających się protonów. Komisja zaleca dalsze studia i podjęcie decyzji co do wyboru akceleratora za 2 lata. Istotne jest osiągnięcie wysokiej świetlności, powyżej  $10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Przy tak wysokich świetlnościach konieczne jednak będzie pokonanie trudności w konstruowaniu detektora zdolnego do działania w tych warunkach.

*Phys. Today* 40, No 9(1987)

B. W.

### Polski informator o fizyce półprzewodników

Nakładem Uniwersytetu Warszawskiego, techniką małej poligrafii, w 225 egzemplarzach, ukazał się *Informator — Fizyka Półprzewodników w Polsce*. Zawiera on wykaz 24 polskich ośrodków, w których jest uprawiana ta tematyka. Podano skład osobowy, stosowane metody badawcze i bardziej zaawansowaną aparaturę, tematy prac prowadzonych w latach 1981-85 i ważniejsze publikacje oraz tematy planowane na najbliższe lata.

Inicjatywa przygotowania *Informatora*, jak pisze w przedmowie redaktor tego wydawnictwa prof. Marian Grynberg, powstała w Sekcji Materii Skondensowanej Komitetu Fizyki PAN.

Jest to niewątpliwie bardzo użyteczna publikacja i mamy nadzieję, że będą ukazywały się dalsze wydania, aktualizowane i uzupełniane.

B. W.



## KALENDARZ IMPREZ

Informacje podajemy w następującej kolejności: data i miejsce imprezy, organizator, adres, pod który należy nadsyłać zgłoszenia i ewentualne streszczenia prac, Z — termin zgłoszeń, A — termin nadsyłania streszczeń, P — przewidywane wydanie materiałów, U — przewidywana liczba uczestników, język (jeżeli inny niż polski), O — wysokość opłaty konferencyjnej.

### KONFERENCJE 1988

16—21 maja 1988, Piechowice

**20th Polish Seminar on Positron Annihilation.** Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniw. Wrocławskiego. Dr Maria Dębowska, IFD UW, Cybulskiego 36, 50-205 Wrocław, tel. 22-66-71, w. 37.

P, U: 80, ang., O: ok. 12 000 zł.

23—27 maja 1988, Kazimierz Dolny

**Nowe Teorie w Fizyce — XI Warszawskie Sympozjum Fizyki Cząstek Elementarnych.** Instytut Fizyki Teoretycznej Uniw. Warszawskiego. Dr Z. Ajduk, IFT UW, Hoża 69, 00-681 Warszawa, tel. 28-30-31, w. 247.

Z: 31. 3. 88, P, U: 90, ang.

25—29 lipca 1988, Toruń

**9th International Conference on Spectral Line Shapes.** Uniwersytet Mikołaja Kopernika. Prof. J. Szudy. IF UMK, Grudziądzka 5, 87-100 Toruń, tel. 210-65 i 224-87.

A: 1. 3. 88, P, ang.

15—19 sierpnia 1988, Warszawa

**19 Międzynarodowa Konferencja Fizyki Półprzewodników** (patronat IUPAP i PTF). Inst. Fizyki PAN, Wydział Fizyki UW, Zakł. Wysokich Ciśnień „Unipress”. Doc. J. Kossut, IF PAN, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel. 43-70-01, w. 242 lub 43-56-26, tlx 812468 if pan pl.

A: 15. 3. 88, P, U: 1000, ang.

20—21 sierpnia 1988, Tomaszów Mazowiecki

**Międzynarodowa Konferencja Wysokich Ciśnień w Półprzewodnikach.** Zakł. Wy-

sokich Ciśnień „Unipress”. Dr L. Kończewicz, ZWC „Unipress”, Sokołowska 29/37, 01-142 Warszawa, tel. 32-74-19.

Z: 15. 6. 88, A: 15. 4. 88, P, U: 100, ang., O: ok. 20 000 zł (włącznie z zakwaterowaniem i wyżywieniem).

29 sierpnia — 3 września 1988, Poznań

**XXIV Congress AMPERE**, Inst. Fizyki Molekularnej PAN. Prof. J. Stankowski, IFM PAN, Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań, tel. 67-40-71.

Z: 1. 6. 88, A: 1. 5. 88, P, ang., O: 10 000 zł.

5—9 września 1988, Toruń

**VII Polska Konferencja Spektroanalityczna i X CANAS**. Komisja Analitycznej Spektrometrii Atomowej Komitetu Chemii Analitycznej PAN i Uniwersytet Mikołaja Kopernika. Dr Jerzy Fijałkowski, Inst. Chemii i Techniki Jądrowej, Dołdorna 16, 03-195 Warszawa, tel. 11-30-21 w. 1276.

pol. i ang.

3—9 września 1988, Mrągowo

**High Pressure Chemical Synthesis and Physical Transformations**. Instytut Chemii Organicznej PAN. Dr J. Jurczak, IChO PAN, Kasprzaka 44, 01-224 Warszawa.

Z: maj 88, A: kwiecień 88, U: 150, ang.

13—16 września 1988, Szklarska Poręba

**VIII Polsko-Czechosłowacka Konferencja Optyczna**. Inst. Fizyki Politechniki Wrocławskiej. Prof. Miron Gaj, IF PWr., Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, tel. 22-96-96.

Z: 28. 2. 88, A: 28. 2. 88, P, U: 120, pol. i czeski, O: 8400 zł.

14—16 września 1988, Gliwice

**VI Konferencja Fizyka dla Przemysłu**. Polskie Tow. Fizyczne i Inst. Fizyki Politechniki Śląskiej.

wrzesień 1988, Warszawa

**II Krajowe Seminarium Mössbauerowskie**. Inst. Fizyki Politechniki Warszawskiej. Doc. W. Zych, IF PW, Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel. 210071439.

3—8 października 1988, Wrocław

**9th Internat. Symposium on Exoelectron Emission and Applications**. Inst. Fizyki

Doświadczalnej Uniw. Wrocławskiego. Dr J. Lesz, IFD UW, Cybulskiego 36,  
50-205 Wrocław.  
ang.

## SZKOŁY 1988

4-13 maja 1988, Polanica Zdrój

**9 Szkoła Biofizyki Transportu przez Błony.** Katedra Fizyki i Biofizyki AR Wrocław i Inst. Biochemii i Biofizyki PAN Warszawa. Dr Halina Kleszczyńska, Katedra Fiz. i Biofiz. AR, Norwida 25, 50-375 Wrocław, tel. 22-66-61, telex 0715327 arw pl.

P, ang., O: 25 000 zł (zakwaterowanie, wyżywienie, materiały).

22—29 maja 1988, Szczyrk

**8th Internat. School on Defects in Crystals.** Instytut Fizyki PAN. Mgr Halina Granat, IF PAN, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel. 43-70-01, w. 197 lub 43-60-34, telex 812468 if pan pl.

P, U: 140, ang., O: 26 000 zł (zakwaterowanie, wyżywienie, materiały).

31 maja — 10 czerwca 1988, Zakopane

**28 Krakowska Szkoła Fizyki Teoretycznej.** Inst. Fizyki UJ, Reymonta 4, 30-059 Kraków.

20—25 czerwca 1988, Wrocław

**Internat. School on Excited States of Transition Elements.** Inst. Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN. Dr W. Strek, INTiBS, skr. poczt. 937, 50-950 Wrocław.

ang.

10—17 września, Sulejów

**2nd Internat. School on Electrochemistry of Conductive Polymers (ECP-2).** Politechnika Warszawska. Dr J. Płocharski, Inst. Technologii Chemii Nieorganicznej PW, Noakowskiego 3, 00-664 Warszawa.

ang.

**KONFERENCJE 1989**

8—12 maja 1989, Warszawa

**Interferometry '89 — 100 Years Michelson: State of Art and Applications.** Sekcja Optyki SIMP i Ośrodek Doskonalenia Kadr SIMP. Małgorzata Sochacka, Centralne Laboratorium Optyki, Kamionkowska 18, 03-805 Warszawa.  
ang.

## NOWE KSIĄŻKI

- Mario Bertolotti, *Masery i lasery — ujęcie historyczne*, z jęz. angielskiego tłum. Eugenia Kaczmarek, WNT, Warszawa 1987, wyd. I, s. 274, nakł. 2000 egz., cena zł 330.—
- J. I. Butikow, A. A. Bykow, A. S. Kondratiew, *Fizyka*, cz. 1 i 2, z jęz. rosyjskiego tłum. Wojciech Frejłak, Bogna Frejłak i Włodzimierz Komar, PWN, Warszawa 1987, wyd. I, s. 1116, cena zł 900.—
- W. Bolton, *Zarys fizyki*, cz. 1 i 2, z jęz. angielskiego tłum. Aleksandra Blinowska, PWN, Warszawa 1987, wyd. II, s. 699 + wkładki, cena zł 860.—
- Marian A. Herman, *Heterozłącza półprzewodnikowe — fizyka, technologia, zastosowania*, PWN, Warszawa 1987, wyd. I, s. 408, nakł. 720 egz., cena zł 530.—
- J. D. Jackson, *Elektrodynamika klasyczna*, cz. 1 i 2, z jęz. angielskiego tłum. Jarosław Trylski, PWN, z serii uzupełniającej Bibliotekę Fizyki, Warszawa 1987, wyd. II, s. 798, cena zł 950.—
- J. Kalisz, M. Massalska, J. M. Massalski, *Zbiór zadań z fizyki z rozwiązaniami*, cz. 1 i 2, PWN, Warszawa 1987, wyd. XII zmienione, s. 844, nakł. 30 000 egz., cena zł 750.—

## INFORMACJE DLA AUTORÓW

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

1. Artykuły powinny mieć charakter przeglądowy i być przystępne dla ogółu fizyków. Bardziej szczegółowe wskazówki co do ich charakteru przedstawione są w *Postęпах Fizyki*, 24, 701 (1973); 33, 299 (1982).

2. Maszynopis pracy (oryginał i jedną pełną — z rysunkami, tablicami itd. — kopię) należy nadsyłać pod adresem: Redakcja *Postępów Fizyki*, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa. W liście towarzyszącym prosimy podać dokładne adresy, zarówno prywatny jak i instytucji, z zaznaczeniem, na który przesyłać korespondencję, korektę i honorarium autorskie. O przyjęciu pracy do druku decyduje Komitet Redakcyjny.

3. Maszynopis winien być napisany na arkuszach formatu A4 jednostronnie, z podwójną interlinią (nie więcej niż 30 wierszy na stronie) i marginesem 3,5 cm z lewej strony.

4. Pierwsza strona maszynopisu winna zawierać imię i nazwisko autora i miejsce pracy z adresem, tytuł pracy w języku polskim i angielskim oraz streszczenie (do 20 wierszy maszynopisu) w języku angielskim (angielski tytuł i streszczenie nie są potrzebne do recenzji książek, notatek do kroniki i sprawozdań ze zjazdów i konferencji).

5. Rozdziały, paragrafy, wzory, rysunki, tablice i odsyłacze do literatury (te ostatnie w nawiasach kwadratowych) należy numerować kolejno przy użyciu cyfr arabskich. Prosimy używać liter tylko łańcuchowych i greckich oraz nawiasów okrągłych (a nie pochyłych kresek), kwadratowych czy sześciennych i wpisywać je ręcznie przy braku odpowiednich czcionek.

6. Wzory należy wpisywać czytelnie, a w szczególności bardzo wyraźnie wpisywać wskaźniki i wykładniki potęg. Symbole wielkości wektorowych należy podkreślić czarnym ołówkiem, gdyż będą wydrukowane tłustym drukiem (nie rysować strzałek).

7. Rysunki należy wykonać starannie na oddzielnych arkuszach w rozmiarze 2 do 4 razy większym niż mają być w druku. Napisy, ograniczone do minimum, winny być czytelne i tylko w języku polskim. Na odwrocie rysunku należy podać jego numer, nazwisko autora i pierwsze wyrazy tytułu pracy. Podpisy do rysunków, tablice (z ich tytułami) i spis literatury winny być napisane na oddzielnych stronach.

8. Wszelkie przypisy i uwagi, numerowane kolejno cyframi arabskimi u góry, winny być zamieszczone nie w spisie literatury, a u dołu strony, na której są odsyłacze.

9. Spis literatury winien być sporządzony według wzoru:

[1] A. Białas, W. Czyż, *Acta Phys. Pol.* B5, 523 (1974).

[2] A. Bohr, B. R. Mottelson, *Nuclear Structure*, t. 1, Benjamin, New York 1969, str. 100.

[3] N. N. Bogolyubov, D. V. Shirkov, *Vvedenie v teoriu kvantovannykh polei*, Nauka, Moskva 1973, str. 240.

Skróty nazw czasopism i transliteracja z alfabetów niełacińskich według *Physics Abstracts*. Odsyłacze do literatury w tekście pracy powinny być w nawiasach kwadratowych.

10. Autora obowiązuje wykonanie korekty autorskiej, którą należy zwrócić w ciągu 3 dni pod adresem: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Dział Czasopism, ul. Sławkowska 14, 31-014 Kraków. Przetrzywanie korekty może spowodować przesunięcie artykułu do następnego zeszytu.

11. Autor otrzymuje bezpłatnie 25 egz. odbitek pracy. Dodatkowe odbitki można zamówić odpłatnie przy przesyłaniu korekty autorskiej. Cena za 1 egz. odbitki o objętości 1—16 s. wynosi zł 50.—

12. Maszynopisów prac nie zamówionych i nie zakwalifikowanych do druku Redakcja nie zwraca.

POSTĘPY FIZYKI  
(dwumiesięcznik)

*Warunki prenumeraty czasopisma na r. 1988*

Cena prenumeraty: półrocznie zł 450.—  
rocznie zł 900.—

Prenumeratę krajową i za granicę przyjmuje się:

**do 10 listopada** na I półrocze roku następnego i cały rok następny,  
**do 1 czerwca** na II półrocze roku bieżącego.

Prenumeratę krajową przyjmują i informacji o cenach udzielają urzędy pocztowe i doręczyciele na wsiach oraz Oddziały „Prasa—Książka—Ruch” w miastach.

Prenumeratę ze zleceniem wysyłki za granicę (która jest o 50% droższa od prenumeraty krajowej dla zleceniodawców indywidualnych i o 100% dla instytucji i zakładów pracy) pocztą zwykłą przyjmuje RSW „Prasa—Książka—Ruch”, Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw, ul. Towa-  
rowa 28, 00-958 Warszawa, konto NBP XV OM Warszawa, nr 1153-201045-139-11.

Bieżące numery można nabywać lub zamówić we Wzorcowni Ośrodka Rozpowszechniania Wydawnictw Naukowych PAN, Pałac Kultury i Nauki (wysoki parter), 00-901 Warszawa.

PRENUMERATA DLA CZŁONKÓW PTF

Członkowie PTF, którzy opłacają prenumeratę w Oddziałach PTF do 15 października każdego roku na cały rok następny, otrzymują 25% zniżki.

INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

A subscription order can be sent through the local press distributors or directly to the Foreign Trade Enterprise ARS POLONA—RUCH, 00-068 Warszawa, Krakowskie Przedmieście 7, Poland. Our banker: Bank Handlowy S. A., Warszawa, Poland.

Tylko prenumerata zapewnia regularne otrzymywanie czasopisma

## SPIS TREŚCI

Michał Heller — Jak Einstein stworzył ogólną teorię względności? . . . . .	3
Ernst Ruska — Rozwój mikroskopu elektronowego i elektronowej mikroskopii (tłum. Elżbieta Mizera i Jerzy Morawiec) . . . . .	23
RÓŻNE	
Krzysztof Ernst — Włoskie Towarzystwo Fizyczne . . . . .	37
WSPOMNIENIA — ROCZNICE	
Józef Hurwic — Ernest Rutherford (1871-1937). W 50-lecie śmierci . . . . .	41
NOWOŚCI NAUKOWE	
Knut Urban, Peter Kramer, Manfred Wilkens — Kwazikryształy (tłum. Jerzy Gronkowski) . . . . .	55
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI . . . . .	69
RECENZJE . . . . .	75
LIST DO REDAKCJI . . . . .	79
KRONIKA . . . . .	81

## CONTENTS

M. Heller — How did Einstein Create the General Theory of Relativity? . . . . .	3
E. Ruska — The Development of the Electron Microscope and of Electron Microscopy . . . . .	23
MISCELLANEA	
K. Ernst — The Italian Physical Society . . . . .	37
RECOLLECTIONS — ANNIVERSARIES	
J. Hurwic — Ernest Rutherford (1871-1937) — on the 50th Anniversary of his Death . . . . .	41
SCIENTIFIC NEWS	
K. Urban, P. Kramer, M. Wilkens — Quasicrystals . . . . .	55
MEETINGS AND CONFERENCES . . . . .	69
REVIEWS . . . . .	75
LETTER TO THE EDITOR . . . . .	79
CHRONICLE . . . . .	81