

Polskie Towarzystwo Przyrodników
im. KOPERNIKA

KOSMOS

Seria B
PRZYRODA NIEOŻYWIONA



ROK I

ZESZYT I

WARSZAWA 1955

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

POLSKIE TOWARZYSTWO PRZYRODNIKÓW
Im. KOPERNIKA

K O S M O S

Seria B: PRZYRODA NIEOŻYWIONA



ROK I

WARSZAWA 1955

ZESZYT 1

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

Redaktor Naczelny
LEOPOLD INFELD

Zastępca Red. Naczelnego
KAZIMIERZ MASŁANKIEWICZ

Członek Komitetu Redakcyjnego
JÓZEF HURWIC

Sekretarz Redakcji
WŁODZIMIERZ KOŁOS

Adres Redakcji: Warszawa, ul. Hoża 69

PANSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE — DZIAŁ CZASOPISM
Warszawa, Krakowskie Przedmieście 79

Nakład 2835 + 101	Oddano do składania 27.XII.54	
Ark. wyd. 10,3, ark. druk. 7,75	Podpisano do druku 24.III.55	
Pap. druk. sat. kl. V, 70 g 70 x 100/16	Druk ukończono w marcu 1955	
Cena zł 9.—	Zamówienie 11	B-6-2650

Stł. Drukarnia Naukowa, Warszawa, Śniadeckich 8

OD REDAKCJI

Przystępując do wydawania „Kosmosu” poświęconego przyrodzie nieożywionej, redakcja stawia sobie dwa cele: pierwszy — przedstawienie zagadnień nauki współczesnej od matematyki i fizyki, poprzez chemię, mineralogię do nauk o Ziemi — wszystko to na wysokim poziomie popularyzacyjnym; drugi cel to stworzenie terenu dla dyskusji ideologicznej podstawowych zagadnień nauki.

Zdajemy sobie sprawę z trudności, na jakie natkniemy się w naszej pracy. Tylko dobrzy pracownicy nauki potrafią dobrze popularyzować naukę; niestety często uważają oni, że popularyzacja jest stratą czasu, zajęciem uwłaczającym ich godności. Ten pogląd musimy przełamać i to jest bodaj pierwsze nasze zadanie. Drugie zadanie — może jeszcze trudniejsze — to stworzenie terenu dyskusyjnego. Czas, aby pracownicy nauki sami zaczęli dyskutować nad zastosowaniem metod materializmu dialektycznego do ich specjalności, a nie pozostawiali monopolu na takie dyskusje filozofom. Dlatego też wszelkie próby ujęcia podstaw ideologicznych poszczególnych dziedzin nauki będą powitane przez redakcję z wielką życzliwością.

Pierwszy zeszyt „Kosmosu” jest poświęcony XX rocznicy śmierci Marii Skłodowskiej-Curie. Artykuły do tego zeszytu są zaczerpnięte głównie z sesji naukowej Polskiej Akademii Nauk, która odbyła się w dniach 6, 7 i 8 października 1954 r. w Warszawie. W pierwszym dniu sesji, poza przemówieniami powitalnymi, wygłoszony został przez profesora Ł u k a s z c z y k a referat pt. „Znaczenie prac Marii Skłodowskiej-Curie dla medycyny”. Niestety przyjazd Pani Ireny J o l i o t - C u r i e był opóźniony, wobec czego jej referat o życiu i twórczości Marii S k ł o d o w s k i e j - C u r i e odbył się drugiego dnia sesji. Ostatni dzień sesji był zorganizowany przez Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk. W dniu tym zostały wygłoszone referaty przez profesorów: Irenę J o l i o t - C u r i e, R o s e n f e l d a, D a n y s z a i R a y s k i e g o. Referat prof. B r o d y rozdano zebrany, gdyż niestety autor nie mógł przyjechać.

Uważaliśmy, że sesja ta znakomicie nadaje się jako materiał do pierwszego zeszytu „Kosmosu”, ponieważ referaty omawiające zastosowanie zjawisk promieniotwórczości poruszają zagadnienia fizyki, chemii, geolo-

gii i medycyny. Referaty podzieliliśmy w ten sposób, że w pierwszej grupie znalazły się te, które mówią o osobie Marii Skłodowskiej-Curie, a w drugiej referaty naukowe.

W tym zeszycie jeszcze niestety Czytelnik nie znajdzie dyskusji ideologicznych. Dołożymy wszelkich starań, aby znalazł on je w zeszytach następnych. Zależy to jednak w wysokiej mierze od autorów, których gorąco o współpracę prosimy.



Jan Dembowski

PRZEMÓWIENIE INAUGURUJĄCE SESJĘ NAUKOWĄ PAN
POŚWIĘCONĄ MARIII SKŁODOWSKIEJ-CURIE
W 20 ROCZNICĘ JEJ ŚMIERCI

Otwieram uroczystą sesję naukową Polskiej Akademii Nauk z okazji 20 rocznicy śmierci Marii Skłodowskiej-Curie.

Witam przedstawicieli Rządu Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej.

Witam na ziemi polskiej, w kraju ojczystym Wielkiej Uczonej, w Jej mieście rodzinnym — Warszawie — naszych drogich gości i przyjaciół z zagranicy.

Ze szczególną serdecznością i wzruszeniem witam Irenę Joliot-Curie, której obecność na dzisiejszej sesji Polskiej Akademii Nauk posiada wymowę symbolu.

Dzieło bowiem Marii Skłodowskiej-Curie i Piotra Curie przekazane następnym pokoleniom z wiarą w szczęśliwą przyszłość ludzkości, dzieło rozwijane dzisiaj przez postępowych uczonych całego świata i wykorzystywane przez ludy, jest przecież najpełniej reprezentowane i najhojniej wzbogacane życiem, pracą i walką Ich Córkę i Zięcia — Ireny i Fryderyka Joliot-Curie.

*

I kiedy analizować będziemy w toku naszych obrad całość osiągnięć naszej Wielkiej Rodaczki dla postępu nauki i dobra ludzkości, ta bezpośrednia ciągłość dzieła i ideałów Rodziny Curie nierozzerwalnie spleciona z najpiękniejszą tradycją geniuszu ludzkiego będzie dla nas drogowskazem, jak w naszej epoce, pełnej walk i osiągnięć, spełniać szlachetny obowiązek uczonego, patrioty i bojownika.

Dumni jesteśmy, że niezachwiana wiara Marii Skłodowskiej-Curie w humanistyczny sens własnej pracy, w społeczne postannictwo uczonego, czerpała swą siłę z tradycji życia i pracy ludu polskiego. Wyniosła ją bowiem Maria Skłodowska z demokratycznych ideałów domu rodzinnego i z postępowych ideałów nauki polskiej.

„Wyrósłszy w atmosferze patriotyzmu, który z powodu ucisku, w jakim żyła Polska, ciągle wzrastał, pragnęłam — pisała w swych pięknych wspomnieniach o Piotrze Curie — podobnie jak większość młodzieży mego rodzinnego kraju — oddać wszystkie swe siły walce o zachowanie ducha narodowego“.

I kiedy w latach młodości brała czynny udział w konspiracyjnej pracy samokształceniowej w kraju, kiedy następnie rozwijała działalność

oświatową wśród dzieci wiejskich, czyniła to przede wszystkim z myślą o wyzwoleniu ludu polskiego, pozbawionego, wskutek ucisku narodowego i społecznego, dostępu do nauki. W ludzie polskim upatrywała przyszłość narodu i rozkwit kultury, pisząc z gorzkim wyrzutem:

„Czy możemy bez głębokiego bólu myśleć o tym najgorszym ze wszystkich marnotrawstwie, o niepowetowanym trwonieniu najcenniejszych dóbr narodu — geniuszu, sił i zapału jego najlepszych dzieci“.

Maria Skłodowska, pozbawiona w kraju w okresie niewoli możliwości i warunków do pracy naukowej, żyła i pracowała we Francji. Tam dokonała wraz z mężem, Piotrem Curie, znakomitych odkryć z dziedziny promieniotwórczości naturalnej, które zapoczątkowały nową erę w nauce o budowie materii.

Cechą wielkości ludzkich osiągnięć jest to, że żyją wiecznie w powszechnej tradycji i dorobku poznawczego ludzkości.

Na ciągłość tej tradycji składają się samorodne procesy rozwojowe nauki poszczególnych narodów, wzajemnie wpływające i oddziaływające na siebie.

Dzieło Marii i Piotra Curie, którego znaczenie dla postępu nauki i naukowego poglądu na świat potwierdza dzisiaj wspaniały rozwój fizyki atomowej i wiele innych gałęzi wiedzy wyrosło z tradycji i wzbogaca dorobek zarówno nauki francuskiej, jak i polskiej.

W tych oto murach działacz i myśliciel polskiego Oświecenia Stanisław Staszic wskazywał na nierozzerwalny związek nauki z życiem narodu głosząc: „Umiejętności dopotąd są jeszcze próżnym wynalazkiem... dopokąd nie są zastosowane do użytku narodu“.

Z tej postępowej tradycji nauki polskiej, tak ściśle splecionej z tradycją nauki francuskiej, czerpała Maria Skłodowska-Curie swoje ideały uczonego i patrioty — żywego uczestnika walk i zmagañ swojej epoki.

Trwała i czujna pamięć o kraju ojczystym i troska o wykorzystanie odkryć dla dobra ludzkości towarzyszyły Jej do końca życia.

Znalazła ona wyraz w nazwaniu pierwszego z odkrytych pierwiastków promieniotwórczych — polonem, kazała włożyć maksimum wysiłku i inicjatywy w zorganizowanie we Francji instytutów radiologicznych.

Dzięki Jej pomocy powołana została w roku 1913 pracownia radiologiczna przy Towarzystwie Naukowym Warszawskim. W kilkanaście lat później, gdy substancje promieniotwórcze znalazły szerokie zastosowanie w medycynie, Wielka Uczona rozpoczęła starania o stworzenie w Polsce specjalnego instytutu badawczego do walki z rakiem. Trudne to zadanie — wobec zupełnej obojętności państwa przedwrześniowego dla potrzeb nauki — zostało przecież zrealizowane dzięki bezpośredniej pomocy Marii Curie i ofiarności społeczeństwa polskiego i przyjaciół na całym świecie. W roku 1932 w jej obecności otwarty został w Warszawie Instytut Radowy.

Doszczętnie spalony w czasie powstania warszawskiego Instytut Radowy został nie tylko całkowicie odbudowany, ale także znacznie rozbudowany i bogato wyposażony w urządzenia techniczne, niezbędne dla nowoczesnego promieniolecznictwa. Przemianowany w roku 1951 na Instytut Onkologii im. Marii Skłodowskiej-Curie, stał się zakła-

dem badawczym prowadzącym nie tylko własne prace naukowe i lecznicze, ale organizującym walkę z rakiem na terenie całego kraju. Powstały liczne zakłady leczenia nowotworów w Gliwicach, Gdańsku, Poznaniu, Krakowie, a w toku organizacji są ośrodki onkologiczne we Wrocławiu i Białymstoku.

Tak oto Państwo Ludowe realizuje marzenia uczonej, która wypowiedziała kiedyś słowa: „Jakże słodko jest pomyśleć, że nasze odkrycie może posłużyć ku uldze cierpiącej ludzkości“.

Maria i Piotr C u r i e zapatrzeni w swoje dzieło nie opatentowali żadnej ze swych metod otrzymywania i oczyszczania preparatów promieniotwórczych. Ogłaszali drukiem zarówno wyniki swych badań, jak pełne opisy procesów fabrykacyjnych, udzielając uczonym i przemysłowcom jak najdokładniejszych informacji technicznych.

„Rad jest pierwiastkiem chemicznym, własnością wszystkich ludzi“ — oto ich hasło — tym zaś, których dziwiła ich bezinteresowność, Piotr C u r i e odpowiedział: „Jeżeli rad ma służyć jako środek leczniczy, to tym bardziej nie wydaje mi się możliwe, abyśmy na nim zarabiali“.

Tę najszlachetniejszą bezinteresowność i najdoskonalszą dobroć przeciwstawili Maria i Piotr C u r i e obojętności państwa i klas posiadających dla potrzeb nauki.

„Cóż ofiarowuje nasze społeczeństwo uczonym w zamian za ich godną podziwu ofiarę z samych siebie i za ich wspaniałe usługi, jakie oddają ludzkości? — pisała Maria C u r i e w 1924 roku. Czy ci ludzie w służbie idei rozporządzają przynajmniej niezbędnymi środkami do pracy? Przykład Piotra C u r i e i tylu innych wskazuje, że nic podobnego i że najczęściej w celu zdobycia możliwych warunków pracy trzeba najpierw zużyć swoją młodość i siły w ciągłym zmaganiu się z codziennymi kłopotami... Nasze społeczeństwo, w którym panuje żądza luksusu i bogactwa — dodawała z goryczą — nie rozumie wartości nauki. Ani władza publiczna, ani dobroczynność prywatna nie udzielają obecnie nauce i uczonym dostatecznego poparcia oraz pomocy finansowej do zapewnienia wydajnej pracy“.

A jeśli świat, którego hasłem jest zysk, zysk za wszelką cenę, udzielał poparcia bezinteresownym wysiłkom uczonych, to czynił to nie w imię postępu i szczęścia narodów, lecz w imię ich ujarzmienia i eksploatacji.

Odkrycia i wynalazki — owoce geniuszu ludzkiego zmieniały się w rękach właścicieli monopolu na brzęczącą monetę, a w rękach polityków wojny i zaboru stawały się strasliwym narzędziem zniszczenia.

Przed tymi zbrodniczymi zakusami przestrzegał ludzkość Piotr C u r i e, przemawiając w 1905 roku w Sztokholmie na uroczystości wręczenia jemu i żonie nagrody Nobla, przyznanej im wraz z Henrykiem B e c q u e r e l e m za odkrycie promieniotwórczości naturalnej, które zapoczątkowały epokę tak zwanej energii atomowej. „Silne materiały wybuchowe — mówił wówczas — pozwoliły dokonać ludziom prac godnych podziwu, ale są one równocześnie strasliwym narzędziem zniszczenia w rękach wielkich zbrodniarzy, którzy wciągają narody w wojny“.

Mimo smutnych doświadczeń ostatniej wojny światowej niebezpieczeństwo to odżywa znowu w najnowszych eksperymentach broni atomowej.

Wybuch bomby wodorowej w rejonie Wysp Marshalla, tragiczna śmierć radiotelegrafisty japońskiego — pierwszej ofiary tej bomby — wstrząsnęły sumieniem narodów, uświadomiły niebezpieczeństwo samounicestwienia i zrodziły powszechną wolę samoobrony.

Wiara Marii i Piotra Curie w twórcze wykorzystanie odkryć i osiągnięć nauki dla dobra ludzkości znajduje dziś oddźwięk nie tylko w umysłach i sumieniu uczonych, ale i w sercach milionów ludzi na całym świecie. Staje się ona dzisiaj siłą materialną zdolną uchronić świat przed nową katastrofą.

Wiara ta wciela się w życie na $\frac{1}{5}$ globu ziemskiego, w krajach obozu pokoju i socjalizmu. Tą samą wiarą natchnieni, z pełnym poświęceniem i świadomością służąc cywilizacji walczą o humanistyczne posłannictwo nauki wielcy uczeni krajów kapitalistycznych.

I nie jest rzeczą przypadku, że wielki uczony francuski Fryderyk Joliot-Curie, kontynuator dzieła i ideałów Marii i Piotra Curie, pierwszy stos atomowy, wybudowany we Francji w 1948 roku dla prowadzenia badań nad rozszczepianiem atomów nazwał „Zoe”, co znaczy: „Życie”.

Mianowany Wysokim Komisarzem do Spraw Energii Atomowej oddał wszystkie swe siły i zdolności rozwiązywaniu problemu pokojowego zastosowania energii atomowej, oświadczając publicznie: „Jeśli jutro zażądają od nas, abyśmy pracowali dla celów wojennych, abyśmy robili bomby atomowe, odpowiemy: n i e”.

Składając dzisiaj hołd Marii Skłodowskiej-Curie, naród polski i nauka polska czczą Jej pamięć realizacją Jej ideałów i marzeń w budownictwie socjalistycznym, w którym nauka staje się podstawą i regulatorem życia społecznego i gwarancją szczęścia i dobrobytu ludzi pracy. Naród polski i nauka polska budując nowe życie we własnym kraju czczą pamięć Wielkiej Uczzonej walką o pokój i szczęście wszystkich narodów.

Otwierając sesję naukową Polskiej Akademii Nauk w 20 rocznicę śmierci Marii Skłodowskiej-Curie, wierzymy, że przyczyni się ona do zacieśnienia międzynarodowej współpracy ludzi nauki, którzy piękno i trud naukowego wysiłku poświęcają — tak jak Maria i Piotr Curie, tak jak Irena i Fryderyk Joliot-Curie — dziełu wyzwolenia człowieka, jego szczęściu i rozwojowi.

Irena Joliot-Curie

ŻYCIE I DZIEŁO MARII SKŁODOWSKIEJ-CURIE

Imię Marii Skłodowskiej-Curie wiąże się w umyśle większości jej wielbicieli jedynie z odkryciem polonu i radu. W istocie odkrycie to, dokonane wspólnie z Piotrem Curie, będąc wprawdzie ich najważniejszym osiągnięciem naukowym, jest jedynie częścią dzieła każdego z tych dwóch uczonych. Piotr Curie był już poprzednio uczonym znanym ze swych prac o podstawowym znaczeniu w innych dziedzinach fizyki. W przypadku Marii Skłodowskiej-Curie, która w chwili swego małżeństwa była jeszcze studentką, można by powiedzieć, że odkrycie pierwiastków promieniotwórczych było jej pierwszą pracą naukową, jednak opinia o niej jako uczoney ustaliła się nie tylko na podstawie tego wspaniałego osiągnięcia, lecz złożyły się na nią wyniki całego życia poświęconego pracy nad rozwojem nauki o promieniotwórczości.

Odkrycie polonu i radu zostało dokonane w ciągu jednego roku, a wyniki najbardziej błyskotliwe, które wskazywały na początek nowej nauki, nauki o promieniotwórczości, zostały otrzymane w ciągu kilku następnych lat. Jednakże dzieło Marii Curie nie zawiera się w tym krótkim okresie: trzeba go szukać w wielu latach cierpliwej pracy, której plonem był nie tylko postęp naukowy, ale także stworzenie wielkiego zakładu badawczego, gdzie pracowali liczni jej uczniowie. Tradycja naukowa rozwinięta we Francji przez Marię Curie umożliwiła nie tylko rozkwit naszych własnych badań, ale wydała również owoce w wielu pracowniach naukowych za granicą.

Gdy Maria Skłodowska, młoda polska studentka kończąca swe studia uniwersyteckie w Paryżu, zgodziła się pozostać we Francji, by poślubić Piotra Curie, oboje widzieli w tym związku zarówno radość wspólnej pracy, jak również radość wspólnego życia w rodzinie. Piotr Curie był już wtedy znanym badaczem dzięki podstawowym badaniom nad magnetyzmem i rozważaniom nad symetrią w zjawiskach fizycznych. Maria właśnie uzyskała licencjat i przygotowywała się do rozpoczęcia pracy naukowej. Początkowo robi ona pracę nad magnetyzacją stali hartowanej, później Piotr i Maria wspólnie poszukują tematu interesującej pracy, która mogłaby być pracą doktorską. W tych poszukiwaniach uwagę ich przyciąga nowe, niedawno odkryte przez Henryka Becquerela, zjawisko samoistnej emisji promieniowania jonizującego przez uran.

Maria Curie rozpoczęła badanie tego zjawiska w grudniu 1897 r. i w kilka miesięcy później przyłączył się do niej Piotr Curie. Trzy małe notatniki laboratoryjne, zaczynające się w grudniu 1897 r. i kończące

się w lipcu 1899 r., pozwalają prześledzić historię ich ścisłej współpracy w odkryciu polonu i radu. W ciągu początkowych miesięcy pracy, na stronach pierwszego notatnika, widać wyraźne i porządne pismo mojej matki, a od czasu do czasu, na marginesie, można zauważyć uwagi skreślone niedbałym piśmem mego ojca lub jakąś krzywą czy wyniki kilku pomiarów zrobionych przez niego, które wskazują, z jakim stałym zainteresowaniem śledził on tę pracę. Po pomiarach aktywności uranu widać na kartkach notatnika pomiary dla najróżniejszych substancji wziętych pewnie przypadkowo z tych, które znajdowały się w laboratorium, później pomiary rud uranowych, których anomalnie duża aktywność pozwalała przypuszczać istnienie nie znanych pierwiastków promieniotwórczych, a jeszcze później pomiary aktywności toru. W tym czasie ojciec mój dołączył się do parcy i wspólnie z matką prowadził ją dalej. Teraz widać oba ich charakterystyczne pisma, występujące na sąsiednich stronach notatnika, czasem nawet na tej samej stronie i pozwalające śledzić ich ścisłą współpracę w chemicznej przeróbce surowców, jak również w pomiarach promieniotwórczości.

W lipcu 1898, zaledwie w sześć miesięcy od rozpoczęcia ich badań, Piotr i Maria Curie, ogłosili odkrycie polonu, a w grudniu 1898 odkrycie radu. Jednak w ich preparatach pierwiastki te występowały jedynie w znikomo małych ilościach.

W biografii Piotra Curie moja matka napisała:

„Pomimo tych postępów — stosunkowo szybkich — daleko było do ukończenia pracy. Byliśmy głęboko przekonani, że w smółce uranowej były nowe pierwiastki; aby jednak to przypuszczenie zostało przyjęte przez chemików, trzeba było pierwiastki owe wydzielić. Otóż w otrzymanych przez nas najsilniej radioaktywnych produktach (kilkaset razy aktywniejszych od uranu) znajdowaliśmy dopiero ślady polonu i radu; polon był w połączeniu z bizmutem, wyodrębnionym ze smółki uranowej, a rad towarzyszył wydobytemu z tego minerału barowi.

Wiedzieliśmy już, jakimi metodami będzie można oddzielić polon od bizmutu, a rad od baru, ale to wydzielenie wymagało bez porównania większych ilości surowców niż te, które przetwarzaliśmy dotąd.

W tym okresie naszej pracy niesłychanie dawał się we znaki brak odpowiednich warunków: brak lokalu, pieniędzy i personelu. Koszty przetwarzania pokrywaliśmy początkowo z własnych środków, następnie otrzymaliśmy kilka subwencji i pewną pomoc z zewnątrz.

Najważniejsza była kwestia pomieszczenia. Nie mieliśmy gdzie wykonywać większych operacji chemicznych. Trzeba je było urządzić w opuszczonej szopie, oddzielonej podwórzem od pracowni, w której znajdowała się nasza instalacja elektrometryczna. Była to szopa z desek, o cementowej podłodze i oszklonym dachu przez który miejscami przeciekał deszcz, pozbawiona wszelkich przyrządów. Całe urządzenie składało się ze zniszczonych drewnianych stołów, żelaznego pieca dającego ciepło bardzo niedostateczne i z tablicy, na której Piotr C u r i e tak chętnie pisał i rysował. Nie było tam wyciągu dla robót, przy których wydzielają się szkodliwe gazy — trzeba było zatem wykonywać takie prace na podwórzu, gdy pogoda na to pozwalała. Podczas deszczu musieliśmy je przeprowadzać w szopie przy otwartych oknach.

W tym przypadkowym laboratorium pracowaliśmy — niemal bez pomocy — przez dwa lata, zajmując się wspólnie zarówno robotą chemiczną, jak i naukowymi

badaniami nad promieniowaniem coraz to silniej radioaktywnych produktów, które stopniowo otrzymywaliśmy. Wkrótce musieliśmy podzielić się pracą: Piotr Curie w dalszym ciągu prowadził badania nad własnościami radu, ja — prace chemiczne nad wydobyciem czystych jego soli. Przerabiałam do 20 kg substancji na raz. Musieliśmy napełniać naszą szopę wielkimi naczyniami zawierającymi ciecze i osady”.

Jednak nawet w czasie tej wspólnej pracy, zanim Piotr Curie zajął się stroną fizyczną badań, można się domyślić, że to właśnie moja matka nie posiadając pomocy, bez pieniędzy, bez przyrządów i mając jedynie szopę jako pracownię nie obawiała się podjąć tak śmiałego przedsięwzięcia, jakim było przerobienie wielu kilogramów rudy czy pozostałości smółki uranowej w celu skoncentrowania i wydzielenia radu. Piotra Curie pociągały przede wszystkim pasjonujące zagadnienia stawiane fizykom przez zjawisko emisji tajemniczego promieniowania wysyłanego przez te nowe substancje oraz trudności interpretacji powstające w badaniach nad przechodzeniem tego promieniowania przez materię. Natomiast Maria Curie pragnęła zobaczyć czystą sól radu, zmierzyć jego ciężar atomowy i pracując uparcie w tym kierunku zaspokoila nie tylko swoje własne pragnienie, lecz także wszystkich wątpiacych przekonała bezpośrednio o rzeczywistym istnieniu nowych pierwiastków.

W latach, które nastąpiły po odkryciu polonu i radu, Piotr i Maria Curie zawzięcie pracowali dalej, cały czas walcząc z coraz większymi trudnościami związanymi z jednej strony z nie wystarczającymi środkami własnymi na pokrycie kosztów badań, jak również z brakiem odpowiednich warunków pracy. W końcu Piotr Curie został wykładowcą P.C.B. i otrzymał małe laboratorium, jednak w dalszym ciągu nie wystarczające.

W r. 1903 Akademia Szwedzka przyznała Piotrowi i Marii Curie, wspólnie z Henrykiem Becquerellem, nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki; było to dla nich początkiem sławy. To szczęśliwe zdarzenie położyło wprawdzie kres ich trudnościom finansowym, lecz bardzo zakłóciło pracę przez różnego rodzaju wizyty, listy i podobne sprawy. Później Piotr Curie otrzymał wreszcie stanowisko profesora i mógł powiększyć trochę swoje laboratorium, lecz niestety nie było mu danym skorzystać z tego. Jego wspaniałe twórcze życie zostało brutalnie przerwane w chwili, gdy warunki życia i pracy zaczęły się poprawiać.

Wydział Nauk Przyrodniczych (Faculté des Sciences) Uniwersytetu w Paryżu zaproponował mojej matce zastąpienie Piotra Curie na stanowisku profesora. Była to śmiała inicjatywa w ówczesnej epoce, kiedy nawet studentek tak mało było na uniwersytecie i kiedy nie myślano wcale, że kobiety mogą zajmować jakieś stanowiska w szkolnictwie wyższym. Maria Curie zgodziła się, uważając za swój obowiązek prowadzić dalej wspólne dzieło i w rezultacie musiała wykładać, kierować laboratorium a także zajmować się wychowaniem swoich dwóch córek; ja miałam wtedy 8 lat, a moja siostra Ewa była jeszcze niemowlęciem.

Prowadząc dalej swe badania głównie nad otrzymywaniem czystego radu i oznaczeniem jego ciężaru atomowego Maria Curie kierowała jednocześnie pracami z fizyki i chemii kilku uczniów, których mogła przyjąć do swojego małego laboratorium. W tym zadaniu pomagał mej

matce Andrzej Debierné, jej współpracownik, a nasz drogi przyjaciel.

W 1910 r. ogłosiła ona książkę pod tytułem *Promieniotwórczość*, przeznaczoną dla pracowników laboratorium, książkę, w której ówczesna znajomość promieniotwórczości podana jest z wielką ilością szczegółów doświadczalnych i odnośników bibliograficznych. Książka ta stanowi obecnie ciekawy dokument ewolucji nauki o promieniotwórczości na początku obecnego wieku.

W 1910 r., gdy Maria Curie była kandydatką do Akademii Nauk, przeфорsowano kandydaturę Br a n l y 'ego, gdyż przeciwko niej antyfeminiści i koła klerykalne przeprowadziły gwałtowną nagonkę. Nie przedstawiła już nigdy więcej swej kandydatury mając bardzo przykre wspomnienie z wizyt złożonych akademikom w czasie swego kandydowania, kiedy okazało się, że tytuły naukowe mają o wiele mniejsze znaczenie niż wszystkie inne względy. Została ona członkiem wielu akademii zagranicznych, lecz nigdy Francuskiej Akademii Nauk. Akademia Medycyny wybrała ją swym członkiem w 1922, niestety z powodu braku czasu nie brała ona często udziału w obradach, pomimo interesowania się rozważanymi tam zagadnieniami, które wykazywały nieraz ścisły związek między wielkimi problemami medycznymi i socjalnymi. Wydawało się jej, że lekarze, bez względu na ich przekonania polityczne, zawsze rozumieli, już ze względu na swój zawód, pewne rzeczywiste aspekty zagadnień społecznych.

Bardzo ciężki okres w życiu mej matki był około roku 1910. Umarł mój dziadek, co było dla niej powodem smutku i dodatkową przyczyną kłopotów, aby zastąpić jego czułą i inteligentną opiekę, którą otaczał moja siostrę i mnie. Do kampanii politycznej prowadzonej przeciwko niej w związku z kandydaturą do Akademii dołączyła się oszczercza kampania dotycząca jej życia prywatnego. Tymczasem Szwedzka Akademia Nauk przyznała jej po raz drugi nagrodę Nobla, tym razem w dziedzinie chemii, i to odznaczenie było dla niej specjalnie cenne w tym tak trudnym okresie. Niedługo potem zdrowie jej, które już od jakiegoś czasu budziło obawy, nagle załamało się. Z powodu ciężkiej i groźnej dla życia choroby nerek musiała się poddać poważnej operacji i dopiero po długim okresie rekonwalescencji odzyskała zdrowie. Pomogła jej w tym sympatia i przywiązanie przyjaciół: jej siostra Bronia przyjechała z Polski, żeby się nią zająć, Andrzej Debierné odwiedzał często nasz dom, przychodzili także fizyk Jan Perrin z żoną Henryką, którzy byli naszymi sąsiadami gdy zamieszkivaliśmy domek przy bulwarze Kellermana, pani Ch a v a n e s, matematyk Emil Borel i jego żona Małgorzata, mój wuj Jakub Curie, uczona angielska pani A y r t o n i wielu innych.

Maria Curie włożyła wiele wysiłku, aby otrzymać laboratorium odpowiednie dla rozwoju nowej nauki o promieniotwórczości. Na koniec postanowiono utworzyć Instytut Radowy składający się z Laboratorium Curie dla badań fizycznych i chemicznych i z Laboratorium Pasteura dla badań biologicznych i medycznych. Przewidując olbrzymie znaczenie tej nowej dziedziny nauki, Maria Curie starała się, niestety bez skutku, żeby Instytut ten wybudowano na przedmieściu, na terenie dostatecznie obszernym, pozwalającym w przyszłości na dalszy rozwój.



Irena Joliot-Curie wygłasza referat o życiu i dziele
Marii Skłodowskiej-Curie.

W rzeczywistości jednak wszystko zostało zbudowane zbyt małe i już prawie w chwili oddania do użytku laboratorium po pierwszej wojnie światowej, okazała się konieczna dalsza jego rozbudowa; ale nawet ta niedostateczna rozbudowa została zatrzymana przez budowę laboratoriów innych specjalności. Wynikły stąd niekończące się trudności zarówno dla fizyki i chemii, jak i dla biologii i medycyny, jako rezultat braku przewidywania i ciasnoty poglądów władz państwowych zarówno w tym okresie, jak i później.

Tymczasem jednak Instytut Radowy, pomimo swych zbyt małych pomieszczeń, odegrał wielką rolę w rozwoju promieniotwórczości i zastosowań pierwiastków promieniotwórczych w lecznictwie. Pod kierownictwem prof. R e g a u d zostały ustalone podstawy zastosowań promieniowania w leczeniu raka, a Laboratorium Curie stanowiło centrum badań, które przyczyniło się pośrednio lub bezpośrednio do wykształcenia prawie wszystkich badaczy francuskich w dziedzinie promieniotwórczości i fizyki jądrowej. Budowę Laboratorium Curie zakończono w momencie wybuchu pierwszej wojny światowej i matka moja sama z jednym laborantem musiała zrobić przeprowadzkę przyrządów, które znajdowały się w kilku izbach na ulicy Cuvier. Miałam wtedy 17 lat i właśnie zdałam maturę. Matka zmobilizowała mnie do przewożenia przyrządów dorożką do nowych pomieszczeń, do pomocy przy porządkowaniu publikacji (będących w wielkim nieładzie), które tworzyły bibliotekę, oraz próbek rud promieniotwórczych.

Od pierwszych miesięcy wojny matka zauważyła, że przyrządy rentgenowskie, wówczas już dosyć często używane przez lekarzy cywilnych, były prawie nie znane w wojskowej służbie zdrowia. A więc z tą samą energią, z jaką zdecydowała się przerabiać tony rudy bez żadnych środków materialnych, teraz postanowiła zdobyć przenośne aparaty i zaopatrzyć w nie samochody prześwietlać rannych. Udało jej się otrzymać prywatne dary pieniężne konieczne dla zakupienia aparatów. Otrzymała ona również duże samochody ciężarowe, osobowe i turystyczne, które zostały przystosowane do przewożenia aparatów. Przewyciężyła trudności czynione przez administrację wojskową i zapewniła, dzięki pomocy kilku ochotników, tymczasową obsługę szpitali przyfrontowych, szkoląc jednocześnie odpowiedni personel do badania złamań oraz wykrywania kul i odłamków promieniami Roentgena, tj. metodą prawie nie znaną w owym czasie większości lekarzy zarówno cywilnych, jak i wojskowych. Od jesieni 1914 pierwsze samochody rozpoczęły służbę.

W książce o charakterze raczej technicznym: *Radiologia i wojna*, wydanej w roku 1920, Maria Curie opisuje pracę tych ruchomych rentgenowskich ambulansów i wspomina swoje osobiste doświadczenia z tej pracy:

„Powierzono mi kierowanie rentgenowską służbą Czerwonego Krzyża (UFF); a oprócz tego z ramienia Opieki Narodowej nad Rannymi podjęłam pracę utworzenia, na koszt tej organizacji, urzędzeń rentgenowskich tam wszędzie, gdzie były one konieczne potrzebne. W tym celu dokonałam licznych podróży przewożąc urządzenia rentgenowskie samochodami lub koleją i uczestnicząc w ten sposób w ogólnym wysiłku tych pierwszych lat wojny. Podróże te połączone były przeważnie z instalowaniem tymczasowo lub na stałe aparatów rentgenowskich i badaniem rannych danego obszaru. Prócz tego pozwalały one zdobyć informacje o najkonieczniejszych potrzebach danego obszaru oraz właściwych środkach dla poprawienia sytuacji.

Łatwo było stwierdzić, w szczególności, że prawie zawsze brakowało odpowiedniego personelu. Trzeba było własnymi środkami instalować aparaty, a gdy to już było zrobione, prawie zawsze trzeba było wyjaśniać ich działanie we wszystkich szczegółach bądź to lekarzowi, bądź też jakiemuś inteligentnemu laborantowi, który przy dobrych chęciach, za cenę wytężonej pracy, szybko opanowywał tę nową dla niego technikę”.

Później służba zdrowia posiadała już aparaty rentgenowskie, lecz ciągle brakowało odpowiedniego personelu. Moja matka zorganizowała w Laboratorium Curie szkołę pielęgniarek rentgenowskich, w której seriami po 15 uczennic wykształciło się wiele pielęgniarek do samodzielnej pracy radiologicznej w czasie wojny; w tej szkole ja prowadziłam ćwiczenia.

Po wojnie kilku dawnych pracowników z ulicy Cuvier powróciło do Laboratorium Curie, przybyli nowi pracownicy i szybko powstało czynne centrum naukowe skupiające licznych badaczy.

Od dzieciństwa miałam zawsze zamiar pracować naukowo z moją matką. W ten sposób zupełnie naturalnie kontynuowałam pracę w laboratorium, w którym już poprzednio pomagałam ustawiać przyrządy przeniesione z małego pomieszczenia na ulicy Cuvier. Podczas wojny w tym samym czasie, kiedy pracowałam w służbie rentgenograficznej, uzyskałam licencjat i prawie bezpośrednio potem rozpoczęłam moją pracę doktorską.

którą zakończyłam w 1925 r. Tymczasem właśnie w roku 1925 moja matka przyjęła jako asystenta Fryderyka Joliot, ucznia École de Physique et de Chimie, który został jej polecony przez L a n g e v i n a. Mniej więcej w rok potem byliśmy już zaręczeni i pobraliśmy się w październiku 1926 r.

Pomimo braku kredytów, co było ciągłym zmartwieniem i znaczną stratą czasu dla Marii Curie, liczba pracowników wzrosła do około 40 naukowców fizyków i chemików nie licząc mechaników oraz pracowników technicznych i co roku plonem ich pracy były liczne publikacje. Jednocześnie, jak było przewidziane przy organizowaniu Instytutu Radowego, rozwinęła się owocna współpraca naukowców z Laboratorium Pasteura i Laboratorium Curie w dziedzinie badań biologicznych.

Pomiędzy pracownikami było zawsze wielu obcokrajowców. Maria Curie uważała za swój obowiązek podniesienie autorytetu intelektualnego Francji i przyjmowała do laboratorium uczonych wysyłanych przez zagraniczne instytucje naukowe dla zapoznania się z promieniotwórczością. Jedni przyjeżdżali, żeby w ciągu kilku miesięcy opanować technikę radiochemii lub pomiarów aktywności, inni na pobyt kilkuletni i zrobienie pracy doktorskiej; wielu z tych ostatnich zostało później profesorami na uniwersytetach w swoich krajach. Przedstawiciele dwudziestu pięciu różnych narodowości przeszli przez Laboratorium Curie, a około roku 1933 aż 17 narodowości miało tam jednocześnie swych reprezentantów.

Przezwyciężając olbrzymie trudności materialne udało się Marii Curie jeszcze przed rokiem 1914 zebrać znaczną ilość, bo aż około 2 gramy radu, które oddała laboratorium, tak samo jak 1 gram radu, który jej został ofiarowany w 1921 r. przez kobiety amerykańskie. Później poświęciła ona nieustrudzone wysiłki dla otrzymania rzadkich substancji promieniotwórczych radu D, polonu, aktynu, jonu i protaktynu. Wielu przemysłowców służyło jej cenną pomocą albo dostarczając pozostałości z przeróbki rud zawierających substancje, które chciała wydobyc, albo też przeprowadzając według jej wskazówek przeróbkę tych odpadków. Później udało się jej doprowadzić do zbudowania w Arcueil filii Laboratorium Curie przeznaczonej do chemicznej przeróbki większych ilości substancji.

Te substancje promieniotwórcze posłużyły do wielu prac z fizyki i chemii. Właśnie dzięki dużej ilości polonu, którą mieliśmy do dyspozycji, mogliśmy, Fryderyk J o l i o t i ja, przeprowadzić badania, które doprowadziły do odkrycia neutronu i sztucznej promieniotwórczości. Pracując z preparatami aktynu P e r e y, współpracowniczka Marii Curie, odkryła w 1939 pierwszego znanego przedstawiciela pierwiastka 87, nazywanego przez nią fransem.

Wielką radością dla Marii Curie w ostatnich latach jej życia były sukcesy pracowników jej laboratorium: odkrycie subtelnej budowy promieni alfa przez R o s e n b l u m a w 1929 r., seria prac Fryderyka Joliot i moich, prac, które doprowadziły do odkrycia neutronu w 1932 r., w 1933 r. ważne wyniki badań elektronów dodatnich, a na początku 1934 r., odkrycie sztucznych pierwiastków promieniotwórczych. Byliśmy szczególnie szczęśliwi, mój mąż i ja, że nasze odkrycie tak dobrze uzupełniało odkrycie Piotra i Marii Curie.

Wielkim szczęściem dla mojej matki była myśl, że prawdopodobnie jedno z nas będzie kierować w przyszłości tym laboratorium, które ona stworzyła. W tym czasie nie wyobrażaliśmy sobie, że będziemy prowadzili każde z osobna inne laboratorium i że w ten sposób będziemy rozdzieleni w naszej pracy naukowej.

Moja matka, mimo iż dużo czasu musiała poświęcać na kierowanie laboratorium i przygotowywanie swych wykładów, nigdy nie przerywała pracy naukowej. Poświęciła ona dużo czasu różnym badaniom chemicznym, w szczególności badaniom metod koncentracji aktynu z lantanu zawierającego domieszkę aktynu, ale jednocześnie wykonała ona również trudne precyzyjne prace w dziedzinie fizyki. Z drugiej strony starała się zawsze być *au courant* wszystkich nowych zagadnień, prowadziła kajet bibliografii z krótszymi lub dłuższymi streszczeniami artykułów naukowych, jak również ze szczegółowymi badaniami niektórych zagadnień, zawsze z zastosowaniami liczbowymi, które zestawiała bardzo przejrzysto w swych kajetach. Często radziła się fizyka Pawła Langevina dyskutując z nim długo o teorii względności, zastosowaniach rachunku prawdopodobieństwa.

Wykład promieniotwórczości był dla Marii Curie przyczyną ciągłego kłopotu. Próbowала ona ująć ten bardzo obszerny temat o ile możliwości jak najbardziej wyczerpująco w czasie nie wystarczającym, gdyż nikt nie pomagał jej w tym wykładzie. Dlatego też napisała książkę przeznaczoną raczej dla studentów niż dla pracowników laboratorium, myślała bowiem, że opierając się na niej będzie mogła pominąć niektóre zagadnienia w swoich wykładach. Książka ta była zakończona w chwili jej śmierci, lecz została wydana dopiero kilka miesięcy później.

Maria Curie brała również czynny udział w konferencjach i komisjach naukowych we Francji i za granicą. Uczestniczyła w wielu zebraniach „Conseil Solvay“, które co pewien czas gromadziły w Brukseli około 30 wybitnych uczonych dla przedyskutowania współczesnych zagadnień fizyki i chemii. Była ona członkiem Komisji Wzorca Radowego, która zajmowała się zagadnieniami pomiarów i cechowania wzorców w dziedzinie promieniotwórczości; zagadnienia te żywo ją interesowały i ona to właśnie w 1911 r. przygotowała pierwszy międzynarodowy wzorzec radu, a następnie kierowała porównywaniem wtórnych wzorców przeznaczonych dla urzędów miar różnych krajów, przy czym sama przeprowadzała zawsze część pomiarów.

Brała także udział w komisji współpracy intelektualnej Ligi Narodów, która zbierała się zwykle w Szwajcarii w Genewie, czasem zaś w innych krajach. W posiedzeniach tej komisji brała udział bardzo regularnie, występując czynnie w zagadnieniach mających związek z rozwojem nauki. W szczególności zajmowała się dużo projektem prawa o „własności naukowej“. Piotr Curie i ona nie chcieli nigdy opatentować sposobu wydobywania radu i Maria uważała, że uczeni nie powinni zajmować się dochodzeniem swych praw, ale wydawało jej się oburzającym, że inni osiągalni znaczne zyski dzięki odkryciu naukowemu, gdy tymczasem uczony, który odkrycie to zrobił, pozostawał często w trudnych warunkach finansowych. Interesowała się również projektem stypendiów międzynarodowych dla badań naukowych. Projekty prawa o własności naukowej i sty-

pendiach międzynarodowych nie zostały zrealizowane, prawdopodobnie z powodu zbyt małej działalności praktycznej Ligi Narodów.

Marię Curie martwiły bardzo trudności pracowników naukowych w zdobyciu środków utrzymania; stypendia były nieliczne i o nie wystarczającej wysokości. Wielką dla niej ulgą było, gdy bogata Amerykanka, pani Carnegie, ofiarowała środki, które pozwoliły na subwencjonowanie w ciągu kilku lat pracowników jej laboratorium. Maria Curie śledziła z wielkim zainteresowaniem wysiłki Jana Perrina, dążące do rozwiązania ważnego zagadnienia zbyt małych kredytów na materiały dla laboratoriów i braku kredytów na wynagrodzenia dla pracowników nauki. Te wysiłki i zabiegi czynione przez niego u władz państwowych doprowadziły w końcu do utworzenia tego, co nazywano najpierw Narodowym Funduszem Nauki (Caisse Nationale des Sciences) a później Narodowym Centrum Badań Naukowych (Centre National de la Recherche Scientifique), które miało na celu subwencjonowanie badań naukowych. Jan Perrin, chcąc czasem dodać więcej wagi swemu wystąpieniu, zabierał Marię Curie, żeby mu towarzyszyła w jakiejś ważnej wizycie u ministra czy posła, a ona zawsze bardzo chętnie pomagała mu w tych staraniach, które tak bardzo leżały im obojgu na sercu. Później po uwolnieniu Francji Fryderyk Joliot był przez rok dyrektorem Narodowego Centrum Badań Naukowych i uczynił wiele dla powiększenia uprawnień badaczy i ułatwienia zdobywania kredytów na materiały i pomoc techniczną w laboratoriach.

Interesujące jest, że w memorandum zredagowanym przez Marię Curie w 1926 r., dotyczącym stypendiów międzynarodowych, można zobaczyć te idee, które zostały zrealizowane później we Francji dzięki wysiłkom Jana Perrin, a następnie Fryderyka Joliot.

Maria Curie chciała ze swego laboratorium zrobić nie tylko wielkie centrum badań, lecz również przyjemne miejsce pracy; większość pokoi jest jasnych i wesołych. Pomimo rozczarowania, że nie udało jej się zdobyć większego terenu, pierwszym jej zajęciem było posadzenie drzew wzdłuż budynku i na małym obszarze, który oddziela Laboratorium Curie od Laboratorium Pasteura. Ogród ten był miejscem dyskusji i spotkań pracowników w czasie pięknych dni wiosennych i jesiennych, a moja matka oparta o balustradę tarasu swego laboratorium bardzo często brała udział w rozmowie. Za każdym razem, gdy pozwalała na to pogoda, zebrania pracowników laboratorium z okazji pracy doktorskiej czy dyskusji naukowej robione były w ogrodzie, gdzie przynoszono stoły, a na nich ustawiano kiuwety fotograficzne z ciasteczkami oraz naczynia laboratoryjne i prećiki szklane do herbaty; te przyjemne tradycje utrzymują się do dzisiaj. Innym, bardziej dziwnym punktem spotkań było miejsce na dole schodów, znajdujące się zarówno w pobliżu drzwi wejściowych, jak również w pobliżu drzwi do laboratorium dyrektora — w tym przejściu pracownicy laboratorium, a także i moja matka, często spotykali się, mieli więc zwyczaj urządzać tam „salon” dla omawiania zagadnień związanych z pracą, blokując korytarz i dla wygody siadając nawet na stopniach; ten zwyczaj wprawdzie został trochę zapomniany, ale jeszcze całkowicie nie zaniknął.

Po śmierci Marii Curie w 1934 r. dawny współpracownik Piotra i Marii Curie, Andrzej Debierne, został dyrektorem Laborato-

rium Curie. Niedługo potem Fryderyk Joliot został mianowany profesorem Collège de France i dzięki niemu powstały dwa nowe laboratoria: Laboratorium Fizyki i Chemii Jądrowej przy Collège de France i Laboratorium Syntezy Atomowej, podległe Narodowemu Centrum Badań Naukowych. Pozwoliło to na szybszy rozwój fizyki jądrowej we Francji, dla której zagęszczone pomieszczenia Laboratorium Curie stały się zupełnie niewystarczające; jednak w tym właśnie laboratorium te nowe centra badawcze znalazły swego dyrektora, Fryderyka Joliot, swych pierwszych pracowników i swoje tradycje. Gdy w roku 1946 Andrzej D e b i e r n e przeszedł na emeryturę, zostałam dyrektorem Laboratorium Curie.

Maria Curie była głęboko oburzona niesprawiedliwościami społecznymi oraz marnowaniem wartości ludzkich i zasobów naturalnych: myśl skazania zboża czy palenia kawy, która nie znajduje zbytu, wydawała jej się zbrodnią. Ale nade wszystko była oburzona widząc, że kredyty na cele wojskowe pochłaniają większą część zasobów wszystkich krajów kosztem kredytów na działalność użyteczną. Nie wierzyła ona w pokój oparty na sile ani w żadną politykę zbrojeń, jakiegokolwiek by były racje wysuwane za tą polityką. Uważała ona, że cywilizacja jakiegoś kraju mierzy się procentem budżetu poświęconego na szkolnictwo; niestety, Francja nie zajmowała dobrego miejsca z tego punktu widzenia.

W swojej książce o Piotrze Curie pisała ona:

„Za wspaniałą ofiarę samego siebie, za nadzwyczajne usługi oddane ludzkości jakąż rekompensatę nasze społeczeństwo ofiaruje uczonym? Czy ci bojownicy idei rozporządzają choć warunkami, które są im konieczne do pracy? Czy mają oni egzystencję zabezpieczoną przed niedostatkiem?

Przykład Piotra Curie i tylu innych wskazuje, że zwykle bywa przeciwnie. Aby zdobyć możliwe warunki pracy, trzeba najczęściej wyczerpać młodość i siły w codziennej trosce o byt...

Współczesne społeczeństwo opanowane cierpką żądzą zbytku i bogactwa nie rozumie wartości nauki. Nie pojmuje, że jest ona najcenniejszą częścią naszej moralnej spuścizny. Nie dość zdaje sobie sprawę z tego, że nauka leży u podstaw każdego postępu, który ułatwia życie ludzkie i zmniejsza jego cierpienia. Ani władze państwowe, ani ofiarność publiczna nie zapewniają dziś nauce i uczonym środków niezbędnych dla osiągnięcia pełnej wydajności pracy”.

Jak poprzednio Piotr Curie, tak i ona miała nadzieję, że nauka rozwiąże zagadnienia ludzkie w kierunku uczynienia życia bardziej szczęśliwym. Użycie nauki w celach niszczycielskich wydawało jej się profanacją. Żadne względy polityczne nie byłyby w jej oczach wystarczającą przyczyną do użycia bomby atomowej.

Moja matka pozostała bardzo przywiązana do Polski pomimo tego, że stała się bardzo francuską; nie wywoływało to w niej żadnych konfliktów uczuciowych, gdyż naród francuski i polski miały dla siebie zawsze uczucia przyjaźni. Zachowywała ona maksimum możliwego związku ze swą rodziną: bratem Józefem Skłodowskim, siostrą Bronią Dłuską (oboje byli lekarzami), jak również siostrą Heleną Szalay, dyrektorką szkoły. Wtedy jednak samolot nie stał się jeszcze popularnym środkiem komunikacji, jak to jest obecnie, i podróże między Francją a Polską były długie, męczące

i kosztowne, wobec czego nie mogły być częste. Mam bardzo przyjemne wspomnienia z wakacji spędzonych w roku 1910 z ciotką Szalay i jej córką Hanią nad brzegiem morza koło Royan i z wakacji spędzonych w Polsce w 1911 r. w Zakopanem u ciotki Dłuskiej. Po wojnie 1914—1918 moja matka często była w Polsce, ciotka Dłuska również wiele razy przyjeżdżała do Francji i jej wizyty były wielką radością dla mojej matki, która miała dla niej wiele żywego uczucia. Wiedząc, jak bardzo moja matka pragnęła widzieć rozwój nauki o promieniotwórczości w Polsce, ciotka zajęła się zebraniem funduszków dla zbudowania w Warszawie Instytutu Radowego przeznaczonego do badań fizycznych i medycznych. Zużyła ona cały swój talent organizatorski dla zrealizowania tego projektu i wielką radością dla mojej matki była w 1932 r. inauguracja tego Instytutu. Szczęśliwym przypadkiem to laboratorium, przedmiot tak wielu wysiłków, nie zostało całkowicie zniszczone podczas wojny, ale pamiątki i fotografie rodziny Skłodowskich, Piotra i Marii C u r i e, które moja ciotka zebrała tam jakby w małym muzeum zostały zniszczone.

Maria Curie miała również pomoc dalekiej przyjaciółki pani W. B. M e l o n e y, dziennikarki w Stanach Zjednoczonych, dyrektorki wielkiego pisma, która przyjechała, by ją zobaczyć po raz pierwszy w roku 1920. Dowiedziawszy się, że matka nie posiada dostatecznej ilości radu do swych badań, wpadła na myśl zorganizowania zbiórki wśród kobiet amerykańskich, aby uczynić dla niej prezent jednego grama radu. Później zorganizowała ona jeszcze drugą zbiórkę, aby zakupić drugi gram radu, przeznaczony dla Instytutu Radowego w Warszawie. Matka moja udała się do Stanów Zjednoczonych w roku 1921 i 1929, aby otrzymać te dary. Przyjęta była z entuzjazmem, który niestety pociągnął za sobą wiele zmęczenia, ale którym była głęboko wzruszona. Wydaje mi się, że najbardziej poruszył matkę serdeczny podziw, którym ją otaczała pani Meloney. Wystarczyło poznać tę kobietę, szlachetną entuzjastkę, żeby zrozumieć, że to nie chęć sławy osobistej spowodowała zorganizowanie tych podróży jako wielkich manifestacji, lecz jedynie bezinteresowna chęć pomocy Marii C u r i e w jej dziele i chęć „rozśławienia nauki“. Matka zachowała później przyjazne stosunki z panią M e l o n e y, lecz oczywiście czas trwania i koszty podróży ograniczały możliwość częstych wizyt.

Wydaje mi się, że najlepiej zrobię, jeśli na zakończenie zacytuję kilka fragmentów z przemówienia Marii C u r i e na temat przyszłości kultury, wygłoszonego w Komitecie Współpracy Intelktualnej w maju 1933 r., na rok przed śmiercią. Można zauważyć, że do końca życia przejawia ona ciągle żywą ciekawość, przedsiębiorczość i zamiłowanie do przygód, które doprowadziły ją do tej wielkiej przygody, jaką było jej życie.

...Należę do tych, którzy uważają, że nauka jest bardzo piękna. Uczony w swym laboratorium nie jest tylko technikiem, jest on również dzieckiem postawionym wobec zjawisk natury, które na niego działają jak bajka. Powinniśmy znaleźć sposób, żeby wyrazić to uczucie na zewnątrz, nie powinniśmy dać się przekonać, że każdy postęp naukowy sprowadza się do mechanizmów, maszyn, zazębiających się kół, które zresztą również posiadają właściwe im piękno...

Nie wierzę również, że w naszym świecie zamiłowanie do przygód może zaniknąć. Jeżeli widzę wokół siebie coś żywego, to jest nim właśnie zamiłowanie do przygód,

które wydaje mi się niezniszczalne i pokrewne ciekawości. Wydaje mi się, że jest ono instynktem pierwotnym ludzkości, gdyż nie wyobrażam sobie, jak mogłaby przetrwać ludzkość, gdyby była go pozbawiona, tak jak nie może istnieć osoba całkowicie pozbawiona pamięci. Ciekawość i zamięłowanie do przygód nie znikły. Cóż powiemy o tych, którzy wsiadają do samolotu, żeby przelecieć Atlantyki? Nie brak i innych przykładów, a jeżeli ich nie podaję, to z braku czasu. To zamięłowanie do przygód widać u dzieci w każdym stopniu rozwoju...

Jeżeli chodzi o brak celu i przedsiębiorczości, to nie jestem pesymistką. Przedsiębiorczość, wydaje mi się, jest cechą każdego, kto jest zdrowy fizycznie i umysłowo. Nie wydaje mi się wobec tego, żeby ta cecha miała zaniknąć, o ile rodzaj ludzki nie ulegnie upadkowi fizycznemu. Konieczne jest bez wątpienia kierowanie tą przedsiębiorczością i wskazywanie jej zadań godnych zainteresowania, gdyż w przeciwnym wypadku będzie ona działać w sposób szkodliwy...

Trzecia grupa zagadnień odnosi się do przyszłości cywilizacji i kultury. Trudno jest przewidywać przyszłość. Jak wielu z nas już powiedziało, można wypowiadać pragnienia, proponować rozwiązania, próbować realizować marzenia, ale nie można przewidzieć na pewno, jakie będą rezultaty. Nie jesteśmy panami, między innymi, katastrof naturalnych, które mogą zniszczyć to, cośmy stworzyli”.

Obecnie wiemy, że nie katastrof naturalnych należy obawiać się najbardziej dla przyszłości cywilizacji, ale że właśnie wynalazki ludzkie użyte w celach wojennych mogłyby nie tylko zniszczyć kulturę, lecz spowodować zniknięcie rodzaju ludzkiego. Piotr Curie przeczuł niebezpieczeństwa, grożące nam dzisiaj. W 1903 r. zakończył on swe przemówienie z okazji otrzymania nagrody Nobla następującymi słowami:

„Można przypuszczać, że w zbrodniczych rękach rad może się stać bardzo niebezpieczny, i tutaj można by postawić pytanie, czy ludzkość zasługuje na poznawanie tajemnic przyrody, czy jest na tyle dojrzała, żeby je odpowiednio wykorzystać — czy to poznanie nie okaże się dla niej szkodliwe. Przykład odkryć Nobla jest charakterystyczny; silne środki wybuchowe pozwoliły ludziom dokonać dzieł godnych podziwu. Są one jednak również strasznym narzędziem zniszczenia w rękach zbrodniarzy, którzy pchają narody do wojny. Należę do tych, którzy, jak Nobel, wierzą, że z nowych odkryć ludzkość uzyska więcej dobra niż zła”.

Słowa te, jak widzimy, pełne zadziwiającej przenikliwości, zabarwione jednak optymizmem, wyrażały również przekonania Marii Curie; przywiązywała ona do nich taką wagę, że umieściła je na wstępie napisanej przez siebie małej biografii Piotra Curie. Myślę, że gdyby żyła ona obecnie, miałaby w dalszym ciągu zaufanie, że ludzkość uniknie niebezpieczeństwa dużo bliższego od katastrof naturalnych, ale które może sama usunąć.

Maria Skłodowska-Curie poświęciła swe życie dla rozwoju nauki o promieniotwórczości, przez swą pracę naukową, przez stworzenie wielkiego ośrodka badawczego, przez wykształcenie licznych badaczy francuskich i zagranicznych, z których wielu ze swej strony znów kształciło następnych, przez swoje wykłady na Wydziale Nauk Przyrodniczych, przez swój wkład do międzynarodowej współpracy naukowej.

Wydaje mi się, że przedstawiłam tutaj różność dzieła, którego ona dokonała z płomienną wiarą w piękno i rolę społeczną Nauki.

Eugenia Cotton

MOJE WSPOMNIENIA O MARII SKŁODOWSKIEJ-CURIE

Wielki to zaszczyt dla mnie zabierać głos wśród tylu uczonych, którzy z całego świata przybyli do Warszawy, by oddać hołd pamięci wielkiej uczonej — Marii Skłodowskiej-Curie.

Gdy w 1901 r. wstąpiłam do Wyższej Szkoły dla Dziewcząt w Sèvres, znalazłam się w tak szczęśliwym położeniu, że moim profesorem była Maria Skłodowska-Curie, która od roku wykładała tam fizykę, wzbudzając w swych uczennicach głęboki szacunek.

Zadaniem tej, założonej przed dwudziestu laty, szkoły było kształcenie profesorów — kobiet dla liceów i kolegów w świeżo powstałym żeńskim szkolnictwie średnim. Wykładowcami w niej byli wybitni profesorowie francuskiego szkolnictwa wyższego, profesorowie Sorbony i Collège de France. Maria Skłodowska-Curie była pierwszą kobietą przyjętą do szkolnictwa wyższego we Francji.

Maria Curie podbiła serca studentek naszego roku nie przez swój mistrzowski wykład, w czasie którego skupienie i powaga czyniły ją bardzo odległą, lecz przez doświadczenia laboratoryjne, w których biorąc udział mogliśmy podziwiać jej wielką zręczność, ona zaś uszczęśliwiona naszym entuzjazmem traciła powoli swą rezerwę i uroczy uśmiech rozjaśniał zwykłą powagę jej twarzy.

Aby rozwinąć w nas zamiłowanie do doświadczeń, poleciła zbudować dla nas drobne przyrządy w laboratorium swego męża, w którym sama pracowała i dokąd wielokrotnie nas zabierała. Później zaprosiła nas także do siebie, do małego domku na bulwarze Kellermanna i w ten sposób miałyśmy szczęście poznać tam nie tylko jej męża, wielkiego fizyka Piotra Curie, tak bezpośredniego i dobrego, lecz również jej teścia doktora Eugeniusza Curie o przekornym spojrzeniu oraz jej starszą córkę pięcioletnią Irenkę, spoglądającą w milczeniu na duże dziewczęta, które nawet w domu zabierały jej matkę. Nic więc dziwnego, że od czasu do czasu stanowczo protestowała przeciwko temu stanowi rzeczy, oświadczając swym poważnym głosem: „Trzeba się mną zajmować“.

Dom Piotra i Marii Curie był spokojny i skromny. Nie było nic banalnego w tym, tak wyjątkowych ludzi, ognisku domowym, które w pełni urzeczywistniając zgodność ich uczuć i idei sprawiło, że życie ich płynęło w atmosferze wielkich myśli i głębokiej serdeczności. W czasie rozmów, często prowadzonych w ogrodzie, z ich zwykłymi gośćmi: chemikami Andrzejem Debierne i Jerzym Urbain, fizykami Pawłem Langevin, Aime Cotton, Jerzym Sagnac, nad murem

otaczającym ogród widywano rozpromienioną twarz Jana Perrin, mieszkającego w sąsiednim domu. Wtedy dyskusja ożywała się. W toku owocnych rozmów nad pracami tych młodych naukowców jedna po drugiej rodziły się śmiałe hipotezy, poddawane natychmiast ogniowej próbie ostrej krytyki. Każdy upatrywał w głębokim spojrzeniu Piotra Curie potwierdzenia lub zaprzeczenia, a tymczasem młoda kobieta o wysokim czole rozmyślała o wyodrębnieniu radu, którego istnienie już udowodniła.

Cóż za cudowne wspomnienie dla mnie, że i ja brałam udział w tych, pełnych entuzjazmu, zebraniach, że mogłam widzieć Piotra i Marię Curie w pełni pracy, z ich różnymi, ale tak dobrze dopełniającymi się cechami charakterów, Piotr bardziej spontaniczny, Maria bardziej metodyczna. W notatkach laboratoryjnych, w których na przemian widać oba ich charaktery pisma, entuzjazm wywołany jakimś osiągnięciem wyrażał się wielkimi wykrzyknikami w zapiskach Piotra, podczas gdy pismo Marii jest wszędzie doskonale regularne.

Pewnego wieczoru po obiedzie Piotr Curie pokazał sól radu świecącą w ciemności, mówiąc wesoło: „Oto oświecenie przyszłości“, a Maria, bardziej opanowana, zaprotestowała surowo: „O, Piotrze!“.

Entuzjazm ten, przed którym się broniła, Maria Curie nosiła jednak głęboko w sobie i swym pięknym spojrzeniem udzielała go innym. Jestem szczęśliwa, że mogę podzielić się wspomnieniami tych chwil, które rozjaśniły życie jej uczennic. Zachowuję pieczołowicie pamięć o jej wspańskiej obronie pracy doktorskiej w Sorbonie w 1904 r. Temat tej pracy brzmiał: *Badania nad substancjami promieniotwórczymi*. Jej uczennice z Sèvres, które wyczuwały całą wielkość tej pracy, były bardzo dumne ze swej Pani Profesor.

Bez wątpienia każda istota ludzka jest pełna podziwu dla genialnej kobiety, która odegrała tak wielką, przodującą rolę w odkryciu ciał promieniotwórczych, zapoczątkowując tym w historii ludzkości nową erę — erę atomową. A uroczystości gromadzące dzisiaj w Warszawie fizyków i lekarzy z tylu krajów są wyrazem hołdu całego świata.

Chciałabym jednak wyrazić specjalną wdzięczność, jaką dla Marii Skłodowskiej-Curie zachowują kobiety. Istnieją samotni geniusze, którzy zajmowanie się innymi istotami ludzkimi uważaliby za stratę czasu i za zboczenie z drogi swego posłannictwa. Maria Skłodowska-Curie mogłaby być dumna, że jest pierwszą kobietą — profesorem w Wyższej Szkole w Sèvres, pierwszą kobietą — profesorem Sorbony, że została tak wyróżniona, lecz tej niezwyklej kobiecie obca była wszelka próżność. Jej wielką troską było nie pozostawać w swej sławie w odosobnieniu, lecz przeciwnie pomagać innym kobietom pracować naukowo i zaoszczędzić im tych trudności, które ona sama napotkała.

Gdy w 1900 r. rozpoczęła wyklądać w Wyższej Szkole w Sèvres, wielu wybitnych ludzi uważało, że kobiety nie powinny pracować, gdyż to mogłoby zaszkodzić ich zdrowiu a nawet wypaczyć ich rolę społeczną. Maria Skłodowska-Curie wykładając nam fizykę często była hamowana naszą nieznajomością matematyki. Bardzo często sama musiała podawać nam podstawowe wiadomości z matematyki, konieczne dla zrozumienia jej wykładów. W następstwie tego uzyskała od swych kolegów podniesienie poziomu matematyki w Sèvres.

Wytrwale starała się ona zachęcać kobiety, by studiowały podobnie jak mężczyźni we wszystkich dziedzinach. Ona też osiągnęła to, o co na próżno starały się inne kobiety. Któż jednak mógłby powątpiewać o zdolności kobiet do pracy naukowo-badawczej, jeśli twierdzi to Wielka Fizyczka-odkrywczyni radu.

Najlepsza z jej uczennic, córka Irena, jest po swej matce wspaniałym dowodem, jak wielkie są możliwości kobiet w pracy naukowej. W sposób skromniejszy tysiące i tysiące kobiet-naukowców całego świata zachowuje dla Marii Skłodowskiej-Curie głęboką wdzięczność za otwarcie im tej nowej dziedziny, z której czerpią wiele radości i w której w coraz to wyższym stopniu przyczyniają się do postępu nauki.

Maria Skłodowska-Curie całe życie pracowała nad poprawą warunków pracy kobiet i gdy zostałam profesorem, a później dyrektorem Wyższej Szkoły w Sèvres, znajdowałam u niej, jak również u jej córki wielkie oparcie. Gdy Irena Joliot-Curie została sekretarzem stanu w Ministerstwie Oświaty, wybitnie pomagała mi w przeprowadzeniu koniecznych reform. Maria Skłodowska-Curie miała bardzo silne poczucie sprawiedliwości, była ona jednak nie tylko sprawiedliwa, lecz również głęboko ludzka. Dobitny dowód tego dała ona z chwilą wybuchu wojny w 1914 r. Porzucając swą pracę badawczą kształciła wtedy w swym laboratorium liczne pielęgniarki radiologiczne. W pracy tej pomagała jej córka Irena oraz jedna z uczennic z Sèvres Marta Klein, która poślubiła później fizyka Piotra Weiss'a i która napisała o swej nauczycielce: „Chciałabym powiedzieć o zaufaniu Marii Skłodowskiej-Curie w zdrowy rozsądek i wolę kobiet, niezależnie od ich środowiska społecznego; wszystkie te kobiety, zarówno służące, jak i damy światowe, potrafiły zdobyć wiadomości z fizyki konieczne dla obsługi i opieki nad aparatami rentgenowskimi. W szpitalu Edith Cavell pani Curie z wielką prostotą pomagała im w nauce wykrywania kul lub prześwietlania złamań. Nigdy nie zapomnę delikatności jej ruchów, gdy dotykała rannego“.

Maria Curie uratowała sama wiele żyć ludzkich, jeżdżąc na front w swoim samochodzie zaopatrzonym w aparaty Roentgena. Po wojnie, w czasie której widziała tyle cierpień, zwróciła cały swój wysiłek ku dziełu rozwoju medycznych zastosowań ciał promieniotwórczych.

Pracowała aż do śmierci z wytrwałością jej właściwą, aby spowodować zbudowanie laboratoriów i instytutów, o których marzył Piotr Curie. Było dla niej wielką radością, że w 1932 r. mogła brać udział w otwarciu Instytutu Marii Skłodowskiej-Curie zbudowanego na jej cześć w Warszawie. Ta gorąca patriotka zachowała żarliwą miłość do swojej pierwotnej ojczyzny i była ona nie tylko jednym z najwspanialszych łączników między Polską a Francją, lecz zacieśniała ona jeszcze bardziej więzy wiecznej przyjaźni łączącej nasze dwie ojczyzny.

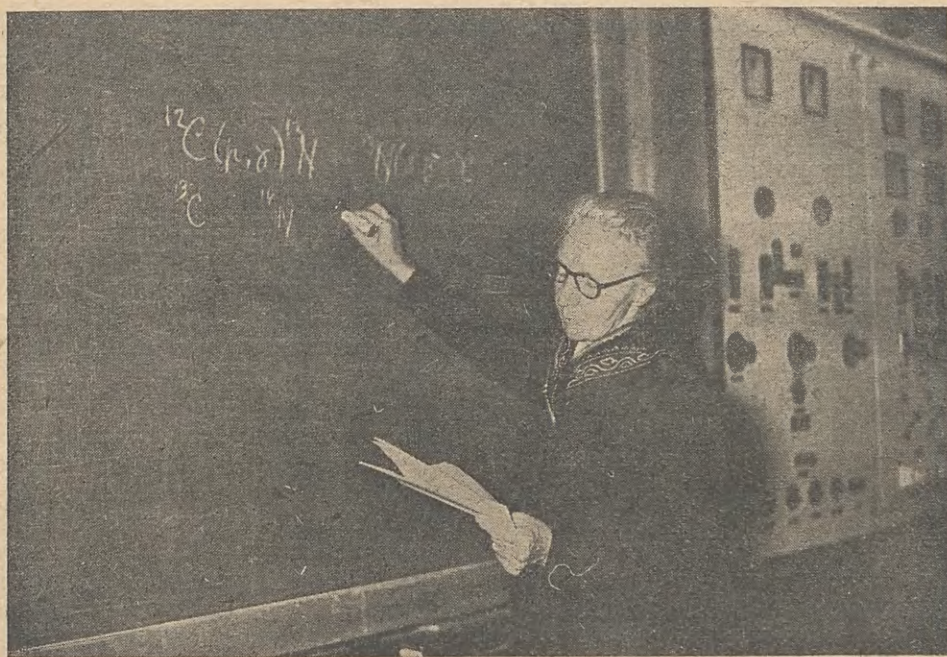
Dzięki Marii Curie odkryłam wszystkie racje mego życia, kult nauki, kult sprawiedliwości, obronę praw kobiet i pokoju, a mogę także dodać, że moje osobiste świadectwo jest wzmocnione wdzięcznością, którą czują dla niej nie tylko wszystkie jej uczennice, lecz również miliony kobiet na całym świecie, którym jej wielki przykład dodał odwagi i zaufania w ich własne siły.

CO WNOSI PROMIENIOTWÓRCZOŚĆ DO POZNANIA ŚWIATA

Znaczenie, jakiego nabiera nauka promieniotwórczości i fizyka jądrowa w dziedzinie ekonomicznej, liczne zastosowania sztucznych pierwiastków promieniotwórczych czy to w dziedzinie praktyki, czy to w dziedzinie nauki czystej lub stosowanej, nie powinno nam przesłaniać faktu, w jakim stopniu nauka ta przyczyniła się do rozszerzenia się naszego poznania świata. Zawdzięczamy jej nie tylko nasze wiadomości o wewnętrznej budowie materii, lecz również podstawowe dane mające wielkie znaczenie dla badań ewolucji naszej planety, a nawet i wszechświata.

W kilka lat po odkryciu promieniotwórczości, w roku 1903, Piotr Curie i Laborde wykazali wydzielanie ciepła przez rad. W latach następnych wielu badaczy wysunęło pogląd, że pierwiastki promieniotwórcze występujące w przyrodzie powinny wносить znaczny udział do ciepła kuli ziemskiej i podali obliczenia opierające się na przybliżonej zawartości uranu i toru w skałach. Okazało się wtedy, że ilość ciepła obliczona w ten sposób przewyższa straty ciepła wypromieniowanego w przestrzeń. Przekonano się później, że potas, który występuje w ilościach dużo większych od uranu i toru, jest również — pomimo że jego promieniotwórczość jest dużo słabsza — źródłem ciepła o porównywalnej wielkości. Można przyjąć, że pierwiastki promieniotwórcze występują tylko w warstwie grubości 20 km na powierzchni ziemi i że część centralna zawiera ich bardzo mało albo nawet wcale; w tych warunkach ciepło wypromieniowywane w przestrzeń jest prawie całkowicie kompensowane ciepłem wytwarzanym przez pierwiastki promieniotwórcze.

W ten sposób zakończył się między fizykami i geologami spór o zagadnienie trwania epok geologicznych. Dla pokładów najstarszych określenia opierające się na zasoleniu mórz lub oceanów prowadziły do oceny wieku rzędu stu milionów lat, określenia zaś opierające się na grubości osadów prowadziły do wieku zawierającego się między 20 a 1500 milionami lat. Za najlepsze jednak oceny uchodziły te, które dawały wiek rzędu 700 milionów lat; różne rozważania dotyczące ewolucji substancji organicznych potwierdzały te wyniki; tymczasem fizycy, na podstawie gradientu temperatury przy zagłębianiu się w skorupę ziemską obliczali, że ziemia zaczęła się zestalać dopiero około 20 milionów lat temu. W tym sporze jedni i drudzy upierali się przy swoich twierdzeniach; geologowie nie chcieli się absolutnie zgodzić na przyjęcie tak krótkiego czasu, a fizycy wykazywali pewien sceptycyzm w stosunku do metod używanych przez geologów. Tymczasem słuszność była po stronie geologów. Wytwarzanie ciepła przez pierwiastki promieniotwórcze wyjaśnia błąd w obliczeniach



Irena Joliot-Curie w czasie wykładu w Instytucie Fizyki PAN.

zmian temperatury, a sama promieniotwórczość dała najbardziej dokładną metodę określenia wieku geologicznego.

Większość naturalnych pierwiastków promieniotwórczych grupuje się w trzy rodziny: rodzinę uranu-toru, rodzinę aktynu i rodzinę toru, które pochodzą poprzez kolejne przemiany od pierwiastków macierzystych: uranu 238, uranu 235 i toru 232, pierwiastków promieniotwórczych o bardzo długich okresach połowicznego rozpadu i kończą się odpowiednio na trwałych atomach ołowiu 206, 207 i 208. Różnica liczby masowej między substancją macierzystą i trwałym atomem ołowiu odpowiada atomom helu wysłanym w formie cząstek α w szeregu przemian. Pierwiastki promieniotwórcze wysyłające promienie α czy β i pochodzące od uranu i toru mają dłuższe lub krótsze okresy połowicznego rozpadu, ale w każdym razie bardzo krótkie w stosunku do epok geologicznych: występują one na ziemi tylko dzięki temu, że ciągle powstają z uranu i toru, z którymi są w równowadze promieniotwórczej; wytwarzanie ich kompensuje rozpad. Występowanie na ziemi uranu i toru można wytłumaczyć tylko przypuszczeniem, że część tych atomów promieniotwórczych przetrwała epoki geologiczne, część ich zaś uległa rozpadowi, przekształcając się w atomy ołowiu i helu.

Już w roku 1905 B o l t w o o d wykazał, że gromadzenie się ołowiu w nienaruszonym mineralu zawierającym uran pozwala określić wiek tego mineralu, o ile znamy okres połowicznego rozpadu uranu.

W tym czasie nie znano jeszcze izotopów i poza tym pochodzenie rodziny aktynu było jeszcze niedostatecznie znane. Mimo to można było dość

ściśle określić wiek opierając się na stosunku ilości uranu do całkowitej ilości ołowiu; nie popełniono dużych błędów, gdyż uran 235 występuje tylko w drobnym ułamku w uranie, a zatem ołów 207 w małej ilości w stosunku do ołowiu 206 . Ciężar atomowy ołowiu wydobytego z minerału uranu jest 206,05 gdy tymczasem ciężar atomowy zwykłego ołowiu jest 207,2, co pozwalało upewnić się w pewnej mierze, że minerały używane do określenia wieku zawierały tylko ołów pochodzenia promieniotwórczego. Stosunek ilości ołowiu do uranu zmienia się od wartości 0,2 dla minerałów najstarszych aż do wartości bardzo małych dla minerałów młodszych.

Można było również, chociaż z większymi trudnościami doświadczalnymi, określić wiek minerałów zawierających tor, albo uran i tor. Określano również ich wiek na podstawie zawartości helu: wartości otrzymane w ten sposób są mniej pewne, gdyż bardzo trudno jest znaleźć próbki, które nie utraciły części helu przez dyfuzję.

Wyniki otrzymane przy pomocy metod promieniotwórczych prowadzą do ustalenia wieku utworzenia się skorupy ziemskiej rzędu 2 miliardów lat, wartości dużo większej od wartości znalezionej przez geologów. Jednakże ci słabiej sprzeciwiali się zwiększaniu okresów epok geologicznych niż ich skracaniu, zwłaszcza że wartości otrzymane przy pomocy minerałów znalezionych w różnych warstwach geologicznych zgadzają się bardzo dobrze z wartościami względnymi przyjętymi przez geologów. Znalaziono wiek zmieniający się od 1300 milionów lat dla pokładów najstarszych do 30 milionów dla pokładów trzeciorzędowych.

Zjawisko halo pleochroicznego dostarczyło również ważnych danych. Wiadomo, że w niektórych mikach i innych minerałach obserwuje się małe ciemne plamki spowodowane działaniem promieni α pochodzących z drobnych wrostków substancji promieniotwórczych. Badane przy pomocy mikroskopu halo wykazują koła współśrodkowe, przy czym promień każdego z nich odpowiada zasięgowi różnych rodzajów promieni α wysyłanych przez pierwiastki promieniotwórcze rodziny uranu i toru, na przykład koło o największym promieniu przypisywane uranowi w micy ma promień 40μ , co odpowiada zasięgowi promieni α radu C.

Zjawisko halo zostało wywołane powolnym działaniem barwiącym występującym w ciągu epok geologicznych. Sztuczne wytworzenie zabarwienia w micy promieniami α pozwoliło znaleźć, że działanie 10^9 cząstek α wywołuje widoczne halo, co odpowiadałoby wrostkowi rzędu 10^{-11} g uranu, który rozpada się w ciągu 500 milionów lat wysyłając około 2 promieni na rok.

Występowanie halo ma wielkie znaczenie. Istotnie wiadomo, że okresy połowicznego rozpadu pierwiastków promieniotwórczych pozostają w pewnym związku z zasięgiem promieni α przez nie wysyłanych: krótkie okresy połowicznego rozpadu odpowiadają dużym zasięgom. Fakt, że obserwuje się koła halo odpowiadające takim zasięgom promieni α , jakimi są one obecnie, wykazuje, że własności ciał promieniotwórczych nie zmieniły się od setek milionów lat. Hipoteza ta jest podstawową przy obliczeniach epok geologicznych i naturalnie ma znaczenie bardziej ogólne.

Ciało promieniotwórcze, którego rozpad wskazuje ściśle upływanie czasu, może być uważane jako zegar wyjątkowo prosty; Piotr Curie już w roku 1902 wskazywał na możliwość zastosowania ciał promieniotwórczych

czych jako wzorców czasu; nasuwa to jednak niestety wielkie trudności praktyczne. W dziedzinie badania ewolucji ziemi, gdzie nie mamy innych zegarów, pierwiastki promieniotwórcze okazały się najlepszymi dla pomiarów czasu.

Po nadzwyczaj szybkim rozwoju nauki o promieniotwórczości w ciągu 10 czy 15 lat, praca w tej dziedzinie postępowała już wolniej. Po błyskotliwych odkryciach nastąpiły badania ścisłe, które przyniosły jeszcze obfite żniwo nowych wiadomości. Badanie przechodzenia cząstek α przez materię doprowadziło do nowego pojęcia atomu, atomu planetarnego R u t h e r f o r d a - B o h r a, składającego się z bardzo małego jądra otoczonego elektronami. Później pojawiło się pojęcie izotopów wprowadzone przez S o d d y' e g o dla atomów promieniotwórczych, a następnie odkrycie izotopów trwałych, po czym liczne prace wykazały, że prawie wszystkie pierwiastki mają po kilka izotopów trwałych, które wszędzie znajdują się w stałym stosunku, co tłumaczy, dlaczego ciężar atomowy substancji o różnym pochodzeniu jest ten sam.

Pierwszych sztucznych przemian pierwiastków dokonał R u t h e r f o r d w roku 1919. Następnie pojawiło się pojęcie równoważności masy i energii wprowadzone przez E i n s t e i n a i Pawła L a n g e v i n a.

Jednak dopiero od roku 1932 można zauważyć nowy postęp w nauce o promieniotwórczości i szybki rozwój fizyki jądrowej. Prace B o t h e g o i B e c k e r a, Fryderyka J o l i o t a i moje, C h a d w i c k a doprowadziły do odkrycia neutronu. Prawie jednocześnie postęp dokonany w przyspieszaniu cząstek naładowanych pozwolił C o c k r o f t o w i otrzymać przemiany pierwiastków przy pomocy cząstek przyspieszanych sztucznie. Na koniec odkrycie sztucznej promieniotwórczości przez Fryderyka J o l i o t a i przeze mnie w roku 1934 zrewolucjonizowało naukę o promieniotwórczości i ułatwiło bardzo badania przemian pierwiastków. Dzięki sztucznym pierwiastkom promieniotwórczym F e r m i mógł otrzymać ważne wyniki dotyczące chwywania neutronów powolnych, jak również dzięki nim H a h n i S t r a s s m a n n mogli odkryć zjawisko rozszczepienia jąder atomowych. Następnie przyszły badania, które doprowadziły do uwolnienia energii atomowej, badania w których Fryderyk J o l i o t odgrywał główną rolę aż do wybuchu wojny. Zbudowanie reaktorów jądrowych, coraz potężniejszych przyspieszaczy cząstek, pozwoliło otrzymać około 1000 sztucznych pierwiastków promieniotwórczych, a między innymi liczne pierwiastki pozauranowe, jak również badać niezliczone przemiany przy pomocy coraz bardziej udoskonalonych środków technicznych. Powstała prawdziwa chemia jądrowa, która otworzyła nam nowe horyzonty na warunki, w jakich mogły się wytworzyć atomy lub też jakim przemianom mogły one ulegać w przyrodzie.

Przyjmuje się obecnie, że jądro atomu o liczbie atomowej Z składa się z Z protonów i N neutronów, $M = Z + N$ jest to liczba masowa. Określony pierwiastek może mieć jedną lub kilka wartości N , różniących się o kilka jednostek, które odpowiadają jądrom trwałym; wartości pośrednie lub sąsiadujące odpowiadają atomom promieniotwórczym, wartości bardzo różne od nich odpowiadają skupieniom protonów i neutronów zupełnie nietrwałym, które rozpraszają się natychmiast po utworzeniu ich w jakiejś przemianie. Atomy cięższe od bizmutu są wszystkie promieniotwórcze.

Stosunek izotopów trwałych każdego pierwiastka jest stały niezależnie od tego, jakie jest jego pochodzenie. Wyjątek stanowią atomy, które mogą pochodzić z przemian promieniotwórczych, jak na przykład ołów lub wapń, którego izotop powstaje przez rozpad atomów potasu. Mamy wszelkie dane aby sądzić, że był pewien moment, w którym warunki fizyczne sprzyjające występowaniu licznych przemian były zrealizowane w przyrodzie i kiedy wszystkie atomy trwałe i promieniotwórcze wymieniały ciągle protony i neutrony w kolejnych przemianach. Kiedy te warunki przestały istnieć, atomy trwałe pozostały, a atomy promieniotwórcze przekształciły się w atomy trwałe. Naturalne pierwiastki promieniotwórcze są częścią tych rzadkich atomów, które przetrwały, ponieważ ich czas życia jest dostatecznie długi, żeby mogły przetrwać od tej epoki tak odległej, oraz innych pierwiastków promieniotwórczych, które pochodzą od tych pierwszych przez przemiany promieniotwórcze. Sztuczne pierwiastki promieniotwórcze, które wytwarza się obecnie, są tymi, które istniały w tej dawnej epoce.

Wyniki otrzymane przez astrofizykę pozwalają sądzić, że mieszanina pierwiastków trwałych i promieniotwórczych była taka sama w całym wszechświecie i że pewne różnice składu materii wytworzyły się później. Wśród atomów trwałych te, które są energetycznie najbardziej trwałe, występowały w największej ilości w pierwotnej mieszaninie, gdyż prawdopodobieństwo ich przemiany było małe, co tłumaczy dobrze znany fakt, że są one najbardziej liczne w przyrodzie.

Zobaczmy, jak olbrzymi postęp osiągnięty w ostatnich dwudziestu latach odbił się na naszych pojęciach dotyczących pochodzenia pierwiastków i teorii kosmogonicznych.

Po pierwsze postęp spektrografii masowej pozwolił znacznie rozszerzyć i ulepszyć pomiary czasu epok geologicznych; jedną z przyczyn błędów w metodzie opierającej się na badaniu gromadzenia się ołowiu w minerałach jest możliwość występowania ołowiu nie pochodzącego z przemian promieniotwórczych. Ołów zwykły jest mieszaniną trwałych izotopów 204, 206, 207 i 208 w stałym stosunku niezależnie od jego pochodzenia. Izotop 204 występujący w ilości 1,5% odgrywa tu ważną rolę, gdyż jest to jedyny izotop, który nie może pochodzić z przemian uranu i toru. Jeżeli chce się sprawdzić, czy ołów zawarty w minerale jest całkowicie pochodzenia promieniotwórczego, wystarczy zbadać, czy nie zawiera on ołowiu 204. Z drugiej strony, jeżeli w minerale mamy mieszaninę zwykłego ołowiu i ołowiu pochodzenia promieniotwórczego, to ilość ołowiu 204 pozwala określić ilości ołowiu 206, 207 i 208 pochodzące od ołowiu zwykłego i przez ich odjęcie — określenie ilości każdego z tych izotopów pochodzenia promieniotwórczego. Pozwala to oznaczyć wiek minerałów uranu i toru, którego nie można było zbadać poprzednio.

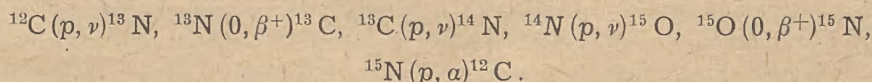
Dochodzi się do wniosku, że skorupa ziemska zestaliła się przed około $3,5 \cdot 10^9$ lat.

Kilka pierwiastków promieniotwórczych długowiecznych, które znajdują się na ziemi, przez sam fakt ich istnienia pozwala wyciągnąć wnioski o bardzo dużym znaczeniu. Czas, jaki upłynął od epoki, w której powstały te atomy, nie może być bardzo duży w stosunku do okresu połowicznego rozpadu tych pierwiastków, gdyż inaczej rozpadłyby się one całkowicie. Na przykład sam fakt istnienia uranu 238 pozwala wnioskować, że

utworzenie się atomów tego pierwiastka nie mogło nastąpić dawniej niż 10^{11} lat temu, przyjmując, że materia była wtedy całkowicie utworzona z uranu. Jest to naturalnie założenie absurdalne i hipotezy bardziej prawdopodobne prowadzą do czasu dużo krótszego. Najprostsza ocena czasu jest ta, którą można otrzymać rozpatrując stosunek izotopów uranu 238 i 235 występujących w przyrodzie. Można założyć zupełnie sensownie, że według składu izotopowego trwałych pierwiastków ciężkich uran 238 i uran 235 zostały utworzone w ilościach porównywalnych. Biorąc pod uwagę czasy połowicznego rozpadu tych pierwiastków $4,5 \cdot 10^9$ lat i $7 \cdot 10^8$ lat oraz stosunek obecny uranu 235 do uranu 238, który wynosi 0,7%, można określić, że te atomy musiały wytworzyć się około $5,5 \cdot 10^9$ lat temu.

Jest to wynik godny uwagi. Obecne wiadomości dotyczące przemian nie pozwalają sądzić, jak to jeszcze czyniono w roku 1930, że atomy ciężkie mogą powstawać w gwiazdach takich, jak słońce. Wydaje się, że tylko w okresie przedgwiazdowym, kiedy występowała temperatura i ciśnienie bardzo wysokie, mogło wystąpić tworzenie się tych pierwiastków. Ten okres przedgwiazdowy nie byłby więc bardzo dawny w stosunku do utworzenia się skorupy ziemskiej, nawet nie dwa razy starszy. Ten wynik zaskakujący zgadza się dobrze z różnymi rozważaniami na temat ewolucji gwiazd, pomiędzy którymi najprostsza jest hipoteza rozszerzania się wszechświata: rozszerzanie to rozpoczęłoby się właśnie około $5 \cdot 10^9$ lat temu i można sobie wyobrazić, że atomy, przynajmniej ciężkie, zostały utworzone w tym właśnie momencie w ciągu bardzo krótkiego czasu. Inne teorie kosmogoniczne zakładają, że ciężkie pierwiastki mogą jeszcze obecnie powstawać w pewnego typu gwiazdach, prowadzi to jednak do trudności w wytłumaczeniu prawie jednorodnego układu materii we wszechświecie.

Od początku tego wieku próbowano tłumaczyć promieniowanie słoneczne wydzielaniem ciepła przez pierwiastki promieniotwórcze, był to jedyny typ energii jądrowej znany w tym czasie. Łatwo można obliczyć, że pierwiastki promieniotwórcze długowieczne nawet w wielkich ilościach nie mogą dostarczyć dostatecznej ilości ciepła. Przemiany pierwiastków mogą właśnie wyjaśnić energię promieniowania gwiazd. W temperaturze słońca na przykład, za którą przyjmuje się 10^9 stopni, nie mogą powstawać ciężkie atomy w znacznej ilości, ale mogą występować liczne przemiany lekkich pierwiastków. Przyjmuje się, że ciepło gwiazd pochodzi z cyklu przemian, w efekcie których lekkie atomy łączą się wytwarzając atomy cięższe, przy czym wyzwala się energia. Trudno jest wyobrazić sobie na przykład, że cztery atomy wodoru lub dwa neutrony i dwa protony spotkają się, aby wytworzyć atom helu, lecz można sobie wyobrazić cykl węglowy, który dochodzi do tego wyniku. Wychodząc z atomu węgla ^{12}C po szeregu przemian i rozpadów promieniotwórczych otrzymuje się z powrotem ^{12}C



W czasie tego cyklu cztery atomy wodoru zostały zastąpione przez atom helu z wydzielaniem się energii. Można powiedzieć, że proces ten po-

lega na spalaniu się wodoru, przy czym jako popiół pozostaje hel. Mechanizm ten dostarcza energii w ilości wystarczającej dla słońca.

Pozwoliwszy nam określić wiek epok geologicznych oraz czas, w którym wytworzyły się pierwiastki, promieniotwórczość przyczynia się również do badania historii ewolucji ludzkiej. Istnieje izotop węgla ^{14}C o okresie połowicznego zaniku 5500 lat, który wytwarza się w małych ilościach przez przemianę azotu z powietrza wywołaną neutronami promieniowania kosmicznego. Węgiel ten wytwarza się w sposób ciągły, miesza się stale z węglem trwałym i osiąga stan równowagi z tym ostatnim, a zatem znajduje się w tej samej proporcji w każdej żywej substancji organicznej roślinnej czy zwierzęcej. W substancji organicznej martwej, na przykład w jakimś przedmiocie z drzewa, w którym węgiel nie wymienia się już z otoczeniem, węgiel ^{14}C rozpada się powoli do połowy w ciągu 5500 lat. W ten sposób pomiar aktywności tej substancji pozwoli określić jej wiek. Metoda ta jest bardzo trudna w zastosowaniu, gdyż mierzona aktywność jest bardzo słaba i może dać wyniki tylko dla okresów czasu niezbyt różnych od okresu połowicznego zaniku, tzn. dla okresów czasu od 2000 do 15000 lat. Ponieważ jednak są to właśnie okresy specjalnie interesujące z punktu widzenia historii człowieka, metoda ta pozwala otrzymywać ważne dane, umożliwiając określenie wieku próbek pochodzących z różnych epok historycznych lub prehistorycznych.

Widzieliśmy, jak różne gałęzie nauk oddziałują w sposób nieprzewidywany jedna na drugie; badanie atomów i jąder atomowych prowadzi do wyników ważnych z punktu widzenia astronomii, geologii i archeologii. Wielkie zagadnienie pochodzenia znanych obecnie pierwiastków nie jest jeszcze możliwe do rozwiązania: wydaje się, że wszechświat przeszedł przez pewien nadzwyczajny kryzys 5 miliardów lat temu i z tego czasu pochodzi skład materii, jak i ewolucja gwiazd.

Ta hipoteza trochę nas zadziwia. Prawdę powiedziawszy, tak samo trudno byłoby nam pojąć ciągłą ewolucję wszechświata zamiast tej ewolucji o charakterze wybuchowym, lecz zakładanie pochodzenia pierwiastków z okresu tak odległego, że nie można nawet myśleć o jego określeniu, było ideą wygodną, gdyż wydawało się, że nie jest sprawą pilną wypowiedzanie się na temat warunków powstawania pierwiastków. Obecnie widzimy, że przynajmniej część atomów, które tworzą naszą ziemię, nie może być od niej dużo starsza, zdajemy sobie więc sprawę, że znajomość wszechświata takiego, jakim jest on obecnie, jest ściśle związana z zagadnieniem pochodzenia pierwiastków, które to zagadnienie przez to właśnie staje się bardzo interesujące.

Marian Danysz

PROMIENIOWANIE KOSMICZNE W BADANIACH CZĄSTEK ELEMENTARNYCH

Tematem referatu są cząstki elementarne oraz rola, jaką w tej dziedzinie badań odgrywa promieniowanie kosmiczne.

Przede wszystkim postaram się podać ogólną charakterystykę badań prowadzonych w tej dziedzinie, następnie zaś przedstawić ich stan obecny.

Sytuacja, jaka się tu wytworzyła, przypomina z wielu względów sytuację wczesnego okresu nauki o promieniotwórczości, bezpośrednio po pierwszych odkryciach małżonków Curie: szybko narastająca fala nowych faktów przy jednoczesnym braku teoretycznego ujęcia, umożliwiającego bardziej logiczną interpretację całości.

Pokaźna liczba nowoodkrytych cząstek, które wszystkie zaliczamy dziś jeszcze do cząstek elementarnych, skłoniła nas do wprowadzenia pewnej czysto formalnej ich klasyfikacji.

Proponowana klasyfikacja dzieli nowoodkryte cząstki na hyperony i mezony.

Do hyperonów zaliczane są cząstki o masach większych od masy neutronu, a mniejszych od masy deuteronu — do mezonów zaś cząstki o masach większych od masy elektronu, a mniejszych od masy protonu.

Prócz tego do cząstek elementarnych zaliczane są jeszcze dobrze znane cząstki: nukleony, elektrony, neutrino.

Mezony dzielone są na lekkie, o masie mniejszej lub równej masie mezonu π , oraz ciężkie — o masie większej od masy mezonu π .

Poszczególne grupy cząstek oznaczamy, przyjmując dla hyperonów symbol Y , dla nukleonów symbol N , mezonów ciężkich K , dla lekkich zaś L .

Cząstkom o wyraźnie stwierdzonej indywidualności dajemy odpowiednie oznaczenia szczegółowe, przy czym dla mezonów zarezerwowane zostały małe greckie litery, dla hyperonów zaś litery greckie duże, protony oznaczone są dużą literą P , neutrony — N^0 , elektrony zaś e^+ i e^- .

W przypadkach, gdy posiadane informacje nie upoważniają nas do wyodrębnienia dobrze zdefiniowanej nowej cząstki, zaznaczamy zarysowując się podgrupy, opatrując symbol ogólny odpowiednim wskaźnikiem.

Posługując się omówioną symboliką dostępne dziś dane dotyczące cząstek elementarnych zostały ujęte w zamieszczonej dalej tabeli.

W drugiej części mego referatu przejdę do omówienia poszczególnych pozycji tej tabeli, przy czym zajmę się głównie najmniej znanymi cząstkami: mezonami ciężkimi i hyperonami, o mezonach lekkich wspomnę tylko, nukleony i elektrony pominię.

Cząstka	Symbol	Masa (m_e)	Energia rozpadu (MeV)	Czas życia (sek)	Schemat rozpadu
Hyperony Y	Λ^0	2181 ± 1	$36,9 \pm 0,2$	$(3,6 \pm 0,5) 10^{-10}$	$\Lambda^0 \rightarrow P + \pi$ $(\Lambda^0 \rightarrow N^0 + \pi^0)$
	$\Omega^\pm$	2330 ± 10	115 ± 5	$\sim 10^{-10}$	$\Omega^\pm \rightarrow P + \pi^0$ $\Omega^\pm \rightarrow N^0 + \pi^\pm$
	$Y_{kask.}^-$	2581 ± 10	65 ± 5	$\sim 10^{-10}$	$Y_{kask.}^- \rightarrow \Lambda^0 + \pi$
Nukleony N	N^0	1838			
	P	1836			
Mezony ciężkie K	Θ^0	966 ± 10	214 ± 5	$(1,7 \pm 0,5) 10^{-10}$	$\Theta^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$
	$\tau^\pm$	$965,5 \pm 0,7$	$74,7 \pm 0,3$	$\sim 10^{-8}$	$\tau^\pm \rightarrow \pi^\pm + \pi^+ + \pi^-$
	$K_\pi \begin{cases} \chi^\pm \\ K_\pi^\pm \end{cases}$	970 ± 20	$E_\pi \sim 100 \text{ MeV}$	$> 10^{-10}$	$\chi^\pm \rightarrow \pi^\pm + \pi^0$
		~ 1000	$E_\pi < 50 \text{ MeV}$	$> 10^{-10}$	$K^\pm \tau^\pm \rightarrow \pi^\pm + \pi^0 + \pi^0$
	$K_\mu \begin{cases} \kappa^\pm \\ K_\mu^\pm \end{cases}$	1200—1300	—	$> 10^{-10}$	$\kappa^\pm \rightarrow \mu^\pm + \pi^0 + \pi^0$
		912 ± 20	—	$> 5 \cdot 10^{-9}$	$K_\mu^\pm \rightarrow \mu^\pm + \pi^0$
Mezony lekkie L	$K_e^{\pm*}$	1000—1300	—	$\sim 10^{-10}$	$K_e^{\pm*} \rightarrow e^\pm + \pi^0 + \pi^0$
	$\pi^\pm$	273	—	$2,5 \cdot 10^{-8}$	$\pi^\pm \rightarrow \mu^\pm + \nu$
	π^0	265	—	$5 \cdot 10^{-15}$	$\pi^0 \rightarrow 2\gamma$
Elektrony	$\mu^\pm$	207	—	$2,15 \cdot 10^{-6}$	$\mu^\pm \rightarrow e^\pm + \nu$
	$e^\pm$	1	—	—	—

Zanim jednak zajmę się bliżej danymi zawartymi w tabeli, chciałbym jeszcze w paru słowach odpowiedzieć na pytanie: skąd czerpane i jak otrzymywane są te informacje?

Hyperony i ciężkie mezony są cząstkami nietrwałymi powstającymi w zderzeniach wielkiej energii. Aby je wytwarzać, musimy posługiwać się cząstkami o dostatecznie dużych energiach kinetycznych. Do niedawna wyłącznym źródłem takich cząstek było promieniowanie kosmiczne. A dziś — choć zarówno hyperony, jak i ciężkie mezony umiemy już wytwarzać sztucznie — niemniej jednak promieniowanie kosmiczne w dalszym ciągu jest i długo jeszcze pozostanie jednym z podstawowych narzędzi w tej dziedzinie.

Zarówno przy sztucznie wytwarzanych nietrwałych cząstkach, jak i przy otrzymywanych na skutek oddziaływania z materią cząstek promieniowania kosmicznego — charakter pracy jest podobny.

I tu, i tam badane są indywidualnie poszczególne elementarne procesy, wyławiane z silnego tła lepiej znanych zjawisk.

Jeśli chodzi o rejestrację tych procesów, to główną rolę odgrywają dwie wzajemnie uzupełniające się techniki: technika komór wilsonowskich i technika emulsji jądrowych.

Obie techniki, dając na ogół bardzo bogaty zespół informacji dotyczących poszczególnych procesów elementarnych, odznaczają się małą dokładnością. Wiadomości czerpane przy ich pomocy są różnorodne, ale niepewne.

Jeśli chodzi o całokształt sytuacji, jaka się tu wytworzyła, to dałby się on scharakteryzować następująco.

Zagadnienie cząstek elementarnych atakowane jest od strony doświadczalnej szerokim frontem przez liczne zespoły wyzyskujące w swych badaniach procesy zachodzące pod wpływem promieniowania kosmicznego. Zespoły te stanowią awangardę ataku.

Za nimi posuwają się lepiej wyposażone zespoły pracujące przy pomocy wielkich akceleratorów — stopniowo zyskując na terenie.

Wyraz tej sytuacji dał w jednym ze swych przemówień *Le prince-Ringuet*; pozwolę sobie przytoczyć w wolnym przekładzie jego obrazowe porównanie:

„Jesteśmy, jak sądzę, trochę w sytuacji grupy alpinistów wspinających się na szczyt — szczyt bardzo wysoki, być może nieskończenie wysoki szczyt wielkich energii. Wspinamy się nań w warunkach coraz to trudniejszych. Nie możemy się zatrzymać, nie możemy spać — bowiem od dołu podąża za nami fala, powódź, potop wzbierający na sile. Zmusza on nas do wspinania się coraz to wyżej i wyżej.

Oczywiście sytuacja nie jest wygodna — pobudza jednak do wielkiej aktywności i daje jednocześnie niezmiernie interesujące perspektywy.“

Na tejże konferencji *Powell* — na wiadomość o uruchomieniu wielkiego akceleratora w Brookhaven — wykrzyknął: — „Towarzysze, jesteście ścigani, jesteście ścigani przez maszyny!“

Mnie zaś, gdy myślę o fizykach pracujących w dziedzinie promieni kosmicznych, nasuwa się jeszcze inne porównanie.

Jesteśmy trochę jak ci, którzy w okresie wielkich odkryć geograficznych znajdowali się na nowych, nieznanach terenach. Sporządzamy niepewne, błędne często, pierwsze szkice tych terenów, zaznaczamy na nich bardziej charakterystyczne, bardziej rzucające się w oczy szczegóły.

Po nas przyjdą inni, lepiej wyposażeni, którzy, okupując już na stałe te nowoodkryte tereny, sporządzą dokładnie ich mapy.

O takich pierwszych szkicach tych nowych terenów będę tu właśnie mówił.

Omawiając więc kolejno własności różnych mezonów i hyperonów, tak jak się one dziś zarysowują, wyodrębnię trzy zagadnienia:

1. Najbardziej charakterystyczne własności cząstek: ich masy, czasy życia i schematy rozpadu.
2. Warunki powstawania.
3. Oddziaływanie z materią.

Zacznijmy od hyperonów i to najlepiej znanego hyperonu: cząstki Λ^0 .

Istnienie tej cząstki nie ulega dziś wątpliwości. Wiemy że rozpada się ona zgodnie ze schematem:

$$\Lambda^0 \rightarrow P + \pi^-$$

przy wydzieleniu energii:

$$Q = (36,9 \pm 0,2) \text{ MeV},$$

co odpowiada masie:

$$m = (2181 \pm 1) m_e,$$

ze średnim czasem życia:

$$\tau_{\Lambda^0} = (3,6 \pm 0,5) 10^{-10} \text{ sek.}$$

Wiemy również, że cząstka ta jest produkowana bezpośrednio, lub pozornie bezpośrednio, w zderzeniach wielkiej energii. Może być przy tym produkowana również i pośrednio z rozpadu cięższego hyperonu $Y_{\text{Kask.}}^-$.

Wiemy również — zgodnie z hipotezą wysuniętą pierwotnie w Warszawskim Instytucie Fizyki — że może ona oddziaływać z nukleonami, tworząc struktury podobne do jąder złożonych, może odgrywać w nich rolę elementarnej cegiełki na podobieństwo protonów i neutronów.

Dane dotyczące cięższych hyperonów są mniej pewne.

Wydaje się jednak, że istnieją jeszcze co najmniej dwie cząstki tego typu: hyperony naładowane $\Omega^\pm$ i $Y_{\text{Kask.}}^-$.

Hyperony $\Omega^\pm$ rozpadają się przy tym zależnie od znaku:

$$\Omega^+ \rightarrow P + \pi^0$$

(pięć obserwacji, z czego jedna w Warszawie)

względnie alternatywnie:

$$\Omega^\pm \rightarrow N + \pi^\pm$$

z wydzieleniem energii:

$$Q = (115 \pm 5) \text{ MeV},$$

odpowiadającej masie

$$m_\Omega = (2330 \pm 10) m_e,$$

i z czasem życia $\tau_{\Omega^\pm} \sim 10^{-10} \text{ sek.}$

Hyperony te są wyprodukowane bezpośrednio w zderzeniach wielkiej energii, mogą też być wytwarzane na skutek wchłonięcia ciężkiego ujemnego mezonu przez jądro.

Wreszcie hyperony $Y_{kask.}^-$ rozpadają się zgodnie ze schematem:

$$Y_{kask.}^- \rightarrow \Lambda^0 + \pi^- \\ \searrow P + \pi^-$$

i wydzieleniem energii:

$$Q_{Y_{kask.}^-} = (65 \pm 5) \text{ MeV},$$

co odpowiada masie:

$$m_{Y_{kask.}^-} = (2581 \pm 10) m_e$$

i z czasem życia:

$$\tau_{Y_{kask.}^-} \sim 10^{-10} \text{ sek.}$$

O tych ostatnich cząstkach informacje są bardziej ubogie (nie wiemy, jak powstają ani jak oddziałują z materią).

Jeżeli chodzi o ciężkie mezony, to najlepiej znanymi cząstkami są mezony Θ^0 i $\tau^\pm$.

Cząstka Θ^0 rozpada się według schematu:

$$\Theta^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$$

z wydzieleniem energii.

$$Q_{\Theta^0} = (214 \pm 5) \text{ MeV},$$

co odpowiada masie:

$$m_{\Theta^0} = (966 \pm 10) m_e,$$

i z czasem życia:

$$\tau_{\Theta^0} = (1,7 \pm 0,5) 10^{-10} \text{ sek.}$$

Cząstki te są wytwarzane bezpośrednio — o ich oddziaływaniu z materią brak danych.

Cząstka $\tau^\pm$ rozpada się według schematu:

$$\tau^\pm \rightarrow \pi^\pm + \pi + \pi^-$$

z wydzieleniem energii

$$Q_\tau = (74,7 \pm 0,3) \text{ MeV},$$

co odpowiada masie:

$$m_\tau = (965,5 \pm 03) m_e,$$

i z czasem życia:

$$\tau_\tau \sim 10^{-8} \text{ sek.}$$

Cząstki τ są wytwarzane bezpośrednio, przypuszczalnie oddziałują z materią podobnie jak mezony π , a więc silnie.

Dalej sytuacja już się komplikuje. Chcąc ująć ją możliwie przejrzyście, wydzielę trzy podgrupy: mezony K_π , K_μ i K_e , odpowiadające cząstkom rozpadającym się odpowiednio z emisją mezonu π , μ i elektronu.

Mezony podgrupy K_π zdają się dzielić na dwie kategorie: mezony χ i $K_\pi^\pm$. Mezony χ rozpadają się według schematu:

$$\chi^\pm \rightarrow \pi^\pm + \gamma^0.$$

Wnosimy o tym na podstawie dziesięciu obserwacji rozpadów w spoczynku, dla których energie emitowanych mezonów $\pi^\pm$ pokrywają się w granicach błędów ($E_\pi \sim 100 \text{ MeV}$). W założeniu, że rozpad $\chi^\pm$ odpowiada schematowi:

$$\chi^\pm \rightarrow \pi^\pm + \pi^0,$$

otrzymujemy dla masy tej cząstki:

$$m_\chi = (970 \pm 20) m_e.$$

Mezony $K_\pi^\pm$ tendencyjnie identyfikowane są z mezonami $\tau^\pm$:

$$K_\pi^\pm = \tau^\pm \rightarrow \pi^\pm + 2\pi^0.$$

W tym przypadku energia emisji mezonów $\pi^\pm$ posiada różne wartości, jest jednak zawsze mniejsza od 50 MeV , czyli od maksymalnej energii przy rozpadzie mezonu τ .

Podobna sytuacja zachodzi również i dla mezonów K_μ . I tu można wydzielić cząstki dwu kategorii: mezony κ i $K_\mu^\pm$. Istnieje długożyciowa grupa cząstek rozpadających się z emisją mezonów μ o równych (w granicach błędów) energiach emisji — odpowiadających rozpadowi cząstki na dwa ciała według schematu:

$$K_\mu^\pm \rightarrow \mu^\pm + \gamma^0$$

oraz druga bardziej krótkożyciowa grupa mezonów $\kappa^\pm$, dla której energie emisji mezonów μ są już wyraźnie różne — grupa ta sugeruje istnienie cząstki rozpadającej się na więcej niż dwa ciała, a mianowicie mezonu κ , rozpadającego się według schematu:

$$\kappa_\mu^\pm \rightarrow \mu^\pm + \gamma^0 + \gamma^0.$$

Masy cząstek $K_\mu^\pm$ oraz κ oceniane są odpowiednio na:

$$m_{K_\mu} = (912 \pm 20) m_e,$$

$$m_\kappa = 1200 m_e - 1300 m_e.$$

Ostatnia wreszcie podgrupa cząstek dotyczy odkrytych ostatnio w Bristolu mezonów K_e . Cząstki te rozpadają się z emisją elektronu. Sugerowany jest tu schemat rozpadu na trzy ciała:

$$K_e^\pm \rightarrow e^\pm + \gamma^0 + \gamma^0.$$

Wysuwane jest również przypuszczenie, że cząstki K_e i κ są identyczne — a obserwowane różnice odpowiadają alternatywnym rozpadom tej samej cząstki.

Jeżeli chodzi o oddziaływanie naładowanych ciężkich mezonów z materią, to wiadomo, że ujemne ciężkie mezony powodują po wchłonięciu przez jądro — jego rozpad, podobnie jak to jest z mezonami π^- . Wiadomo również, że często wchłonięciu mezonu K^- przez jądro towarzyszy emisja hyperonu.

Jeżeli chodzi o produkcję ciężkich mezonów i hyperonów w zderzeniach bardzo wielkich energii, zagadnienie to nie wydaje się być definitywnie rozwiązane.

Istnieją poszlaki sugerujące emisje cząstek o masie około $1500 m_e$, jak również o masie około $1300 m_e$. Wiadomości dotyczące tego zagadnienia są jednak w chwili obecnej bardzo skąpe.

Leon Rosenfeld

O MODELACH JĄDROWYCH

Badanie zagadnień struktury jądrowej nie ma właściwie na celu rozpracowania teoretycznej analizy w stopniu umożliwiającym wyliczenie z wielką dokładnością własności indywidualnego jądra: na przykład w tej chwili prościej jest wykonać bezpośredni pomiar momentu magnetycznego niż przy pomocy maszyny liczącej znaleźć teoretyczną wartość tego momentu. Celem, do którego dążymy, jest raczej konstrukcja pewnego modelu jądrowego, to jest pewne schematyczne przedstawienie struktur jądrowych, które by mogło służyć jako zasada klasyfikacji własności jąder o danej liczbie cząstek składowych; przy pomocy takiego modelu ogólne cechy odniesione zostają ostatecznie do prostych własności sił, które utrzymują składowe cząstki jądra razem, i w ten sposób uzyskujemy ważne informacje o tych fundamentalnych siłach. W wyborze modelu jądrowego kierujemy się z jednej strony zaobserwowanymi regularnościami różnych własności jąder, z drugiej strony — tymi ogólnymi cechami sił jądrowych, które mogliśmy wywnioskować z analizy prostych zjawisk, jak na przykład rozpraszanie nukleonów na nukleonach. W tym ostatnim punkcie nasza sytuacja jest znacznie trudniejsza niż w zagadnieniach budowy atomu, w których prawo siły od samego początku jest dane.

Krótki zasięg i własność wysycenia sił jądrowych sugerują przyrównanie jądra do kropli cieczy.

Model kroplowy, zaproponowany po raz pierwszy przez Nielsa Bøhra [1], okazał się rzeczywiście zdolnym wytłumaczyć główne własności reakcji jądrowych, odnoszące się do stanów pobudzenia jądra ponad przeciętną energię wiązania pojedynczego nukleonu w jądrze. Z drugiej strony własności stanu podstawowego i niższych stanów wzbudzonych jądra wskazują zupełnie inny kierunek teorii: okazuje się, że pojedynczym nukleonom można przypisać stany stacjonarne o określonych własnościach charakterystycznych i że stan podstawowy jądra otrzymuje się, z uwagi na zasadę wykluczania, przez wypełnianie kolejnych indywidualnych stanów danymi nukleonami.

Model jądrowy, w wersji nadanej mu przez J. J. S. i przez M. A. L. i B. N. [2], okazał się bardzo dobry dla wytłumaczenia głównych własności stanów podstawowych jąder; jego podstawowym założeniem przy tym jest, że współdziałanie w jądrze zawiera znaczny udział sprzężenia spin-orbita.

Istnienie indywidualnych stanów nukleonowych pozostaje jednak założeniem dodatkowym, które, jak dotąd, nie zostało zadowalająco powiązane z elementarnym prawem sił jądrowych.

Mimo dobrego wyrażenia najogólniejszych cech budowy jądra, model powłokowy w czystej postaci jest nie wystarczający dla wytłumaczenia pewnych ważnych typów własności jądra. Analiza tych sprzeczności, dokonana głównie przez Aage B o h r a i B. M o t t e l s o n a [3], otworzyła drogę do udoskonalenia modelu, który wydaje się być syntezą na pozór sprzecznych koncepcji modelu powłokowego i modelu kropłowego. Przede wszystkim momenty elektryczne kwadrupolowe wielu jąder o liczbach masowych między 100 a 200 okazały się znacznie większe, niż to przewidywał model powłokowy, według którego momenty te przypisane były stanom pojedynczego nukleonu, nieznacznie tylko zaburzonego współdziałaniem z innymi nukleonami; ta anomalia razem z podobną, choć ilościowo mniej wyraźną, anomalią, momentów magnetycznych sugeruje bezpośrednio możliwość znacznych odkształceń struktury jądrowej, co odpowiada k o l e k t y w n y m przesunięciom dotyczącym dużej liczby składowych nukleonów. Wniosek ten potwierdzony jest przez badania przejść izometrycznych i rozpad β , który wykazuje często prawdopodobieństwa przejść znacznie m n i e j s z e niż te, które odpowiadałyby przemieszczeniom jednej cząstki; wskazuje to na fakt, iż odkształcenie jądra może bardzo zależeć od stanu jego wzbudzenia i jest właśnie istotną cechą charakterystyczną tego stanu. Co więcej, klasyfikacja stanów wzbudzonych wyprowadzona z ich własności promieniotwórczych i innych pokazuje, oprócz możliwości w z b u d z a n i a p o s z c z e g ó l n y c h n u k l e o n ó w odpowiadających prostemu schematowi poziomów modelu powłokowego, istnienie drgań w z b u d z e n i a k o l e k t y w n e g o, które dają prawdopodobieństwa przejść promienistych znacznie w i ę k s z e niż prawdopodobieństwa pochodzące od wzbudzenia pojedynczej cząstki. W paru korzystnych przykładach można śledzić następstwo kilku kolejnych stanów wzbudzenia kolektywnego tego typu, które mają typową postać w i d m r o t a c y j n y c h; odpowiadający im moment bezwładności pokazuje jednak, że rotacja dotyczy tylko ułamka całej masy jądra.

Próby ujęcia takich kolektywnych efektów uwięzione zostały pewnym powrotem, jeśli brano pod uwagę współdziałanie między indywidualnymi nukleonami [2]; jeśli jednak iść dalej w tym kierunku, napotyka się trudności matematyczne wzrastające gwałtownie, które niweczą cel tego modelu.

Aby obejść tę trudną sytuację Aage B o h r wprowadził do modelu powłokowego nowy czynnik, który znacznie rozszerza jego zakres bez nadmiernych komplikacji. Zachowując podstawowe założenia indywidualnych stanów jądrowych, B o h r uwzględnia także *explicite* drgania kolektywnego ruchu całego jądra, które, wiadomo, dominują w obszarze wysokiego wzbudzenia opisywanego przez model kropłowy, i uwzględnia tylko współdziałanie między małą liczbą indywidualnych nukleonów w nie zamkniętych powłokach a drganiami kolektywnymi, które dają się najłatwiej pobudzić. Drgania kolektywne przyjmuje B o h r w postaci najprostszych drgań powierzchniowych kropli nieściślej ciecży, lecz szczególnie ten nie jest istotny dla modelu. Najważniejszym punktem jest sprzężenie ruchów indywidualnych i kolektywnych. Ono odpowiedzialne jest jednocześnie za deformacją struktury jądra w każdym z jego sta-

nów i za występowanie drgań pobudzenia, scharakteryzowanych przez rotację tego ułamka masy jądra, który ulega deformacji. Z tej interpretacji stanów rotacyjnych wynika bezpośrednio, że powinny one być łatwo pobudzone przez działanie pól elektrycznych takich, jakie powstają przy przechodzeniu cząstek naładowanych w okolicy jądra; pełen sukces doświadczeń [4] podjętych dla sprawdzenia tych przewidywań zdecydowanie podtrzymuje nowy model. Odkrycie jądrowych widm rotacyjnych należy naprawdę do najpiękniejszych na bogatym terenie fizyki jądrowej.

Istnieją jednak pewne wskazania, że przedstawienie drgań kolektywnych przez drgania nieściśliwej kropli nie wystarcza. Z u n i f i k o w a n y m o d e l B o h r a, dobrze potwierdzony w swych najważniejszych punktach, wymaga zmiany w tym względzie. Pierwsza kwestia, jaką trzeba przebadać, jest możliwy wpływ ściśliwości materii jądrowej. Chociaż badanie tego problemu nie zostało zakończone, ustalono już, że ściśliwość gra ważną rolę w szczególnym typie pobudzenia kolektywnego, charakteryzującym się przesunięciem względnym cieczy protonów i neutronów. Istnienie takiego pobudzenia, dającego duży elektryczny moment dipolowy jądra, wykazane zostało przez tak zwany „wielki rezonans” w absorpcji γ . Ostatnie badania pokazały, że częstość rezonansu zależy znacznie od ściśliwości fluidu jądrowego i istotnie staje się równa wielkości obserwowanej dla wartości współczynnika ściśliwości, którą oszacować można z krzywizny „powierzchni energetycznej”, tzn. powierzchni reprezentującej zależność energii jądrowej od liczby składowych protonów i neutronów.

Być może jednak, że opis ruchów kolektywnych w jądrze wymaga bardziej drastycznej rewizji. Nasuwa się w związku z tym myśl o efekcie zbijania w cząstki α (α -clustering), który przewiduje teoretycznie najogólniejsza analiza współdziałań jądrowych: istnieje tendencja dwóch protonów i dwóch neutronów przeciwnych spinów do zbijania się wewnątrz jądra w jedną cząstkę α . Oczywiście takie cząstki wkrótce rozpadną się znowu, ale można ocenić, że ich czas życia będzie dostatecznie długi, zwłaszcza w lekkich jądrach, aby usprawiedliwić traktowanie stanów wzbudzonych jądra jako drgań i rotacji określonej siatki cząstek α . Co więcej, energie wiązania stanów podstawowych jąder α -cząstkowych (tzn. jąder składających się z $2n$ protonów i $2n$ neutronów) można zinterpretować jako sumy energii składowych cząstek α oraz energii wiązania tych cząstek w siatkę o określonej symetrii.

Ostatnie sprawdzenie [5], czy da się teoretycznie usprawiedliwić tego rodzaju opis struktury jądra, doprowadziło do wniosku, że opis ten jest rzeczywiście zgodny ze zwykłymi wyobrażeniami co do formy elementarnego prawa współdziałania między nukleonami, przynajmniej w przypadku jeśli wielkość cząstki α jest naprawdę tak mała, jak to zdają się wskazywać doświadczenia nad rozpraszaniem szybkich nukleonów na helu. Znalezione, że główne współdziałanie między dwoma cząstkami α jest typu polaryzacyjnego (jak siły van der Waals'a między cząsteczkami), podczas gdy siły pochodzące od wymiany nukleonów (które mają tendencję rozkładania cząstek α) są znacznie mniejsze. Istnieje więc dobra podstawa ujmowania opisu własności jądrowych z punktu widzenia tak zmodernizowanego modelu α — cząsteczkowego.

Choć w modelu tym jednostką składową byłaby cząstka α , a nie nukleon, jest jasne, że nie ma sprzeczności między tym modelem a modelem powłokowym; w rzeczywistości każdy wniosek wyprowadzony z modelu α — cząstkowego powinien dać się wyprowadzić z modelu powłokowego również, o ile tylko uwzględni się w wystarczający sposób współdziałanie między indywidualnymi nukleonami.

Można się jednak spodziewać, że schematyzacja struktury jądrowej wyrażona przez model $\tilde{\alpha}$ — cząstkowy przynajmniej w pewnych przypadkach będzie dawała lepsze przybliżenie do rzeczywistego stanu rzeczy, niż daje model powłokowy, i w ten sposób prowadzić będzie do pełniejszego zdania sprawy z pewnej grupy zjawisk — a to jest celem modelu jądrowego.

LITERATURA

- [1] Bohr N., *Nature*, **137**, 344 (1936).
- [2] Patrz np. Flowers B. H., *Progress in Nuclear Physics*, **2**, 235 (1952).
- [3] Bohr A., Mottelson B., *Dan Mat. fys. Medd.*, **27**, nr 16 (1953).
- [4] Buus T., Zupancic C., *Dan. Mat. fys. Medd.*, **28**, nr 1 (1953).
- [5] Herzenberg A., w druku.

ZAGADNIENIE SYSTEMATYZACJI CZĄSTEK ELEMENTARNYCH

Wobec pojawienia się w doświadczeniu coraz to nowych cząstek elementarnych, o czym mówił w swoim referacie prof. D a n y s z, powstaje palące zagadnienie ich systematyzacji. Dotychczasowe postępowanie, polegające na wprowadzeniu *ad hoc* dla każdej nowoodkrytej cząstki nowej funkcji pola o danym charakterze transformacyjnym (spinie) i nowym parametrze masy, jest nie zadowalające. Potrzebne jest jakieś nowe podejście, które pozwoliłoby na wyjaśnienie istnienia rodzin cząstek i prawidłowości we wzajemnych oddziaływaniach i przemianach jednych w drugie. Jedną z najbardziej interesujących prób w tym kierunku zrobił P a i s (1953). Punktem wyjścia była kwestia spinu izotopowego, który formalnie występuje w teorii w roli podobnej do spinu zwykłego i pozwala na formalne traktowanie neutronu i protonu jako dwóch stanów jednego i tego samego pola. P a i s zwraca uwagę na fakt, że rola spinu izotopowego w dotychczasowej teorii jest czysto formalna. Jeżeli ma być on wbudowany integralnie do teorii, to trzeba rozszerzyć przestrzeń zdarzeń fizycznych tak, ażeby macierze spinu izotopowego τ były związane z grupą obrotów $0(3)$ w zupełnie podobny sposób jak macierze σ P a u l i e g o wiążą się z grupą obrotów zwykłej przestrzeni x, y, z . Minimalne rozszerzenie przestrzeni, które spełnia te wymagania, polega na przyjęciu iloczynu kartezjańskiego przestrzeni zwykłej $(X_1 \dots X_4)$ i dwuwymiarowej przestrzeni ω , której punkty przechodzą w siebie przy obrotach. Możemy więc wyobrazić sobie, że ω jest zbiorem punktów na powierzchni kuli w przestrzeni trójwymiarowej. Punkty przestrzeni $0(3)$ i ω nie mieszają się ze sobą przy transformacji L o r e n t z a i nie można uważać, że w tej teorii cząstki mają jakąś rozciągłość przestrzenną. Funkcje pola $\Psi(x, \omega)$ są spinorami zarówno ze względu na grupę L o r e n t z a, jak i na grupę $0(3)$, a więc zależą od wskaźników $\rho = 1, \dots, 4, \sigma = 1, 2$. Wystarcza to dla opisu protonu i neutronu jako jednej cząstki (nukleon).

W podobny sposób można opisywać mezony, zakładając na przykład, że funkcja pola jest pseudoskalarem ze względu na grupę L o r e n t z a i pseudowektorem ze względu na $0(3)$. Pozostańmy jednak przy nukleonach. Jakie równanie spełnić mogą nukleony? P a i s rozważa operator infinitesimalnych obrotów $\vec{K}$ w odnośnej przestrzeni trójwymiarowej

$$\vec{K} \times \vec{K} = i \vec{K}$$

i wprowadza najprostsze założenie, że rozszerzone równanie D i r a c a

jest liniowe ze względu na wszystkie infinitesimalne przesunięcia w przestrzeni x ω , a więc

$$\left(a_\mu \frac{\partial}{\partial x_\mu} + \frac{1}{\Lambda} \vec{\tau} \vec{K} + m \right) \Psi(x, \omega) = 0,$$

gdzie Λ jest parametrem o wymiarze długości. Wprowadzając k :

$$\vec{K}^2 = k(k+1)$$

mamy sytuację następującą: w zależności od tego, czy k jest parzyste, czy nie, mówimy o parzystości stanu. Jest to parzystość ze względu na inwersję w przestrzeni ω . Ta teoria wprowadza dwie uderzające nowości: po pierwsze, obejmuje układy cząstek o różnych masach. Jak widać, operatorem masy jest

$$\frac{1}{\Lambda} \vec{\tau} \vec{K} + M$$

i można łatwo pokazać, że wartości własne masy są

$$\left| M + \frac{k}{\Lambda} \right| \text{ dla } I = k + \frac{1}{2}, (k = 0, 1 \dots); \left| M - \frac{k+1}{\Lambda} \right| \text{ dla } I = k - \frac{1}{2} (k = 1, 2 \dots).$$

Po drugie, możliwe są wyższe stany ładunkowe ($e = 2, 3 \dots$) oprócz zwykłych $(0, 1)$ dla wyższych wartości K_3 .

Jeśli chodzi o oddziaływanie z polem elektromagnetycznym, to Pais, zakłada, że nie zależy ono od ω . Posiada to ważną konsekwencję, mianowicie ze względu na ortogonalność funkcji $\Psi(x, \omega)$ pojawia się od razu reguła wyboru, zabraniająca przejść pomiędzy dwoma stanami masy przy emisji γ . To tłumaczy stabilność hyperonu ze względu na ewentualny rozpad z emisją gamma. Jeśli chodzi o sprzężenie z polem mezo-nowym, to przejścia możliwe są tylko przy zachowaniu parzystości. Wobec tego przejście

$$\Lambda^0 \rightarrow N + \pi$$

jest wzbronione. Zdaniem Paisa, ta reguła wyboru jest zapewne przełamana przez jakieś inne, bliżej nie znane jeszcze względy, tak że stan Λ^0 jest metatrwały, co tłumaczyłoby względnie długi czas życia tej cząstki. Natomiast ze względu na dużą wartość stałej sprzężenia, przejścia od wyższych stanów masy do stanu podstawowego powinny być bardzo szybkie, a więc bezpośrednio obserwowalne byłyby tylko dwa stany masy w każdej rodzinie. Od czasu pojawienia się pracy Paisa mamy już nowy materiał doświadczalny, wskazujący na niezgodność z tą teorią. Istnieją cząstki o masie znacznie wyższej niż 2180 (względnie 2300), rozpadające się w sposób kaskadowy. Wobec tego Pais proponuje nową wersję swojej teorii i sądzi, że grupa $0(3)$ jest nie wystarczająca i należy rozszerzyć ją do grupy $0_1(4)$; (grupa obrotów w przestrzeni 4-wymiarowej o wyznaczniku $+1$). W miejsce reguły wzbronienia związanej z parzystością pojawiają się teraz inne reguły wzbronienia i możliwa jest metatrwałość wyższych stanów masy.

Przejdźmy z kolei do innych prób uogólnienia teorii pola, w których możliwe wydaje się wytłumaczenie istnienia rodzin cząstek elementarnych. Chodzi tu o teorie typu dwulokalnego. W 1950 r. Yukawa zaproponował uogólnienie teorii pola polegające na założeniu, że funkcje pola są macierzami

$$\Psi = \Psi_{x'x''} = (x' | \Psi | x'')$$

lub, wprowadzając zmienne

$$x = \frac{x' + x''}{2}, \quad \tau = x' - x'',$$

że zależą od dwu rodzajów zmiennych x_μ, τ_μ , gdzie τ_μ oznacza zmienne struktury wewnętrznej.

W dwóch krótkich notatkach z 1953 r. Yukawa wskazuje na możliwość uzyskania spektrum mas przez uogólnienie równania Schrödingera - Gordona

$$[p_\mu^2 + F(p, \tau, k)] \Psi(x, \tau) = 0,$$

gdzie F jest funkcją τ_μ , oraz operatorów

$$p_\mu = \frac{1}{i} \frac{\partial}{\partial x_\mu}, \quad k_\mu = \frac{1}{i} \frac{\partial}{\partial \tau_\mu}.$$

Wartości własne operatora F dają kwadraty masy spoczynkowej. Analogicznie można uogólnić też równanie Diraca. Analogia z teorią Paisa jest widoczna z tym, że teraz dodatkowe zmienne oznaczają rzeczywistą rozciągłość cząstek w przestrzeni i czasie. Dwulokalna wersja teorii napotyka jednak od razu na trudności zasadnicze. Wprowadzenie zmiennych τ_μ odpowiada rozszerzeniu grupy transformacji raz jeszcze na grupę Lorentza $L(4)$, której reprezentacje nie dadzą się w ogólności doprowadzić do postaci unitarnej. Charakteryzowanie rodzin cząstek za pomocą takich reprezentacji doprowadziło do sprzeczności. Wyjście z tego dylematu jest możliwe przez wprowadzenie stosownych warunków pobocznych. Ponadto mamy kwestię znalezienia właściwego kształtu operatora masy F .

W obecnej chwili znane są już trzy wersje teorii Yukawy, które usiłują znaleźć rozwiązanie tych problemów. Są to wersje Minard i, Hara oraz moja. W tej ostatniej przyjmuje się za punkt wyjścia uogólnione równanie Schrödingera - Gordona

$$(p_\mu^2 + a_1^2 k_\mu^2 + M^2) \Psi(x, \tau) = 0$$

dla bozonów, lub równanie Diraca

$$(a_\mu p_\mu + a_{\frac{1}{2}} a_\mu k_\mu + M) \Psi(x, \tau) = 0$$

dla fermionów, gdzie a_1 i $a_{\frac{1}{2}}$ są to pewne stałe bezwymiarowe. Ogranicze-

nie grupy transformacji zmiennych τ_μ osiąga się przez wprowadzenie dwóch warunków pobocznych

$$\tau_\mu p_\mu \Psi = 0, \quad (\lambda^2 p_\mu^2 + \lambda^{-2} \tau_\mu^2) \Psi = b \Psi,$$

gdzie λ jest pewną stałą o wymiarze cm, zaś b inną bezwymiarową stałą. Są to warunki poboczne zgodne z postulatem wzajemności Borna. W układzie spoczynkowym cząstki warunki te ograniczają zależność funkcji pola od τ_μ do dwóch zmiennych q i ϑ na kuli o promieniu $\lambda/\sqrt{b - \lambda^2 p^2}$. Odnośna grupa jest więc $O(3)$, tak jak w pierwotnej wersji teorii Paisa. Są jednak istotne różnice pomiędzy obiema teoriami, przede wszystkim ta, że w bilokalnej teorii mamy do czynienia z kątami w zwykłej przestrzeni, które transformują się przy obrotach wraz ze zmiennymi x, y, z . W rezultacie tego zmienia się całkowicie interpretacja: przestrzeń ω nie może być interpretowana jako przestrzeń spinu izotopowego, lecz jako przestrzeń spinu zwykłego. Innymi słowy cząstki o wyższych masach posiadają zarazem wyższe spiny. W teorii występują stałe a, b , oraz M , przy czym ta ostatnia oznacza tak zwaną masę polową. Te stałe można wyznaczyć porównując teoretyczne spektrum mas z danymi doświadczalnymi. Odwrotnie: znajomość tych stałych pozwoliłaby na przewidywanie wartości mas cięższych cząstek.

Sytuacja komplikuje się jednak przez to, że zarówno wśród ciężkich mezonów, jak i wśród hyperonów, mieszają się ze sobą po dwie różne rodziny. Wskazują na to wyraźnie reguły wyboru zabraniające rozpadu mezonu τ na dwa mezony π oraz rozpadu ciężkiego hyperonu Y^- ^{kask.} bezpośrednio na proton i mezon π . Z faktu istnienia reguł wyboru można w bardzo naturalny sposób zdać sprawę, jeżeli wprowadzi się rozróżnienie na dwie kategorie funkcji falowych: takich, które nie zmieniają lub zmieniają znak, gdy dokonujemy odzwierciedlenia (to znaczy przejścia od prawo- do lewoskrętnego układu odniesienia). Mamy więc dwie rodziny bozonów, przy czym mezon τ o spinie 1 należy do tej samej rodziny, co mezon π , natomiast mezon Θ (prawdopodobnie również o spinie 1) należy do drugiej rodziny. Podobna sytuacja panuje wśród hyperonów. Cząstki Λ i Ω należą do innej rodziny niż N, P oraz Y^- ^{kask.} W ten sposób uzyskujemy naturalną klasyfikację cząstek według spinu i parzystości, czyli (mówiąc językiem matematycznym) według nieredukowalnych reprezentacji grupy obrotów i odzwierciedleń. Wszystko wskazuje na to, że obowiązuje następujący ogólny postulat:

Każdej nieredukowalnej reprezentacji grupy obrotów i odzwierciedleń (z wyjątkiem banalnej reprezentacji przez macierze jednostkowe) odpowiada w przyrodzie odrębny rodzaj cząstek. To samo dotyczy też tak zwanej grupy unitarnej, blisko spokrewnionej z grupą obrotów.

Ze wszystkich dzisiaj znanych faktów doświadczalnych, dotyczących zachowania się ciężkich cząstek, można zdać sprawę, jeśli przyjmie się, że istnieją dwa typy oddziaływania pomiędzy ciężkimi cząstkami, scharakteryzowane przez dwie różne (co do rzędu wielkości) stałe sprzężenia G oraz g . Mała stała sprzężenia g odpowiedzialna jest za długi czas życia ciężkich cząstek, duża zaś stała sprzężenia G za silne oddziaływanie (siły jądrowe) oraz za stosunkowo częste powstawanie (par) ciężkich cząstek.

Powyżej omówiona systematyzacja ciężkich cząstek nie tylko pozwala zdać sprawę ze znanych już z doświadczenia faktów, lecz pozwala na przewidywanie pewnych nowych, jeszcze nie odkrytych cząstek i zjawisk. Tak więc na przykład teoria pozwala przypuszczać: że przy zderzeniach dwu szybkich nukleonów powstawać będą cząstki Λ nie pojedynczo, lecz parami. Dalej, teoria przewiduje, że oprócz znanych mezonów o masie około 270, 970, istnieć powinny mezony o masie około 1100 i 1300. Prócz hyperonów o masach około 2200 i 2600 powinien istnieć jeszcze cięższy hyperon o masie około 3000, rozpadający się na proton i mezon Θ .

Jeżeli przyszłe doświadczenia potwierdzą te przewidywania, to stanowić to będzie potwierdzenie słuszności naszych poglądów na naturę ciężkich cząstek. Na razie należy jednak zachować postawę ostrożną i pełną rezerwy, gdyż jest to dopiero teoria „in statu nascendi“, która nie została jeszcze wszechstronnie zbadana ani należycie wypróbowana.

Engelbert Broda

NOWE PRACE NAD OTRZYMYWANIEM I ZASTOSOWANIAM PROMIENIOTWÓRCZYCH ZWIĄZKÓW WĘGLA

Wspaniałe pionierskie prace Marii Skłodowskiej Curie i Piotra Curie dały nam do dyspozycji wielką liczbę naturalnych pierwiastków promieniotwórczych, które w najprzeróżniejszych dziedzinach badań zdobyły wielkie znaczenie. Dzięki odkryciu sztucznej promieniotwórczości w 1934 r. przez Irenę i Fryderyka Joliot - Curie powstała możliwość otrzymywania większości pierwiastków chemicznych w postaci promieniotwórczej. Te sztuczne pierwiastki promieniotwórcze mają specjalnie wielkie znaczenie jako narzędzie badania, gdyż wśród nich znajdują się takie, których izotopy trwale odgrywają bardzo ważną rolę w ożywionej i nieożywionej przyrodzie.

Najważniejszym pierwiastkiem promieniotwórczym jest bez wątpienia długożyciowy izotop promieniotwórczy węgla, a więc izotop węgla o liczbie masowej 14; węgiel odgrywa bowiem nie tylko ważną rolę w nieożywionej przyrodzie, lecz poza tym w żywych substancjach zajmuje kluczowe położenie.

Promieniotwórczy węgiel, czyli tak zwany radiowęgiel, otrzymuje się praktycznie jedynie przez reakcję jądrową $^{14}\text{N}(n, p) ^{14}\text{C}$, która zachodzi azotu poddaje się więc działaniu neutronów w reaktorze atomowym i następnie, chemicznymi metodami, oddziela się wytworzony radiowęgiel. Postać chemiczna, w jakiej otrzymuje się radiowęgiel po reakcji jądrowej, zależy głównie od tego, jaki związek azotu był naświetlany. Ostatnio w tym celu używa się często azotku berylu Be_3N_2 i wtedy większość radiowęglu powstaje w postaci dwutlenku węgla. Węgiel 14 ulega rozpadowi β bez emisji promieni γ . Czas połowicznego zaniku wynosi 5568 ± 30 lat. Radiowęgiel powstający w atmosferze z azotu pod działaniem neutronów z promieniowania kosmicznego może być użyty do określania wieku na przykład historycznych lub archeologicznych zabytków. Również i w Polsce na uniwersytetach w Poznaniu i Toruniu są prowadzone tego rodzaju prace. W tym referacie będzie mowa o zastosowaniach radiowęglu w innej dziedzinie, a mianowicie w badaniach biologicznych. Są to prace badawcze wykonywane metodą „wskazników promieniotwórczych” lub inaczej zwaną metodą „znaczonych atomów”. Metoda ta po raz pierwszy była użyta przed 40 laty w Instytucie Radowym Austriackiej Akademii Nauk przez Panetha i Hewesya’ego przez zastosowanie radioołowiu.

W doświadczeniach biologicznych znaczony węgiel często używany jest w postaci dwutlenku węgla. Jednak w większości przypadków chcąc użyć go do doświadczeń biologicznych musimy najpierw drogą „radiosyntezy“ przeprowadzić go w inną postać chemiczną.

ZASTOSOWANIA METOD KLASYCZNEJ SYNTEZY

Przez „radiosyntezę“ rozumiemy syntezę cząsteczek promieniotwórczych. Radiosynteza, szczególnie synteza związków radiowęgla, zdobyła od ok. 10 lat duże znaczenie, przy czym dostatecznie długi czas życia węgla 14 pozwala na dokonanie skomplikowanych syntez.

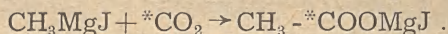
W większości przypadków w radiosyntezie stosuje się zwykle metody chemii syntetycznej. Określimy jednak bliżej warunki ich stosowalności.

1. Zazwyczaj dąży się do otrzymania związków o dużej aktywności właściwej, bowiem i tak w pracach ze wskaźnikami promieniotwórczymi na przykład w biochemii rozcieńczenie izotopowe jest nieuniknione. Z drugiej strony można wprowadzić do organizmu w czasie doświadczenia tylko małą ilość jakiegoś związku, gdyż duża ilość zaburzyłaby równowagę w organizmie. Z tego względu chcąc otrzymać próbki o odpowiedniej aktywności właściwej, trzeba wychodzić ze związków bardzo aktywnych. Przykładem dobrze znanym jest przypadek tarczycy, która mając bardzo duże powinowactwo do jodu, posiada jednak zdolność pochłaniania tylko małych jego ilości. W wyniku tego prawie cały radiojod jest pochłonięty z małej ilości jodku o silnej aktywności, a bardzo mało zostaje pochłonięte z dużej ilości jodku o słabej aktywności. Aby otrzymać związki silnie aktywne, trzeba spełnić dwa warunki: wyjść z surowca o silnej aktywności oraz unikać zbyt dużego rozcieńczenia izotopowego podczas syntezy. Jeżeli chodzi o pierwszy warunek, to sytuacja obecna, ogólnie biorąc, nie jest zadowalająca. Najważniejszym surowcem w radiosyntezie związków radiowęgla jest dwutlenek węgla pochodzący z reaktora atomowego i następnie rozprowadzany w postaci BaCO_3 . Chociaż w reakcji $^{14}\text{N}(n, p)^{14}\text{C}$, radiowęgiel wytwarza się przez działanie na jądro, nie będące jego izotopem, to jednak otrzymywany radiowęgiel zawiera znaczną ilość węgla niepromieniotwórczego. Ogólnie biorąc czystość izotopową dostarczanego CO_2 jest tylko rzędu 10%. Związki organiczne o większej aktywności otrzymuje się znacząc je za pomocą wodoru lub siarki. Jednak cząsteczki w ten sposób znaczone mogą być używane tylko w specjalnych przypadkach.

Dla uniknięcia rozcieńczenia izotopowego operuje się małymi ilościami substancji. Tam wszędzie, gdzie tylko jest to możliwe, zastępuje się zwykle metody strącania i krystalizacji, przy których znaczne straty są nieuniknione, metodami chromatograficznymi w kolumnie lub na papierze, metodami rozdzielu faz ciekłych lub destylacją. Destylację przeprowadza się w atmosferze gazu obojętnego lub w próżni. Nawet przenoszenie substancji z jednego naczynia do drugiego odbywa się, o ile możliwości, przez destylację. Aparatura i metody pracy były opisane w klasycznej pracy Calvina i jego współpracowników [1]. W ten sposób można syntetyzować ilości rzędu tysięcznych części równoważnika.

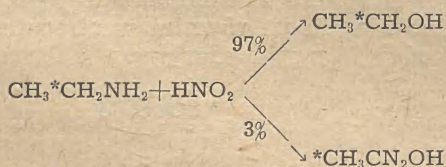
Jako przykład chciałbym podać dwie syntezy zrobione w Wiedniu, jedną z użyciem zamkniętej aparatury, drugą bez. W pierwszym przypadku chodziło o sławną „żółcień masłową“ [2]. Ten barwnik azowy o wzo-

twórczy, niepromieniotwórczy — promieniotwórczy, niepromieniotwórczy — niepromieniotwórczy. Liczba możliwych radioizomerów rośnie szybko wraz z komplikowaniem się budowy cząsteczki. Na przykład benzen daje 13 radioizomerów a toluen już 99. W tym rachunku nie uwzględniano różnicy między trwałymi izotopami węgla o ciężarze atomowym 12 i 13. Naturalnie radioizomery zachowują się w sposób różny w doświadczeniach nad metabolizmem powodującym rozrywanie cząsteczki. Trzeba więc wybrać taką metodę syntezy, żeby znaczony atom otrzymać w żądanym położeniu. Na przykład jedną lub drugą postać kwasu octowego znaczonego można przygotować przez syntezę Grignarda. W pierwszym przypadku używa się znaczonego jodku metylu, w drugim znaczonego CO_2



Z tego powodu K r a t z l i B i l l e k musieli syntetyzować nie tylko 3- ^{14}C -koniferynę, lecz również 2- ^{14}C -koniferynę [6].

Często można mieć do wyboru kilka metod syntezy. Korzystne jest wybrać wówczas taką metodę, która pozwala wprowadzić atom promieniotwórczy w końcowym etapie. W ten sposób traci się zwykle najmniej cennego pierwiastka promieniotwórczego i, co jest jeszcze bardziej ważne, istnieje mniejsze prawdopodobieństwo przemieszczania się atomów w cząsteczce. Takie przemieszczania się zaobserwowano nawet w wypadkach zupełnie nieprzewidywanych, jak na przykład przy wytwarzaniu alkoholu etylowego z aminy etylowej [7]:



3. Każda reakcja chemiczna powoduje częściowe rozdzielanie izotopów (efekt izotopowy). Jednakże w radiosyntezach związków węgla, gdzie różnica ciężarów atomowych izotopów nie jest duża, efekt ten nie jest ważny z punktu widzenia praktycznego, gdyż wynosi zaledwie kilka procent. Oczywiście mógłby on być większy dla procesów kaskadowych, ale nie będziemy się tutaj nimi zajmowali. Szczegóły można znaleźć w literaturze [8].

4. Na koniec trzeba zwrócić uwagę na rozkład substancji spowodowany promieniowaniem. Taki rozkład jest szkodliwy nie tylko dlatego, że powoduje znaczne straty poszukiwanego związku, lecz również dlatego, że w wyniku tego rozkładu mogą powstawać zanieczyszczenia promieniotwórcze, fałszujące całkowicie wyniki doświadczeń. Ograniczymy się do zwrócenia uwagi na to, że można zmniejszyć ten rozkład przechowując związek w roztworze. Energia promieniowania jest wtedy prawie całkowicie pochłaniana przez rozpuszczalnik. Naturalnie, wybrany rozpuszczalnik musi wyłączać możliwość łańcuchowej reakcji chemicznej rozkładu lub też rozwoju bakterii. Dlatego na przykład cukry przechowujemy w alkoholu bezwodnym.

Istnieje pewna ilość monografii dotyczących radiosyntezy. Poza wybitną pracą Calvina, wymienioną już wyżej [1] podamy jeszcze trzy monografie bardzo szczegółowe [9, 10, 11].

Tutaj ograniczymy się tylko do wzmiankowania, że związki alifatyczne proste, które są surowcami w większości syntez, mogą być otrzymywane z dobrą wydajnością ze znaczonego CO_2 . Według Grov'a i Catta [11] wydajność przewyższa 85% w przypadku KCN , C_2H_2 , CH_3OH , CO , CH_4 oraz kwasów tłuszczowych. Sytuacja jest o wiele mniej zadowalająca w przypadku związków aromatycznych. Zwróćmy jednak uwagę na niedawne prace Göttego (Moguncja) nad polimeryzacją katalityczną acetyleny na benzen, które przynoszą znaczną poprawę z tego punktu widzenia.

ZASTOSOWANIE SPECJALNYCH METOD RADIOCHEMICZNYCH

Mówiliśmy już, że zazwyczaj metody radiosyntez pochodzą od metod zwykłych syntez. Istnieją jednak ważne wyjątki, którymi są przynajmniej trzy metody radiosyntezy, nie mające odpowiedników w zwykłej chemii. Są to metody wymiany izotopowej, naświetlania i odrzutu.

1. Wprowadzenie przez wymianę promieniotwórczego atomu do związku jest naturalnie możliwe tylko w pewnych warunkach. Jeżeli wymiana jest zbyt łatwa, metoda ta jest bezużyteczna, gdyż atom promieniotwórczy wymieni się tak samo łatwo w późniejszych zastosowaniach. Na przykład alkohol, w którym wodór grupy wodorotlenowej jestznaczony, wymieni się bardzo szybko z wodorem wody w organizmie i nie można będzie nic wnioskować o metabolizmie alkoholu. Można jednak wykorzystać wymianę, jeżeli zachodzi ona tylko w specjalnych warunkach, na przykład w wysokiej temperaturze lub w obecności katalizatora. W ten sposób można było naznaczyć halogenki alkilu przy pomocy AlCl_3 [13] lub przy pomocy halogenków alkilu w obecności halogenku fosforu [14] inne związki organiczne zawierające chlorowce. Przy pomocy niklu lub palladu można również wprowadzić tryt w pewne położenia do cząsteczek organicznych. Wydaje się, że z radiowęgłem nie wykonano dotychczas żadnej takiej syntezy przez wymianę. Przy użyciu enzymów radiosyntezy tego typu nie są jednak wyłączone.

2. Podawano, że istnieje możliwość naznaczania cząsteczki niepromieniotwórczej cystyny [15] i witaminy B_{12} [16] przez naświetlenie neutronami powolnymi. W cystynie aktywuje się siarkę, a w witaminie B_{12} — kobalt. Niektórzy jednak autorzy podawali w wątpliwość te wyniki i znaleźli, że podczas procesu chwytania neutronu znaczony atom jest wyrzucany z cząsteczki przez odrzut jądrowy (efekt Szilarda) [17, 18, 19]. Dla wyjaśnienia tego procesu należałoby zrobić jeszcze dalsze doświadczenia. W wypadkach prostych np. bromku alkilu metoda ta z całą pewnością daje się stosować (patrz niżej).

Przy pomocy tej metody nie można jednak naznaczyć atomów węgla w związkach organicznych z powodu zbyt małej wartości przekroju czynnego izotopu ^{13}C na chwytywanie neutronów. Według Langsdorfa ten przekrój czynny jest rzędu stu milibarnów, gdy jednak powtórzyliśmy wyznaczenie tej wielkości, znaleźliśmy granicę górną przekroju czynnego dużo niższą, tj. mniej niż 10 milibarnów [20]. Nie można więc otrzy-

mać związków radiowęgla przez aktywację neutronami związku niepromieniotwórczego.

3. Z drugiej strony efekt *S z i l a r d a* można wykorzystać dla wprowadzenia do innych cząsteczek atomów promieniotwórczych, wytworzonych przez pochycenie neutronów. Wiadomo od dawna, że przy naświetlaniu halogenków alifatycznych (klasyczne doświadczenie dla efektu *S z i l a r d a*) otrzymuje się nie tylko cząsteczkę albo jon chłorowca promieniotwórczego, lecz również związki powstające w wyniku podstawienia [21, 22]. Na przykład wychodząc z CH_3J otrzymuje się pomiędzy innymi związkami także CH_3J^* i $\text{CH}_2\text{J}^*\text{J}$, a ze związku CH_3Br otrzymuje się $\text{CH}_2\text{Br}^*\text{Br}$ i CH_3^*Br . Mieszanina CHBr_3 i fenolu daje monobromofenol i również monobromobenzen. Według *L i b b y' e g o* [23] atomy odrzutu „wołają” podstawiać się zamiast swych izotopów, gdyż zgodnie z prawami mechaniki w jednym zderzeniu mogą im oddać swą całkowitą energię kinetyczną.

Dla przeprowadzenia radiosyntezy można wykorzystać nie tylko chwytanie neutronów, ale również przejścia między jądrami izomerycznymi. Parą izomerów nadającą się do takiej syntezy przez podstawienie jest para izomerów bromu ^{80}Br , którego stan normalny ma czas połowicznego zaniku 18 min., a stan wzbudzony ma czas połowicznego zaniku 4,4 godziny. Po radiosyntezie przez odrzut oddziela się wytworzony związek od pierwotnego stosując odpowiedni proces np. destylację lub chromatografię z dodaniem lub bez dodania substancji, wiążącej pożądaný produkt radiosyntezy. Zaletą tego rodzaju radiosyntezy jest jej wyjątkowa szybkość i prostota. Na tej drodze można otrzymywać dosyć skomplikowane związki krótko życiowych radiopierwiastków.

Radiosynteza przez odrzut została zastosowana do radiowęgla w sposób bardzo interesujący przez wielu autorów [12, 24, 25]. Reakcja jądrowa $^{14}\text{N}(n, p)^{14}\text{C}$, wspomniana już wyżej, dostarcza powstającym atomom radiowęgla energii 45 keV. Naświetlając na przykład suchy mocznik otrzymano aż 50% radiowęgla w postaci kwasu cyjanowodorowego. Ze szczawianu piridyny na tej drodze otrzymano znaczoną pirydynę i benzen. Jest oczywiste, że metoda ta posiada wielkie znaczenie przy bezpośrednim wytwarzaniu znaczonych związków przy pomocy reaktora jądrowego.

ZASTOSOWANIE BIOSYNTETY

Dotychczas mówiliśmy tylko o syntezach bez udziału substancji żywych. Obecnie przejdziemy do biosyntezy.

Biosynteza prowadzi do wytworzenia cząsteczek zawierających wiele atomów znaczonych, chociaż stopień naznaczenia różnych atomów nie jest koniecznie ten sam. Fakt występowania wielokrotnego naznaczenia danej cząsteczki nie jest wadą tej metody, gdyż przez obecność atomów promieniotwórczych w różnych położeniach w cząsteczce związki te zyskują większą aktywność właściwą. W każdym razie bez biosyntezy nie byłoby możliwe otrzymanie znacznej liczby związków organicznych, w tym wszystkich białek.

W pewnym sensie można uważać większość doświadczeń biochemicznych ze wskaźnikami promieniotwórczymi jako przypadki „mimowolnych” biosyntez. Gdy wydobywa się z tkanki pewien czysty związek promieniotwórczy, powstający w tkance w wyniku przemiany materii, moż-

na powiedzieć, że otrzymuje się ten związek przez biosyntezę. Naturalnie wydajność wielu takich „syntez” jest zbyt mała, żeby można je było wykorzystać w praktyce. Na przykład wszystkie aminokwasy z białek zwierzęcia będą promieniotwórcze, jeżeli jego pożywienie zawiera promieniotwórczy cukier, mamy jednak inne, lepsze metody wytwarzania tych aminokwasów.

Do biosyntez używa się zazwyczaj roślin zielonych. W niektórych przypadkach, na przykład dla otrzymania kwasów tłuszczowych i aminowych, stosuje się również bakterie. Zwierzęta są używane tylko do kilku specjalnych biosyntez, gdyż przez oddychanie traci się zbyt dużo radiowęgla.

Dla przykładu opiszemy krótko biosyntezę wirusa choroby mozaikowej tytoniu, wykonaną w naszym laboratorium [26]. Zajmowaliśmy się metabolizmem wirusa — jednym z podstawowych zagadnień biologii. Według ogólnie przyjętej opinii wirus jest z konieczności pasożytem i bez współistnienia z żywą tkanką nie może wykazywać zjawisk życiowych. Chociaż opinia ta jest z grubsza słuszna, jest ona jednak trochę dogmatyczna i nie wydaje się nam niemożliwe znalezienie takiego środowiska sztucznego, nieżywego, w którym wirus mógłby się rozwijać.

Przyjmuje się, że wirus nie może się rozmnażać w środowisku typu żelatyny czy agar-agar, w nieobecności odpowiednich enzymów. Ciało (cząsteczka) wirusa byłoby zbyt małe, aby samo mogło wykonywać te funkcje, dla których bakterie na przykład mają bardzo wiele różnych enzymów. Można by więc, dodając stopniowo enzymy do środowiska nieożywionego, zaobserwować chwilę, w której wirus „zaczyna żyć”.

Dla wykonania tego rodzaju doświadczeń trzeba mieć dostatecznie czułą metodę, pozwalającą na stwierdzenie rozpoczęcia się życia. Najlepiej nadaje się do tego metoda radiochemiczna. Trzeba stwierdzić, czy występuje przechodzenie atomów z cząsteczek środowiska do cząsteczek wirusa. (Stwierdzenie zjawiska odwrotnego, tj. przechodzenia atomów od wirusa do środowiska, nie jest wystarczające, gdyż wirus może utracić atomy znaczone drogą chemicznego rozkładu, np. przez niszczące działanie enzymów na wirus).

Naturalnie fakt rozważania jako przejawu życia przejścia substancji środowiska do wirusa, a nie odwrotnie, jest tylko kwestią definicji. Taka definicja może być jednak użyteczna i wydaje nam się być jedyną możliwą definicją przy obecnym stanie naszych wiadomości. Definicja ta równoważna jest stwierdzeniu, że życie wirusa polega na jego wzroście.

Do takich badań najlepiej nadaje się wirus choroby mozaikowej tytoniu i to nie przypadkiem ten wirus był pierwszym odkrytym wirusem (przez I w a n o w s k i e g o w Rosji 1892 r.) i pierwszym otrzymanym w postaci czystej (przez S t a n l e y a w roku 1935). Użyteczność tego wirusa w badaniach związana jest z jego trwałością chemiczną, jak również z występowaniem w dużych stężeniach; świeży liść tytoniu silnie zarażony może zawierać aż 0,1% wirusa.

Można użyć środowiska promieniotwórczego, w którym znajduje się wirus, i zbadać promieniotwórczość wirusa po pewnym czasie pozostawiania w kontakcie z tym środowiskiem. W naszych badaniach potrzebowaliśmy również wirusa znaczonego. Wirus choroby mozaikowej tytoniu został naznaczony przez innych badaczy przy pomocy radiofosforu lub ciężkiego azotu. Metody te nie były jednak zadowalające w naszych wa-

runkach badań, gdyż z jednej strony określenie ilości ciężkiego azotu wymaga użycia spektografu masowego, a nawet gdy ma się taki przyrząd do dyspozycji, jego czułość nie jest wystarczająca. Z drugiej strony w przypadku wirusa naznaczonego fosforem pierwiastek promieniotwórczy nie znajduje się w głównym łańcuchu cząsteczki, lecz w grupie estrowej. Wiązanie chemiczne jest więc zbyt słabe, żeby można było uniknąć wymiany chemicznej. Wirus naznaczony fosforem był otrzymany właśnie przez wymianę między wirusem niepromieniotwórczym i kwasem fosforowym promieniotwórczym. Postanowiliśmy więc naznaczyć wirus przy pomocy węgla.

W tym celu w naszym laboratorium *Schönfeller* poddał zarażone liście promieniotwórczej fotosyntezie w szklanej komorze typu opisanego przez *Hassida* [27]. Poprzednio, podczas dnia, liście były zakryte czarnym papierem, aby wyczerpać ich zapasy węglowodanów. Po wprowadzeniu liścia do komory, działaniem kwasu nadchlorowego na węglan baru, wytwarza się promieniotwórczy CO_2 . Kwas spływa na sól przy nachyleniu całej komory. Następnie wystawia się komorę na rozproszone światło słoneczne lub zwykłej żarówki. Po kilku godzinach prawie wszystkie CO_2 jest pochłonięty. Później niszczy się liść przez zanurzenie w cieplem powietrzu i wydobywa się wirus przez wielokrotne strącanie w punkcie izoelektrycznym [28]. Czystość wirusa parakrystalicznego może być sprawdzona przez elektroforezę. Na koniec określa się jego zawartość ilościowo metodą kolorymetryczną [28].

Aktywność właściwą wirusa mierzy się po spaleniu (w postaci gazowego CO_2) przy pomocy licznika Geigera. Mając do wykonania liczną serię pomiarów stosowaliśmy do spalania metodę szybkiego utleniania w fazie ciekłej, podaną przez *Van Slyke'a* i *Folcha* [29]. W ten sposób udało się nam otrzymać wirus promieniotwórczy i ponadto znaleźliśmy interesującą zależność między tym, co nazywamy „wiekiem wirusa“, a jego aktywnością właściwą.

Wiek wirusa jest określony jako czas, który upłynął od chwili zarażenia liścia do „chwili“ czynnej fotosyntezy. Pierwsze doświadczenia były zrobione z wirusem bardzo starym, w wieku kilku miesięcy; w tym przypadku wydobycie wirusa jest bardzo łatwe, gdyż jego masa jest duża. Później poddano promieniotwórczej fotosyntezie wirusa młodego w wieku kilku dni. Ten osiągnął aktywność właściwą znacznie większą niż stary wirus, wykazując tym samym dużą „energię wzrostu“. Aktywność właściwa węgla w wirusie młodym jest tego samego rzędu, co całego węgla w liściu, chociaż wiadomo, że inne białka roślinne bardzo powoli stają się promieniotwórcze. Młody wirus tak silnie wchłania pierwotne produkty fotosyntezy, a więc i radiowęgiel, że pomimo małej masy całkowita jego aktywność jest większa od aktywności starego wirusa.

Zbadano wiele metod biosyntezy i można je znaleźć w książce *Calvin* i współpracowników oraz w monografiach późniejszych [10, 30]. W tym referacie ograniczymy się tylko do opisanja pewnej biosyntezy, używanej w Wiedniu przez *Svera*k, *Bilek*a, *Suschny'e*go i mnie [31, 32]. Przedmiotem tej biosyntezy było wytworzenie cukrów o bardzo dużej aktywności właściwej. Są one potrzebne przy hodowaniu tkanek pochodzenia zwierzęcego. Ostatecznym celem tego badania było porównanie metabolizmu normalnej i rakowatej komórki.

Metabolizm raka był przedmiotem wielu prac jednak do badań zawsze używano zwierząt lub co najwyżej wycinków tkanek. Wadą tej metody jest, że ma się tu do czynienia ze skomplikowaną mieszaniną różnych tkanek. Każda tkanka ma swój metabolizm właściwy, a więc w rezultacie otrzymuje się wyniki złożone, których interpretacja jest wątpliwa.

Badanie tkanki o składzie jednorodnym jest więc dużo korzystniejsze. Jedynym źródłem takich tkanek jest sztuczna hodowla. Mamy jednak bardzo mało danych o metabolizmie hodowanych tkanek z powodu zbyt małej masy poszczególnych hodowli, która — nie licząc wody — jest rzędu dziesięciu mikrogramów. Poza tym tkanki te trzeba przenosić z jednej pożywki do drugiej co kilka dni, wobec czego produkty metabolizmu hodowli podczas tak krótkiego okresu czasu występują oczywiście w bardzo małej ilości.

W tych warunkach jedyną metodą, która może dostarczyć użytecznych informacji, jest metoda radiochemiczna. Hodowaną tkankę umieszcza się w obecności roztworu cukru promieniotwórczego, po zakończeniu okresu wzrostu zabija się hodowlę i dodaje się w małej, lecz mierzalnej ilości substancje wiążące różne związki promieniotwórcze. Następnie rozdziela się na części różne pod względem chemicznym, spala się je i określa ich promieniotwórczość. Aktywność próbki wskazuje wyraźnie, jaka część cukru promieniotwórczego była zużyta przez hodowlę.

Ze względu na to, że ilość produktów metabolizmu jest mała, chcąc otrzymać mierzalny efekt, trzeba używać cukru o bardzo dużej aktywności właściwej. Wytwarzanie cukrów promieniotwórczych przez biosyntezę jest dobrze znane [27]. Aby ułatwić otrzymywanie cukrów (glukozy, fruktozy i sacharozy) — różni badacze stosowali dawniej substancje wiążące te cukry. Rozporządzając wtedy znacznymi ilościami substancji mogli używać metod strącania lub krystalizacji dla rozdzielania różnych cukrów. Jednak w tym przypadku ze względu na dodawanie substancji niepromieniotwórczych aktywność właściwa była słaba. A więc w badaniu hodowli tkanek trzeba unikać dodawania substancji niepromieniotwórczych, nie używać metod strącania i krystalizacji, pracując w skali kilkuset mikrogramów.

Poddaliśmy radiofotosyntezie bardzo małe liście o ciężarze około 5—6 mg (bez wody), a później stosowaliśmy proces ekstrakcji alkoholem i wodą. Następnie usuwa się barwniki rozpuszczalne w eterze etylowym i działa się na roztwór wodny wymiennicami jonowymi, aby pozbyć się substancji zjonizowanych. Na koniec rozdziela się różne cukry przy pomocy chromatografii na papierze. Ponieważ wyciąg wodny zawiera krochmal, więc trzeba go najpierw zhydrolizować. Ważne jest wypłukanie gumy i papieru przed użyciem, gdyż zawierają one w małych ilościach substancje rozpuszczalne, które jednak przeszkadzają, ponieważ chodzi tu o oczyszczanie również bardzo drobnych ilości substancji.

Aby uniknąć ataku bakterii cukry wymywa się szybką metodą, a później przechowuje się je w postaci alkoholowego roztworu. Według chromatogramów czystość otrzymanych w ten sposób cukrów jest doskonała.

W ten sposób można było wytworzyć, wychodząc z CO_2 o 120% czystości izotopowej, cukry mające aktywność właściwą 135 mikrocurie na miligram, co odpowiada $3 \cdot 10^{11}$ rozpadów na gram i na minutę. Wynika z tego, że podczas biosyntezy, ekstrakcji i oczyszczania cukrów aktyw-

ność właściwa węgla maleje tylko do około połowy. Gdyby miało się do dyspozycji CO_2 całkowicie czysty izotopowo, można by otrzymać cukry, w których na każde dwa atomy węgla jeden byłby promieniotwórczy.

Współpracując z Stockingerem, Enzl i Madl z Wydziału Medycyny, aby zbadać produkty metabolizmu tkanki, dodaliśmy kilka kropli roztworów tych cukrów do hodowli [33, 34]. Można było określić aktywność różnych części zawierających lipoidy, kwasy tłuszczowe, kwasy aminowe i proste zasady oraz, po hydrolizie, aktywność części zawierających białka. Na koniec w szeregu specjalnych doświadczeń zmierzono aktywność CO_2 wydychanego. Średnio biorąc, hodowla tkanki asymiluje $2 \cdot 10^{-8}$ gramów cukru, co odpowiada około 1% użytego cukru.

Obecnie zajmujemy się wydzieleniem określonych związków z tych różnych części. Trzeba podkreślić jednak, że dotychczas zajmowaliśmy się tkanką normalną. Porównanie z tkanką rakową będzie przedmiotem późniejszych badań.

ZAGADNIENIA DOZOWANIA RADIOWĘGLA

Na koniec omówimy dwie metody dozowania radiowęgla. Mierzenie słabych aktywności produktów metabolizmu hodowli tkanek jest możliwe jedynie dzięki istnieniu nadzwyczaj czułej metody. Według tej metody, opracowanej przez Rohringera, aktywność węgla mierzy się w postaci gazowego CO_2 wewnątrz licznika Geigera [35]. Jeżeli porównuje się licznik Geigera o cienkim okienku z licznikiem gazowym, to ten drugi przewyższa licznik z okienkiem pod wielu względami: 1) nie ma autoabsorpcji promieniowania w próbce, 2) nie ma absorpcji w okienku, 3) wykorzystany jest prawie całkowity kąt bryłowy, 4) można wprowadzić do wnętrza licznika więcej węgla w postaci CO_2 , niż można by go umieścić przed okienkiem licznika w postaci BaCO_3 . W sumie więc czułość licznika gazowego jest większa od licznika z okienkiem o dwa rzędy wielkości. Nawet biorąc pod uwagę, że tło w liczniku gazowym jest większe ze względu na jego większą objętość, można mierzyć próbki o aktywności właściwej około sto razy mniejszej.

Licznik napełnia się czystym CO_2 , bez dodawania innego gazu, pod ciśnieniem od 10 do 60 cm Hg. Część prostoliniowa charakterystyki ma długość 4—500 wolt ze spadkiem ledwie mierzalnym. Nie jest on wrażliwy na obecność pary wodnej albo rtęci, ale trzeba unikać obecności tlenu. Ponieważ CO_2 nie jest gazem samogaszącym, licznik połączony jest z układem Neher-Pickeringa. Zdolność rozdzielcza jest nieduża, to jednak nie przeszkadza, gdyż mierzy się tym licznikiem aktywność próbek o bardzo małej aktywności właściwej. Często mogliśmy wykonać około 30 pomiarów dziennie, co było możliwe tylko dlatego, że czas pompowania między kolejnymi napełnianiami licznika był bardzo krótki.

Tym urządzeniem można było dozować aktywności właściwe rzędu 10^{-8} curie/mol. Dla dobrego działania tych liczników trzeba mieć jednak dosyć dużą ilość węgla — około połowę milimola. W biologii masa próbek jest często dużo mniejsza od tej wartości. Naturalnie można zawsze dodać do węgla promieniotwórczego węgiel niepromieniotwórczy, w tym przypadku jednak trzeba brać pod uwagę wielkość całego tła, którego wartość jest określona przez wymiary licznika.

W niektórych zastosowaniach byłoby więc pożądane czułe urządzenie o małej objętości. Takie urządzenie zostało znalezione przez R e i n h a r z a z laboratorium wiedeńskiego i V a n d e r h a e g h e g o [37]. Praca ta była wykonana w Laboratorium Fizyki Jądrowej Uniwersytetu w Brukseli.

Urządzenie to składa się po prostu z rurki kapilarnej o cienkich ściankach, która jest wprowadzana do emulsji fotograficznej, czułej na promienie beta (Ilford G 5). Rurkę napełnia się substancją dozowaną w postaci płynnej lub roztworem. Płytę przechowuje się bez światła przez kilka dni. Następnie wywołuje się, utrzuwa i liczy pod mikroskopem poszczególne ślady pochodzące z rurki. Wydajność, która jest rzędu 50%, określa się przy pomocy wzorca. Objętość rurki jest tak mała, że tło jest tylko rzędu 10^{-15} curie na centymetr długości rurki. Granica aktywności właściwej, którą można jeszcze mierzyć metodą fotograficzną, nie jest dużo mniejsza od aktywności, którą można mierzyć licznikiem gazowym. Całkowita jednak aktywność mierzalna jest 10 tysięcy razy mniejsza. Mamy więc nadzieję, że biologowie i biochemicy zwrócą uwagę na zalety tej metody przy mierzeniu aktywności narządów o bardzo małej masie lub izolowanych chemicznie frakcji tych narządów. Porównanie różnych metod dozowania radiowęgla zostało już opublikowane [36].

Na zakończenie chciałbym jeszcze raz wyrazić mój podziw dla Marii S k ł o d o w s k i e j - C u r i e, której prace, wykonane z takim zaparciem się siebie, pozwoliły nauce zbliżyć się do rozwiązania wielu zagadnień, pomiędzy którymi znajdują się również zagadnienia uważane poprzednio za całkowicie nierozwiązywalne. Słusznie można porównać znaczenie odkrycia metody wskaźników promieniotwórczych, która mogła się rozwinąć w oparciu o podstawowe prace Marii i Piotra C u r i e, ze znaczeniem odkrycia mikroskopu.

Wymienione powyżej prace, które wykonano w Wiedniu, mogły być przeprowadzone jedynie dzięki stałej pomocy dyrektora naszego laboratorium prof. dr L. E b e r t a.

LITERATURA

- [1] Calvin M., Heidelberger C., Reid J., Tolbert B., Yankwich P., *Isotopic Carbon*, New York, 1948.
- [2] Broda E., *Oesterr. Chem. Ztg.*, **53**, 92 (1952).
- [3] Kinoshita R., *Trans. Soc. Path. Jap.*, **27**, 665 (1937).
- [4] Hromatka O., Schlager L., *Mh. Chem.*, **85**, 29 (1954).
- [5] Kratzl K., Billek G., *Holzforchung*, **7**, 66 (1953).
- [6] Kratzl K., Billek G., *Mh. Chem.*, **84**, 406 (1953).
- [7] Ropp G. A., Neville D. K., *Nucleonics*, **9/2**, 22 (1951).
- [8] Bigeleisen J., *Ann. Rev. Phys. Chem.*, **3**, 39 (1952).
- [9] Crompton C. E., Woodruff N. H., *Nucleonics*, **7/3**, 49 (1950); **7/4**, 44 (1950).
- [10] Arnstein H. R. V., Bentley R., *Quart. Rev. Chem., Soc. London*, **4**, 172 (1950).
- [11] Grove W. P., Catch J. R., *Brit. Med. Buil.*, **8**, 234 (1952).
- [12] Yankwich P. E., Rollefson G. K., Norris T. M., *J. Chem. Phys.*, **14**, 131 (1946).

- [13] Blau M., Willard J. E., *J. Am. Chem. Soc.*, **73**, 442 (1951).
[14] Chatterjee S. D., *J. Ind. Chem. Soc.*, **17**, 712 (1940).
[15] Ball E. G., Solomon A. H., Cooper O., *J. Biol. Chem.*, **177**, 81 (1949).
[16] Andersen R. C., Delabarne Y., *J. Am. Chem. Soc.*, **73**, 4051 (1951).
[17] Lipp M., Weigel H., *Naturwiss.*, **39**, 189 (1952).
[18] Numerof P., Kowold J., *J. Am. Chem. Soc.*, **75**, 4350 (1953).
[19] Woodbury D. T., Rosenblum C., *J. Am. Chem. Soc.* **75**, 4364 (1953).
[20] Broda E., Rohringer G., *Naturwiss.*, **40**, 337 (1953).
[21] Glückauf E., Fay J. W., *J. Chem. Soc.*, 390 (1936).
[22] Glückauf E., Jacobi R. B., Kitt G. P., *J. Chem. Soc.*, 330 (1949).
[23] Libby W. F., *J. Am. Chem. Soc.*, **69**, 2523 (1947).
[24] Giacomello G., *Ric. Sci.*, **21**, 1211 (1951).
[25] Croatto U., Giacomello G., Maddock A. G., *Ric. Sci.*, **21**, 1588 (1951).
[26] Schönfellinger M., Broda E., *Mh. Chem.*, **83**, 837 (1952);
Schönfellinger M., Broda E., *Mh. Chem.*, **85**, 33 (1954).
[27] Hassid W. Z., *patz* [1].
[28] Commoner B., Mercer F. L., Merrill P., Zimmer A., *Arch. Biochem.*, **27**, 271 (1950).
[29] Slyke V. D. D., Folch J., *J. Biol. Chem.*, **136**, 509 (1940).
[30] Woodruff N. H., Fowler E. E., *Nucleonics*, **7/2**, 26 (1950).
[31] Sverak L., Bilek H., Broda E., *Mh. Chem.*, **83**, 1116 (1952).
[32] Sverak L., Suschny O., Broda E., *Mh. Chem.*, **84**, 931 (1953).
[33] Suschny O., Broda E., Sverak L., Bilek H., Feldstein O., Stockinger L., Madl H., *Mh. Chem.*, **83**, 1091 (1952).
[34] Stockinger L., Enzl H., Broda E., Suschny O., Sverak L., *Mh. Chem.*, **85**, 327 (1954).
[35] Rohringer G., Broda E., *Z. Naturforsch.*, **8b**, 159 (1953).
[36] Reinharz M., Rohringer G., Broda E., *Acta Phys. Austr.*, **8**, 285 (1954).
[37] Reinharz M., Vanderhaeghe G., *Nuovo Cimento*, (w druku).

Włodzimierz Baranow

ODKRYCIE PROMIENIOTWÓRCZOŚCI PRZEZ MARIE SKŁODOWSKĄ-CURIE I ROZWÓJ RADIOGEOLOGII W ZSRR

Przede wszystkim chciałem wyrazić wdzięczność Akademii Nauk Polski Ludowej za zaszczytną propozycję wygłoszenia referatu na sesji poświęconej pamięci Marii Skłodowskiej-Curie. My, uczeni radzieccy, razem z Wami, szczególnie serdecznie wspominamy Panią Skłodowską-Curie, ponieważ Jej odkrycia w dziedzinie badań nad naturalną promieniotwórczością pierwiastków wywarły duży wpływ na rozwój prac o promieniotwórczości w mojej ojczyźnie. Nasz czołowy radiolog Akademii Nauk Ł. S. Kołowrat-Czerwieński specjalizował się w dziedzinie promieniotwórczości w laboratorium Pani Curie.

Ja natomiast jestem współpracownikiem Instytutu im. W. I. Wernadskiego, który pracował w laboratorium Pani Curie przy analizie minerałów promieniotwórczych.

Swoją pracę naukową prowadziłem przeważnie w dziedzinie poznania promieniotwórczości w przyrodzie i zjawisk elektrycznych w atmosferze. Dlatego w referacie nie będę zatrzymywał się na dobrze wszystkim znanym znaczeniu odkrycia małżonków Curie, które wywołało zupełną zmianę poglądów o budowie materii i miało niezliczone następstwa w dziedzinie fizyki, chemii, biologii i techniki, lecz ośmielę się wspomnieć o dużo mniej znanym wpływie wspólnych odkryć Pani Skłodowskiej-Curie i Jej męża, Piotra Curie, w dziedzinie nauk geologicznych.

Wybitny rosyjski uczony, przyrodnik akademik W. I. Wernadski, którego dziesięciolecie śmierci przypadnie w 1955 r., jako jeden z pierwszych zwrócił uwagę na duże znaczenie promieniotwórczości dla geologii. W swoim przemówieniu, na ogólnym zebraniu Akademii Nauk w Petersburgu 29 grudnia 1910 r., *Aktualne zagadnienia w dziedzinie radu* powiedział on:

„Już obecnie w celu odtworzenia rzeczywistego obrazu przyrody wysunięto znaczenie promieniotwórczości dla wyjaśnienia temperatury kuli ziemskiej, dla określenia jej wieku, dla obliczania czasu trwania okresów geologicznych, tworzenia się łańcuchów górskich; widzimy jej objawy w nauce o elektryczności atmosferycznej i o reakcjach chemicznych na powierzchni Ziemi“.

W. I. Wernadski zaproponował wydzielenie z nauk geologicznych osobnego działu pod nazwą radiogeologii, której zadania formułuje on w następujący sposób: „Radiogeologia bada przebieg procesów pro-

mieniotwórczych na naszej planecie, ich odzwierciedlenie i przejawy w zjawiskach geologicznych". Systematyczny wykład radiogeologii dał on w wykładach wygłoszonych na Uniwersytecie Paryskim w 1931 r.

W ciągu ostatniego ćwierćwiecza swej intensywnej działalności naukowej W. I. Wernadski zwracał specjalną uwagę na prace w dziedzinie radiogeologii. W organizowanym przez niego Instytucie Radowym Rosyjskiej Akademii Nauk stworzył on w odróżnieniu od analogicznych instytutów w innych krajach, obok działów fizycznego i chemicznego, również dział geochemiczny, którego zadaniem było rozwijanie prac w dziedzinie radiogeologii.

Jako podstawowe problemy radiogeologii zostały wysunięte przez W. I. W e r n a d s k i e g o, następujące zagadnienia:

1. Poznanie rozmieszczenia pierwiastków promieniotwórczych w złożach mineralnych różnych obszarów kraju jako miary energii atomowej, którą to energię uważał on za główny czynnik określający rozwój procesów geologicznych — zestawienie mapy radiogeologicznej.

2. Zastosowanie metod opartych na promieniotwórczości do określania bezwzględnego wieku geologicznego, w szczególności dla znajdowania najstarszych części lądów.

3. Poznanie zmian chemicznych zachodzących w substancji skorupy ziemskiej pod wpływem rozpadu promieniotwórczego. W szczególności zmiany składu izotopowego pierwiastków promieniotwórczych (Pb, He...).

W ciągu półwiecza, które minęło od czasu pojawienia się idei radiogeologicznych, została wykonana przez uczonych wielu krajów olbrzymia praca i otrzymane cenne wyniki naukowe.

W swoim referacie zatrzymam się jedynie na dwóch zagadnieniach związanych bezpośrednio z rozwinięciem idei małżonków C u r i e, wynikających z odkrycia radu i innych wybitnych odkryć Pani C u r i e.

Jak zaznacza W. I. W e r n a d s k i, za czas narodzin idei radiogeologicznych należy przyjąć rok 1902, kiedy na posiedzeniu Paryskiego Towarzystwa Fizycznego Piotr C u r i e zaproponował stosowanie rozpadu radioaktywnego jako wzorca wieku w geologii.

W następnym, 1903 r. C u r i e i L a b o r d e stwierdzili, że rad bez przerwy wydziela ciepło. Wiążąc odkrycie to z powszechnym rozprzestrzenieniem pierwiastków promieniotwórczych. J o l y, profesor geologii Uniwersytetu Dublińskiego wskazał na wielkie znaczenie dla Ziemi ciepła pochodzenia promieniotwórczego. Przed odkryciem zjawiska promieniotwórczości panowała w geologii teoria ostygnięcia Ziemi, oparta na hipotezie K a n t a - L a p l a c e'a powstania układu słonecznego. Ciepło wewnętrzne Ziemi uważane było za pozostałość pierwotnego żaru.

Nawiązując do tego chciałbym omówić prace uczonych radzieckich poświęcone zagadnieniu rozmieszczania promieniotwórczych pierwiastków w Ziemi w związku z jej termicznym reżymem.

Liczne analizy chemiczne złóż mineralnych pozwoliły na stworzenie obrazu rozprzestrzenienia pierwiastków chemicznych w górnej warstwie Ziemi do głębokości 16 km. Ostatnia wzmianka podana została przez akademika A. P. W i n o g r a d o w a.

O składzie wewnętrznych warstw Ziemi wnioskować można jedynie według danych badań geofizycznych wykonanych na powierzchni i według analogii z substancją meteorytów, przyjmując określoną hipotezę o podziale Ziemi na powłoki strefowe.

Opierając się na schemacie V . G o l d s c h m i d t a — akademika W. G. C h ł o p i n a — pierwszy w Związku Radzieckim dał w 1937 r. schemat rozmieszczenia źródeł ciepła pochodzenia promieniotwórczego według głębokości i zestawiał bilans energii cieplnej kuli ziemskiej z uwzględnieniem wszystkich naturalnych pierwiastków promieniotwórczych.

G. B. W o j t k i e w i c z powtórzył w sposób bardziej ścisły obliczenia W. G. C h ł o p i n a i wykazał, że można przy prawdopodobnych założeniach o rozkładzie promieniotwórczych pierwiastków zrównoważyć termiczny reżym Ziemi.

Rozwój poglądów W. I. W e r n a d s k i e g o o dominującym znaczeniu ciepła pochodzenia promieniotwórczego przy nierównomiernym rozkładzie przestrzennym pierwiastków promieniotwórczych w skorupie ziemskiej znalazł swoje odbicie w pracach radzieckiego geologa — geotektonika W. W. B i e ł o u s o w a.

Autor ten wykazuje, że procesy tektoniczne wywoływane są zasadniczo dwiema przyczynami: fizyko-chemiczną i grawitacyjną dyferencjacją substancji ziemskiej trwającą do dziś dnia oraz energią rozpadu promieniotwórczego.

Drugi rozdział radiogeologii — zastosowanie opartych na promieniotwórczości metod do określania wieku geologicznego zwraca szczególną uwagę uczonych radzieckich. Na XVII Kongresie Geologicznym na wniosek W. I. W e r n a d s k i e g o postanowiono zorganizować międzynarodowy komitet do spraw określenia bezwzględnego wieku geologicznego, którego wiceprzewodniczącym on właśnie został wybrany. Przy Akademii Nauk Związku Radzieckiego zorganizowana została komisja do określenia bezwzględnego wieku formacji geologicznych pod kierownictwem W. I. W e r n a d s k i e g o.

W. I. Wernadski zwrócił szczególną uwagę na dokładność i prawdziwość uzyskiwanych danych i krytyczne ustosunkowanie się do stosowanej metody.

Z prac o wieku formacji wykonanych w ostatnich latach w Związku Radzieckim chciałbym omówić następujące:

Klasycznymi metodami określania wieku geologicznego są metody ołowiowa i helowa. Obie te metody, dające dobre wyniki dla minerałów promieniotwórczych, mają ograniczone zastosowanie do określania wieku złóż, skutkiem trudności wynikających przy uzyskiwaniu minerałów nadających się do określania wieku.

Znacznie większe perspektywy ma metoda argonowa określania wieku geologicznego, zaproponowana w roku 1947 przez W. G. C h ł o p i n a i E. K. G e r l i n g a, oparta na tworzeniu się ^{40}Ar przy rozpadzie ^{40}K według schematu wychwyty K, którą można zastosować do szeroko rozprzestrzenionych minerałów potasowych.

E. K. G e r l i n g jako pierwszy wykazał doświadczalnie nagromadzenie się argonu w minerałach potasowych i wykonał pracę o określaniu stałej wychwyty K dla potasu drogą porównania zawartości argonu

i potasu w solach potasu o znanym wieku geologicznym. E. K. Gerling wykazał na drodze teoretycznej i doświadczalnej, że argon dzięki większemu promieniowi atomowemu znacznie lepiej utrzymuje się w twardych minerałach aniżeli hel.

Metodą argonową doprowadzono do praktycznego jej wykorzystania i wykazano możliwość zastosowania jej do tak rozpowszechnionych minerałów jak np. mika, otrzymując wyniki zgodne z niezawodnymi określeniami przy pomocy klasycznej metody ołowiowej.

Jak się okazało, słabym punktem metody argonowej, według niektórych geologów, jest obecność czasami dodatkowego argonu w minerałach, który widocznie został pochwycony w procesie ich powstawania.

Szczególnie interesującą jest praca o określaniu wieku meteorytów kamiennych metodą argonową (E. K. Gerling i K. G. Rik). W pracy tej wykazano, że niektóre meteoryty w czasie swego istnienia straciły znaczną część argonu i że wiek meteorytów określany metodą argonową jest wiekiem ostatniej przemiany meteorytu. Próbkami meteorytów kamiennych nie wykazujące według petrograficznych danych śladów wtórnych zmian, okazały się nadającymi do określania ich całkowitego wieku metodą argonową.

Wiek ich wynosi 4 i więcej miliardów lat, co wskazuje na wspólne ich pochodzenie z układem słonecznym.

Obecnie w kilku instytutach, prowadzi się metodyczne opracowanie metody argonowej.

W dalszym ciągu należy wymienić prace radzieckich uczonych opracowujących metody określania wieku młodych złóż geologicznych. Ł. M. K u r b a t o w, zastosował w 1936 r. opartą na promieniotwórczości metodę do określania wieku nowych osadów morskich według zawartości radu.

Obserwując prawidłowe zmniejszanie się koncentracji radu w kierunku od powierzchni do wnętrza wapienno-manganowych podłoża Morza Karaskiego, wykazał on, że przy założeniu stałej koncentracji radu w osadzającym się materiale można na podstawie zmniejszania się jego zawartości ocenić szybkość tworzenia się tego podłoża.

Rozwinięciem tej idei jest zastosowanie opracowanej przez U r e y'a, P i g o t t a i innych metody, opartej na zawartości jonu, do określania wieku głębokowodnych oceanicznych osadów.

W. W. C z e r d y ņ c e w zastosował metodę radowo-aktynową do określania wieku paleolitu na podstawie skamielin kostnych. Metoda ta oparta jest na założeniu, że przy mineralizacji kości uran osadza się w znacznie większej ilości i wobec tego wiek można określić na podstawie ilości nagromadzonego jonu i protaktynu, wskaźnikami których są rad i aktywność.

Duże zainteresowanie uczonych wywołuje zagadnienie wieku Ziemi i substancji ziemskiej.

Liczni uczeni próbowali wykorzystać dane o składzie izotopowym ołowiu w rudach do określenia wieku Ziemi i skorupy ziemskiej. U podstaw tych prac leży założenie prawidłowych zmian składu izotopowego ołowiu powstających z wiekiem w złożach ołowiu. Jeśli się założy, że skład izotopowy ołowiu powstającego w jego złożach odpowiada średniemu składowi

izotopowemu ołowiu w skałach, macierzystych w stosunku do ołowiu w złożach, to powinno się obserwować prawidłową zmianę składu izotopowego ołowiu w rudzie w związku z wiekiem złoża.

Ołów młodych złóż powinien być bogatszy w izotopy powstałe skutkiem rozpadu radioaktywnego 206, 207 i 208. Zostało to potwierdzone danymi doświadczalnymi. Na tej podstawie możliwe są dwie metody opracowania danych dotyczących izotopowego składu ołowiu pochodzącego z rudy dla oceny wieku skorupy ziemskiej: metoda ekstrapolacji do pewnej początkowej chwili gromadzenia się ołowiu pochodzenia promieniotwórczego i metoda izochron.

Ekstrapolując krzywą zawartości izotopów pochodzenia promieniotwórczego w zależności od wieku ołowiu, można wyznaczyć moment początkowy gromadzenia się ołowiu pochodzenia promieniotwórczego; okres ten można nazwać wiekiem złoża macierzystego w stosunku do złóż ołowiu; liczbę tę nazywają wiekiem skorupy ziemskiej.

Przy założeniu jednakowego wieku złóż macierzystych różnych pokładów ołowiu, stosunki zawartości izotopów ołowiu 207 i 206 do izotopu 204, pochodzenia niepromieniotwórczego, powinny być związane liniową zależnością. Dla grup ołowiu o tym samym wieku geologicznym izochrony winny być liniami prostymi. Przecięcie się izochron o różnym wieku geologicznym daje punkt odpowiadający chwili początkowej gromadzenia się ołowiu pochodzenia promieniotwórczego w macierzystym złożu.

Tą drogą H o l m e s i inni autorzy otrzymali jako wiek skorupy ziemskiej liczbę około $3,3 \cdot 10^9$ lat.

W Instytucie im. W. I. Wernadskiego akademik A. N. W i n o g r a d o w ze współpracownikami postawił zadanie, na podstawie dużej ilości analiz izotopowych, również i własnych, otrzymania powyższymi metodami dokładniejszych wyników liczbowych i uściślenia pojęcia wieku Ziemi i skorupy ziemskiej. W Instytucie otrzymano kilkadziesiąt określeń składu izotopowego ołowiu w rudach.

W wyniku opracowania wszystkich opublikowanych i własnych analiz doszedł on do wniosku, że wiek skorupy ziemskiej bliższy jest liczbie $5 \cdot 10^9$ lat aniżeli $3 \cdot 10^9$ lat.

Współpracownicy Instytutu im. W. I. Wernadskiego wykazali, że szeroko rozpowszechniona metoda określenia wieku minerałów według stosunku izotopowego $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$ może dać błędne wyniki, ponieważ przy migracji ołowiu lub uranu skład izotopowy ołowiu zmienia się i według tej metody można otrzymać bardzo różnorodne wyniki obliczeń wieku.

Metody oparte na promieniotwórczości mogą być także wykorzystane dla oceny wieku pierwiastków chemicznych. Istnienie na ziemi pierwiastków promieniotwórczych podlegających nieodwracalnemu procesowi rozpadu prowadzi w konsekwencji do nieuniknionego wniosku, że substancja, z której składa się ziemia, znajdowała się poprzednio w innych warunkach, w których zachodziła synteza pierwiastków promieniotwórczych a prawdopodobnie i pierwiastków trwałych.

Najdokładniej można ocenić wiek pierwiastków chemicznych na podstawie izotopowego składu uranu, ponieważ statystyka jąder atomowych

pozwała na ocenę granicy możliwego stosunku początkowego izotopów
 ^{235}U
 ^{238}U .

Przyjmując dla tego stosunku, na podstawie analogii ze stosunkiem dla sąsiednich trwałych nieparzystych izotopów parzystych pierwiastków, wartość około 0,5 otrzymamy jako wiek uranu a prawdopodobnie i innych pierwiastków chemicznych liczbę bliską $5 \cdot 10^9$ lat.

Wiek Ziemi nie może różnić się znacznie od tej wartości i, jak wykazały obliczenia akademika A. T. W i n o g r a d o w a, wiek skorupy ziemskiej, ściślej złóż macierzystych w stosunku do pokładów ołowiu, bliski jest wieku Ziemi.

Prace w dziedzinie radiogeologii prowadzone są w dalszym ciągu i bez wątpienia doprowadzą do ważnych wyników zarówno dla geologii praktycznej, jak i teoretycznej.

Na zakończenie chciałbym powiedzieć, że kontakt naukowy naszych radiologów z Panią C u r i e utrzymywany był zarówno w pierwszych latach po odkryciu zjawiska promieniotwórczości, jak i w okresie późniejszym. Młodzi ludzie ze Związku Radzieckiego wykonywali prace naukowe w Jej laboratorium w Paryżu.

Antoni Lacassagne

ZASTOSOWANIA RADU W BIOLOGII I MEDYCYNIE

W referacie niniejszym, na opracowanie którego miałem zaszczyt otrzymać zaproszenie Polskiej Akademii Nauk, pragnąłbym przypomnieć, w jaki sposób odkrywcy radu — Piotr i Maria C u r i e — stali się inicjatorami wykorzystania tego nowego pierwiastka w biologii i w medycynie. Oboje jednakowo ożywieni duchem szlachetnym i humanitarnym pragnęli najgoręcej, aby owoc ich pracy służył nie tylko postępom nauki, lecz by niósł ulgę chorym.

Biologiczne działanie promieniowania radu stało się oczywistym w 1901 roku — na skutek przypadkowego oparzenia skóry, któremu uległ Henri B e c q u e r e l nosząc przez kilka dni w kieszeni kamizelki rurkę zawierającą trochę tej substancji. Poddając się sam podobnemu doświadczeniu, Piotr C u r i e wywołał analogiczne objawy na swym przedramieniu, do którego przymocował ognisko radioaktywne. Małżonkowie C u r i e zajęli się zbadaniem nowego odkrytego przez nich pierwiastka jako środka terapeutycznego.

Zaproponowali oni lekarzowi dermatologowi — doktorowi D a n l o s, iż postawią do jego dyspozycji potrzebny materiał w formie rurek szklanych i torebek z płytkami o różnych wymiarach i o różnej radioaktywności z tym, by zajął się on badaniem skutków promieniowania na uszkodzeniach skóry. W ten sposób narodziła się radioterapia. D a n l o s w krótkim czasie podał do wiadomości zachęcające wyniki uzyskane w leczeniu wilka, od którego rozpoczął on swe doświadczenia z nowym środkiem.

Ponadto małżonkowie C u r i e postavili sobie pytanie, czy promieniowanie radu działające na płytę fotograficzną poprzez nieprzezroczystą przestłonę nie mogłoby, jeśli nie całkowicie przywrócić wzrok ślepy, to przynajmniej stan ich poprawić. Zlecili oni oftalmologowi drowi J a v o l o w i podjąć badania w tym kierunku. Rozpatrując również możliwości złagodzenia bólu analogicznym działaniem, powierzyli uczeni małżonkowie pewną ilość radu neurologowi drowi R a y m o n d o w i, który doświadczenia rozpoczął od prób złagodzenia bólu u tabetyków.

Było jednak jasne, że postępy w zastosowaniu pierwiastków radowych w medycynie będą zależały od wyników badań biologicznych, które pozwoliłyby zdać sobie sprawę z mechanizmu działania promieniowań na żywe ustroje.

Stosownie do tego aparaty zawierające rad zostały powierzone dwóm badaczom. Jeden z nich — bakteriolog D a n y s z pochodzenia polskiego, pracujący w Instytucie Pasteura, zajął się badaniem skutków naświetlania drobnoustrojów i uzyskał zmniejszenie ich zjadliwości. Drugi — Geor-

ges B o h n, zoolog i embriolog, naświetlał jaja larwy i embriony jeżowców lub żab i doszedł do stwierdzenia, którego znaczenie od tego czasu stale wzrasta, a które sformułował on wtedy (w 1903 r.) w sposób następujący: „Wszystkie dane nasuwają przypuszczenie, że promienie radu działają na chromatynę, gdyż z działania tej ostatniej wynika asymilacja, a w następstwie tego — wzrost“. W ciągu lat następnych prace histologów, genetyków, a następnie biochemików w szerokim zakresie potwierdziły, że właśnie utwory komórkowe składające się z nukleoprotein najbardziej są wrażliwe na działanie promieni radowych. W czasie późniejszym wykrycie działania depolimeryzującego promieniowań jonizujących na kwas dezoksyrybonukleinowy, będący składnikiem chromatyny, dał prawdopodobne wytłumaczenie mechanizmu powstawania uszkodzeń komórek przez rad i ich następstw: powstrzymania podziału, zmian chromosomów, mutacji, mniej lub bardziej wczesnej albo opóźnionej śmierci różnych gatunków komórek, na czym opiera się możliwość sterylizacji tkanek rakowych.

Wreszcie emanacja radu przygotowana przez małżonków C u r i e została również spożytkowana w 1904 r. w doświadczeniach biologicznych polegających na wdychaniu tego gazu radioaktywnego przez świnki morskie i myszy i na badaniu ogólnym skutków tego naświetlania wewnętrzznego. Czy należało spodziewać się własności leczniczych od tego środka obecnego w wodzie niektórych źródeł mineralnych, których dobroczynne działanie znane było od dawna?

Takie to drogi stanęły otworem dzięki zrozumieniu i poparciu odkrywców naturalnych źródeł czynników promieniotwórczych, które w czasie późniejszym doprowadziły do wprowadzenia nowej metody terapeutycznej. Metoda ta słusznie nazwana „curieterapią“, po kilku latach narzuciła się w leczeniu wielu zlokalizowanych guzów rakowatych.

Istotnie, po publikacji D a n l o s a, klinicyści różnych krajów stali się rozszerzyć stosowanie radu na różne schorzenia skóry (naczyniaki, cheloidy, nowotwory skórne itd.). Następnie raki umiejscowione łatwo dostępne (jama ustna, macica itd.) zaczęto leczyć empirycznie przez przykładanie rurek lub płytek o różnym natężeniu promieniowania i bardzo różnych kształtach.

Zasługą doprowadzenia curieterapii zewnętrznej do jej obecnego rozwoju, przy oparciu na podstawach naukowych, zawdzięczamy głównie dwóm histologom, których badania laboratoryjne działania promieniowań na tkanki doprowadziły do spożytkowania spostrzeżeń nad napromienianiem komórek anormalnych — dla niszczenia pierwiastków patologicznych.

D o m i n i c i e m u zawdzięczamy wykazanie, wbrew dotychczasowym poglądom, że promienie najbardziej pożyteczne i stanowiące o korzyści radu — nie są to promienie najbardziej wchłaniane (choćby te stanowią około 90% wypromieniowanej energii), ale właśnie promienie frakcji przenikającej, czyli promienie „twarde“, jedynie zdolne do działania w głąb. Zalecił on w roku 1907 stosowanie w leczeniu raka radu w rurkach posiadających ścianki filtrujące, odpowiadające grubości $\frac{1}{2}$ mm ołowiu i przepuszczające tylko promienie, które nazywa on ultraprzrenikającymi.

Drugim radiobiologiem był Klaudiusz Regaud, pierwszy dyrektor sekcji biologiczno-medycznej Instytutu Radowego Uniwersytetu Paryskiego. Tu powiem kilka słów o tym zakładzie, stworzonym w celu dania możliwości i środków do pracy Marii Skłodowskiej-Curie, w którym prowadziła ona aż do swej śmierci dział fizyko-chemiczny.

Trzeba było dramatycznego wypadku przypadkowej śmierci genialnego fizyka, jakim był Piotr Curie, który zginął w pełni rozwoju swej pracy 19 kwietnia 1906 r., aby otworzyć oczy władz publicznych we Francji na warunki niedostatku lub wręcz ubóstwa, w którym dotychczas pracowali autorzy jednego z największych odkryć XIX wieku, tj. odkrycia naturalnych pierwiastków promieniotwórczych.

Dwie osoby zajmujące wysokie stanowiska, cieszące się wysokim autorytetem, powyżej jednocześnie tę samą myśl: dr Emil Roux, dyrektor Instytutu Pasteura i Ludwik Liard, prorektor Uniwersytetu Paryskiego, postanowili stworzyć, w celu pośmiertnego zadośćuczynienia pamięci Piotra Curie, laboratorium, w którym Maria Skłodowska-Curie mogłaby kontynuować swe badania ciał promieniotwórczych.

W końcu roku 1909 obie te osoby uzyskały zgodę Rad Instytutu Pasteura i Uniwersytetu Paryskiego, aby stworzyć wspólnym kosztem Instytut Radowy, mający się składać z dwóch laboratoriów. Jedno z nich miało być poświęcone badaniom fizycznym i chemicznym pierwiastków promieniotwórczych, drugie zaś poświęcone badaniom zastosowań biologicznych i medycznych tych pierwiastków utrzymywane miało być przez Instytut Pasteura, który wyznaczył jako pierwszego dyrektora tego wydziału dra Klaudiusza Regauda, docenta Wydziału Medycznego w Lyonie, słynnego histologa, znanego w szczególności ze swych prac nad zmianami, dokonywanymi w różnych organach przez promieniowanie. Urządzenie obu pawilonów Curie i Pasteura, przeznaczonych do pomieszczenia obu wymienionych pracowni, było zaledwie ukończone w sierpniu 1914 r., gdy wybuchła wojna. Pawilon Pasteura pozostać miał zamknięty do początku 1919 roku, gdyż cały personel jego został zmobilizowany. Tymczasem jednak Pani Skłodowska-Curie rozwijała intensywną działalność: organizowała w swej pracowni kształcenie sił pomocniczych i pielęgniarek, przeznaczonych do służby radiologicznej w armii, których pilną potrzebę odczuwały liczne szpitale utworzone dla leczenia rannych. Maria Skłodowska-Curie podróżowała po całej Francji doglądając montowania tych instalacji, docierała do placówek sanitarnych najbardziej wysuniętych na front, uzyskała stworzenie ośrodka leczenia za pomocą radu blizn o charakterze złośliwym.

Ten udział w czynnościach leczniczych podniósł jeszcze w umyśle Pani Skłodowskiej-Curie znaczenie przyszłej współpracy wydziału fizycznego i wydziału biologicznego nowego Instytutu, czemu poświęciła ona wysiłki całego swego życia.

Po wznowieniu pracy w Laboratorium Pasteura przez zespół zebrany przez dra Regauda zrealizowano szybki rozwój curieterapii raka, co pozwoliło w niedługim czasie nadrobić opóźnienie w tej dziedzinie, spowodowane pięcioletnią przerwą w badaniach.

Amibcją dra Regauda było znalezienie dla każdego rodzaju raka sposobu leczenia najbardziej odpowiadającego jego cechom rozwojo-

wym i strukturalnym. Z drobiazgowością technika laboratoryjnego obmyślił on aparaty dostosowane do rozmaicie umiejscowionych nowotworów. Jemu zawdzięczamy stworzenie platynowych igieł do punkcji radowych ukształtowanych dla odpowiednich podtrzymywaczy curieterapii zewnętrznej, rurek standardowych dla napromieniań jamowych, telecurieterapii dla raków głębokich.

Wszystkie techniki radioterapii stosowane obecnie na całym świecie są naśladowane lub zaczerpnięte z wzorów stworzonych przez dra R e g a u d a i jego szkołę. Są one dziś jeszcze najlepszym środkiem leczenia kilku rodzajów raka i dają poważny odsetek ostatecznych wyzdrowień, gdy schorzenie jest jeszcze umiejscowione.

Stosowanie lecznicze pierwiastków radowych naturalnych napotyka wszakże na trudną do przezwyciężenia przeszkodę w dwóch dziedzinach: telecurieterapii i w curieterapii wewnętrznej. Przeszkoda ta została usunięta dzięki odkryciu w 1934 r. sztucznych pierwiastków promieniotwórczych przez małżonków J o l i o t - C u r i e.

Najsilniejsze ogniska tak cennego i rzadkiego metalu, jakim jest rad, możliwe do zrealizowania w celu naświetlania raków głębokich — w odległości od skóry dostatecznej dla zredukowania jej reakcji, nie mogły przekraczać kilku gramów, a w wyjątkowych wypadkach kilkudziesięciu gramów. Ilość ta jest zbyt mała, aby odległość od skóry mogła wynosić kilkadziesiąt centymetrów i aby trwanie seansów nie było nadmiernie długie.

Obecnie istnieją już w różnych punktach leczniczych aparaty zawierające taką ilość radiokobaltu, która daje emisję promieni równą emisji wytwarzanej przez cały kilogram lub więcej radu i umożliwia naświetlanie chorego z odległości ponad jednego metra od jego skóry.

Od samego początku stosowania leczniczego naturalnych pierwiastków promieniotwórczych próbowano wprowadzić je do organizmu, by zrealizować curieterapię wewnętrzną. Pokładano w tym wielkie nadzieje. Przypuszczano, że będzie możliwe przy pomocy bardzo małych ilości substancji aktywnej, której energia promieniotwórcza zostanie jednak całkowicie wchłonięta, działać na tkanki patologiczne wewnątrz nich, na przykład przez zastrzyk śródmiąższowy do samego nowotworu. Starano się także uzyskać korzystne działanie ogólne na organizm, wprowadzając bezpośrednio do krwiobiegu rozpuszczalną sól radu lub dając do wdychania emanację radu. Stopień i trwanie polepszenia uzyskanego w kilku diatezach nie okazały się dostateczne dla usprawiedliwienia rozszerzania tego sposobu leczenia.

Z drugiej zaś strony, o ile stwierdzono nieszkodliwość wprowadzania do organizmu małych dawek gazu radioaktywnego, o krótkim życiu i szybkim wydzieleniu, o tyle sole radu lub mezotoru okazały się niezmiernie toksyczne.

Od 1936 r. pierwsi eksperymentatorzy, dysponujący sztucznymi pierwiastkami promieniotwórczymi do celów leczniczych, zaczęli próby w różnych kierunkach omówionych powyżej. Te sztuczne pierwiastki promieniotwórcze o krótkim życiu nie posiadają toksycznych własności, chodzi bowiem o elementy wchodzące do normalnego składu materii żywej. Choćby wyniki uzyskane w curieterapii wewnętrznej raka za pomocą radio-

fosforu i radiojodu były przeważnie krótkotrwałe i paliatywne, to jednak obecnie dysponujemy środkami, które mogą być stosowane bez poważnej szkody dla pacjentów. Istotny zwrot dokonany w biologii przez izotopy radowe polegał na stosowaniu ich jako „wskaźników“. Nie należy jednak zapominać, że techniki wykrywania w tkankach — czy to przez pomiary promieniowania, czy też przy pomocy histometoradiografii — zostały pierwotnie wynalezione za pomocą pierwiastków radowych naturalnych.

Prawdziwy zwrot, dokonany we wszystkich gałęziach wiedzy przez odkrycie radu, odbił się również poważnie w dziedzinie medycyny. Chociaż curieterapia nie dostarczyła skutecznego środka uniwersalnego na wszystkie postacie raka, niemniej jednak — wielu chorych na raka zostaje codziennie wyleczonych dzięki radowi.

W wielu krajach otwarto instytuty radowe, a wśród nich Instytut Warszawski zorganizowany na wzór Instytutu Paryskiego z inicjatywy dr Dłuskiej, siostry Marii Skłodowskiej-Curie.

Odkrycie pierwiastków radowych sztucznych, wywodzące się pod każdym względem z odkucia małżonków Curie, znacznie zwiększyło ilość pierwiastków możliwych do zużytkowania w badaniach i w terapii medycznej. Słuszne jest zatem, by lekarze przyłączyli się do hołdu oddawanego dzisiaj pamięci Marii Skłodowskiej-Curie, okazując jej tym swą wdzięczność.

Franciszek Łukaszczyk

ZNACZENIE PRAC MARII SKŁODOWSKIEJ-CURIE DLA MEDYCYNY *

O niszczącym wpływie promieni radu na tkanki ludzkie przekonał się pierwszy *Becquerel* przypadkowo. Na skórze piersi w miejscu odpowiadającym kieszonce, w której przez pewien czas nosił drobną ilość radu, powstało trudno gojące się owrzodzenie. Świadomie sprawdził to już *Piotr Curie*. Na 10 godzin położył na skórę ramienia drobną ilość radu; powstało bolesne owrzodzenie, które goiło się 4 miesiące. Okazało się, że promienie radu mają działanie niszczące na tkanki. *Maria i Piotr Curie* dostrzegli możliwość wykorzystania tego działania w celach leczniczych, oddali rad w ręce lekarzy, którzy zaczęli go stosować dla niszczenia tkanek patologicznych. Taki był początek nowej gałęzi medycyny — promieniolecnicstwa. Dziś, po niespełna 60 latach wiemy, że jest to gałąź medycyny o bardzo mocnych podstawach i że w pewnych dziedzinach, a zwłaszcza w leczeniu nowotworów złośliwych, stała się metodą ogólnie uznaną, klasyczną. Jednakże znaczenie radu w medycynie polega nie tylko na ilości ciężko chorych ludzi, którzy z jego pomocą zostali wyleczeni. U podstaw tych wyników leczniczych leży nagromadzenie bardzo poważnych wiadomości z zakresu zjawisk fizjologicznych i patologicznych związanych z działaniem promieni. Dopiero to pozwoliło na uzyskiwanie, w określonych przypadkach, wyników leczniczych z pewną regularnością. Z drugiej jednak strony wiadomości te wzbogaciły bardzo naszą wiedzę w różnych dziedzinach biologii ludzkiej, zwierzęcej, roślinnej, w biochemii. Dzięki promieniom powstały metody badania procesów biologicznych, których znaczenie nie tylko że nie osłabło, ale stale wzrasta. Trzeba tu od razu dodać, że odkrycie radu zbiegło się z niewiele co przedtem odkrytymi promieniami Roentgena i z wprowadzeniem tych promieni do medycyny. Promienie Roentgena znalazły przeważające zastosowanie w diagnostyce, promienie radu zaś w lecnictwie, jednakże wyzyskanie w lecnictwie promieni Roentgena jest również bardzo duże, działanie takie same jak promieni radu, toteż radiobiologia jest wspólna. Pochodzi to stąd, że natura promieni X i najważniejszych z promieniowania radu promieni gamma jest jednakowa. Są to drgania elektromagnetyczne, a ich istotą działania na materię żywą jest działanie jonizujące. Takie samo działanie jonizujące posiadają zresztą i promienie alfa i beta. Toteż niezależnie od różnic w zasięgu działania tych promieni ich wspólną dominującą cechą

* Tekst referatu wygłoszonego na sesji PAN rozszerzony przez Autora dla Kosmosu B (Red.).

jest ten efekt jonizacji. Promienie jonizujące stanowią w biologii i w medycynie wyraźną grupę wśród różnego rodzaju promieniowań i o nich tu chcę krótko powiedzieć.

Jonizacja atomu i głębokie zmiany, które za tym następują, dają efekt reakcji chemicznych, które składają się na efekt biologiczny. Być może, że i zmiany cieplne odgrywają tu pewną rolę. Jesteśmy jednakże wciąż jeszcze u początku naszych wiadomości o tych procesach, tak że nie umiemy ich jeszcze ujmować ilościowo i wyjaśnić na przykład dysproporcję pomiędzy efektem chemicznym a efektem biologicznym, przy czym ten drugi jest niewspółmiernie silniejszy.

Działanie promieniowania jonizującego było przedmiotem ogromnej ilości prac botaników, mikrobiologów, zoologów, biologów. Zatrzymam się tylko na zagadnieniach bezpośrednio interesujących medycynę.

Działanie tych promieni zależy od ich jakości, ilości i od środowiska, w którym działają. Efekt jonizujący, efekt działania — zależy od ilości energii zaabsorbowanej. Jednakże zasięg w głąb poszczególnych rodzajów promieni jest niejednakowy, promienie alfa są bardzo mało przenikliwe, promienie beta mają już przenikliwość większą, a dopiero promienie gamma mają zdolność głębokiego przenikania na skutek dużej energii związanej z wysoką częstotliwością drgań. To powiązanie zdolności głębokiego przenikania z długością fali występuje oczywiście i w promieniach X. Im mniejsza długość fali, tym większa zdolność przenikania.

W medycynie promienie alfa są używane jedynie w celach doświadczalnych. Promieniami, którymi się najczęściej zajmujemy, są promienie gamma, promienie X, rzadziej promienie beta. Zmiany powstałe pod wpływem tych promieni w komórkach i płynach ustroju ludzkiego mają z reguły charakter wsteczny, to znaczy działanie jest zawsze mniej albo więcej niszczące. W jakim stopniu — zależy to przede wszystkim od dawki promieni. Przy dawkach dostatecznie wysokich zniszczenie jest całkowite, przy dawkach mniejszych uszkodzenia są częściowe i mogą być odwracalne. Wszystkie tego rodzaju zmiany, jak zahamowanie czynności enzymów, zmiana przepuszczalności błon, wytworzenie toksyn takich jak na przykład histamina, mutacja, denaturacja białek — mogą być wywołane innymi środkami, fizycznymi a zwłaszcza chemicznymi, zmiany zaś morfologiczne komórek naświetlanych, jak rozpad jądra, plazmoliza, cytoliza, martwica rozpuszczalna — przedstawiają pewne cechy charakterystyczne, po których wprawny histolog rozpoznaje długo po naświetlaniu ślady działania promieni; niemniej nie są one nigdy specyficzne. Takie same obrazy spotyka się w patologii pod wpływem działania innych czynników szkodliwych.

Jak wyżej powiedziano — efekt działania promieni na daną tkankę zależy od wysokości dawki, a raczej od ilości zaabsorbowanej energii. Jednakże poszczególne rodzaje komórek wykazują na działanie promieni bardzo niejednakową wrażliwość. Co więcej — poszczególne części komórek są niejednakowo wrażliwe na działanie promieni, a nawet dane elementy komórkowe czy też ich drobiny mają wrażliwość zmienną, zależnie od stanu czynnościowego, w jakim się znajdują, i od stanu środowiska, z którym są związane. Są to zagadnienia tak zwanej promienioczułości, różnie tej promienioczułości i stopnia promienioczułości. Zagad-

nienia bardzo skomplikowane a ogromnie ważne, bowiem na ich znajomości opiera się zastosowanie promieni w lecznictwie.

Przy pomocy odpowiednio dobranych promieni możemy wprowadzić pewną ilość energii do tkanek na powierzchni lub w głębi organizmu. Opierając się zaś na znajomości promienioczułości możemy wyselekcjonować pewne komórki i mniej lub więcej je uszkodzić aż do ich całkowitego zniszczenia i przerwania ich mnożenia się. Różnice promienioczułości są ogromne. Są elementy, na które działanie kilku lub kilkunastu r już jest widoczne, oraz elementy, u których trzeba zastosować kilka tysięcy, a nawet dziesiątek tysięcy r , ażeby uzyskać analogiczne zmiany. Od czego zależy ta różnica promienioczułości?

Jak wyżej powiedziano — efekt zależy od wysokości dawki promieni. Jednakże w tak prostym ujęciu jest to zgodne z prawdą tylko przy dawkach wysokich, sprowadzających śmierć komórki, natomiast przy dawkach mniejszych, sprowadzających tylko niepełne różnego stopnia uszkodzenie komórki, efekt nie jest tylko sprawą prostej kumulacji dawki promieni w danej komórce. Okazało się, że nie wszystkie części komórki są jednakowo ważne dla jej życia i jej czynności. Są w niej organelle komórkowe lub drobiny w tych organach, których uszkodzenie ma decydujące znaczenie dla dalszego losu komórki, i przeciwnie — przy braku ich uszkodzenia komórka nawet przy otrzymaniu dużej ilości promieni jonizujących może być zdolna do życia i rozmnażania się. W pewnych komórkach można było wskazać takie ważne organelle, uszkodzenia zaś chromosomów można stwierdzić w obrazie mikroskopowym. W wirusach tych uszkodzeń nie udało się stwierdzić morfologicznie; niemniej badania działania na nie energii promienieŹ wysunęły potrzebę przyjęcia, że istnieją również i w wirusach twory upostaciowane, których uszkodzenie za pomocą promieni jest dopiero decydujące dla dalszego losu wirusa, nawet chociaż obecnymi metodami badań nie możemy udowodnić istnienia tych struktur.

W ten sposób radiobiologia — podobnie jak inne działy biologii — obaliły sztuczne granice komórki jako ostatecznej jednostki zdolnej do życia, przesuwając swoje zainteresowanie na struktury komórkowe i na ich cząsteczki jako teren, w którym odbywają się zasadnicze procesy życiowe. Przy stosowaniu dawek nie doprowadzających do całkowitej martwicy danej tkanki pewna część komórek może pozostać nie uszkodzona. Jak wyżej powiedziano, efekt biologiczny nie jest prostą kwestią kumulacji dawki. Możemy to zrozumieć posługując się teorią kwantową promieniowania. Uszkodzenie mniejsze lub większe komórki następuje z chwilą trafienia pociskiem kwantowym specjalnie ważnej części komórki. Ta ważna część komórki może być duża — łatwa do trafienia przy niewielkiej ilości pocisków kwantowych, może być mała, trudna do trafienia. Takie ujęcie daje się sprawdzić matematycznie przy badaniu działania promieni na organizmy najprostsze, na przykład jaja pewnych gatunków much. Stopień efektu biologicznego daje się przewidzieć metodą wyliczenia statystycznego, przy czym nie ma znaczenia, czy dawka będzie jednorazowa, czy też będzie rozłożona w czasie na szereg seansów. Decyduje wysokość dawki promieni. Dotyczy to jednak tylko organizmów najprostszych.

W przypadku organizmów złożonych zwierzęcych czy ludzkich współdziała tyle czynników, że o matematycznym określeniu promienioczułości nie ma mowy. Stosunki są tak dalece złożone, że początkowo były nawet wątpliwości, czy efekt wywołany przez promienie w danej tkance powstaje na skutek bezpośredniego działania promieni, czy też na skutek działania pośredniego.

Układ krwiotwórczy i białe ciała krwi należą do najbardziej wrażliwych na promienie. Przy napromienianiu zwierzęcia pewną dawką wszystkie białe ciała znikają z krwiobiegu. Jeżeli jednak tą samą dawką promieni naświetli się białe ciała poza organizmem, *in vitro*, przeżywają one prawie tak samo długo jak białe ciała nie poddane działaniu promieni.

Kierując pewną dawką promieni na węzeł limfatyczny u zwierzęcia wywołuje się w nim poważne zmiany wsteczne. Gdy jednak u tego samego zwierzęcia naświetli się analogiczny węzeł limfatyczny w drugiej kończynie, po uprzednim podwiązaniu jego naczyń lub zanemizowaniu za pomocą środków farmakologicznych, ta sama dawka promieni nie wywoła widocznego wpływu. Wydawałoby się więc, że nie bezpośrednie działanie promieni decyduje, ale konieczne jest działanie pośrednie. Nie byłby to jednak wniosek trafny: gdy się naświetla zwierzę, które na skutek założonych anastomoz ma wspólny krwiobieg z drugim, zostaje uszkodzone lub ginie tylko zwierzę naświetlane, działanie pośrednie nie wystarcza na poważniejsze uszkodzenie drugiego zwierzęcia. Gdy się poddaje naświetlaniu całe zwierzę dawką sprowadzającą bardzo poważne uszkodzenie aparatu krwiotwórczego, jeden zaś węzeł limfatyczny u tegoż zwierzęcia chroni się przed działaniem promieni za pomocą blaszki z ołowiu, pozostaje on nietknięty, znaczy to, że wyraźne efekty biologiczne, którymi, jak wyżej powiedziano, zawsze są zmiany wsteczne, mogą być uzyskane jedynie na drodze bezpośredniego działania promieni na daną tkankę czy dany narząd. Wrażliwość pewnej tkanki może się wahać w ogromnych granicach zależnie od tego, jak silne są w niej procesy życiowe i czy te procesy przez łączność z resztą organizmu są zachowane, czy też przez wyłączenie od reszty organizmu są zredukowane do minimum.

Jednak działanie pośrednie promieni w organizmie złożonym, wielokomórkowym, zwłaszcza tak złożonym jak zwierzęcy lub ludzki, jakkolwiek nie jest decydujące — istnieje. Na daną tkankę działają także i toksyny wytworzone pod wpływem naświetlania innych tkanek; działają różnego rodzaju wpływy poprzez gruczoły wewnętrznego wydzielania, poprzez centralny układ nerwowy, spotykamy się z tym działaniem pośrednim w klinice prawie co dzień w postaci mniej lub więcej intensywnych zaburzeń ogólnych, powstałych na skutek napromieniania większych mas tkankowych. Czasem to pośrednie działanie promieni jest tak silne, że może spowodować w przypadku guzów rozsianych bardzo promienioczułych, np. pochodzenia limfatycznego, cofnięcie się lub zmniejszenie się ogniska nie napromienianego przy napromienianiu innych ognisk. Trzeba jednak dodać, że ten efekt można zaobserwować tylko w guzach bardzo promienioczułych, które są bardzo wrażliwe na czynniki szkodliwe także innego rodzaju, np. na pewne środki chemiczne.

Od czego zależy wrażliwość na promienie poszczególnych rodzajów komórek? W granicach dawek promieni nie powodujących ich śmierci różnice są ogromne. W warunkach stosunkowo prostych, na przykład przy badaniu zmian w cząsteczkach, jest to łatwe do sformułowania. Ilość jonizacji potrzebna do wywołania zmian chemicznych pewnej ilości cząsteczek jest odwrotnie proporcjonalna do ciężaru tych cząsteczek. To znaczy im cząsteczki będą większe, tym mniej trzeba będzie jonizacji, żeby je zniszczyć. Przy zastosowaniu promieni w dawce dostatecznie wysokiej można zabić każdą komórkę od razu. Przy mniejszych dawkach śmierć komórki nie następuje bezpośrednio, następuje ona w czasie dzielenia się komórki. Czasem jest ona zdolna przejść jeszcze jeden cykl podziału nieprawidłowego, następnie następuje powiększenie się wymiarów komórki, wielkości jądra bez możliwości dzielenia się i komórka obumiera. Przy dawkach jeszcze mniejszych następuje zahamowanie zdolności dzielenia się komórki. Może ono być trwałe, a może też być przejściowe. Zależy to przede wszystkim od dawki promieni. Przypuszcza się, że działanie odbywa się poprzez wpływ na cykl przemian kwasów nukleinowych. Procesy te mogą być odwracalne czy to przez usunięcie związków toksycznych, czy też przez syntezę związków, które zostały zniszczone. Badania wykazały dalej, że komórka jest najbardziej wrażliwa na działanie promieni właśnie w okresie jej dzielenia się i to nie w każdej fazie podziału jednakowo. Dawka średniowysoka zastosowana po profazie nie zatrzymuje cyklu mitotycznego. Natomiast jeżeli się tę samą dawkę promieni zastosuje na początku profazy, otrzymuje się efekt znacznie większy, zatrzymanie cyklu.

Przy naświetlaniu szybko rosnących hodowli tkankowych można stwierdzić, że przeważna część komórek uszkodzonych zatrzymała się w podziale w stadium profazy. Ta największa wrażliwość komórek na promienie w okresie ich podziału i poznanie tego faktu ma ogromne znaczenie dla stosowania promieni jonizujących w leczeniu. Stąd bowiem wynika, że komórki pewnej tkanki czy pewnego organu, które się już nie mnożą albo które się mnożą w odstępach bardzo długich, są komórkami opornymi na działanie promieni. Można je zniszczyć tylko przy pomocy wysokich dawek promieni — dawek tak wysokich, że ich nie możemy stosować w leczeniu. Natomiast komórki tkanki, której odnowa jest częsta, które się mnożą szybko, można uszkodzić umiarkowanymi dawkami promieni. Są one — jak je nazywamy — promienioczułe.

Komórki nowotworów złośliwych często mnożą się szybciej, dzielą się częściej niż komórki normalne i już to samo powoduje, że można uszkodzić niektóre rodzaje nowotworów przy pomocy takich dawek promieni, które jeszcze nie spowodują ciężkich, nieodwracalnych zmian w tkankach zdrowych — takie dawki promieni nazywamy dawkami terapeutycznymi.

Ale różnice promienioczułości istnieją nie tylko pomiędzy tkanką nowotworową a tkankami normalnymi. Istnieją one też pomiędzy różnymi rodzajami tkanek normalnych, przy czym komórki młode i komórki w stanie dzielenia się są z reguły bardziej wrażliwe na promienie niż komórki już dojrzałe lub zróżnicowane, komórki, które w mniejszym lub większym stopniu utraciły już zdolność mnożenia się na korzyść zróżnicowania się w pewnym określonym kierunku morfologicznym i czynnościowym.

Poznanie tego podstawowego w radiobiologii faktu datuje się od dawna, bo już w roku 1906 Bergonié i Tribondeau sformułowali następującą zasadę promienioczułości: „Działanie promieni na komórki jest tym intensywniejsze, im ich zdolność mnożenia się jest żywsza, ich okres podziału karyokinetycznego jest dłuższy, zaś ich morfologia i czynność są mniej ustalone“. To sformułowanie jest do dnia dzisiejszego trafne, jakkolwiek nieraz spotyka się wyjątki wymagające specjalnej interpretacji. Nie tłumaczy ono nam jednakże nie tylko wszystkiego, ale nawet wielu bardzo ważnych zagadnień. Na przykład zmiany w tkankach występujące po napromienianiu zwierząt laboratoryjnych są zupełnie te same, ale dawki promieni, które są potrzebne, żeby je wywołać, są bardzo różne. I tak trzeba np. 175 r żeby 50% świnek morskich, które tę dawkę otrzymują, zginęło w ciągu 30 dni. Ale w tym samym celu trzeba więcej niż 3 razy tyle, bo 600 r, w przypadku szczurów, a 800 r dla królików. Co więcej — istnieją różnice osobnicze pomiędzy zwierzętami tego samego rodzaju. Zwierzęta młode, rosnące, są bardziej wrażliwe na promienie niż zwierzęta dojrzałe, ale spośród dojrzałych wiek nie wpływa na stopień promienioczułości. Często są różnice promienioczułości wśród różnych szczepów tej samej rasy, przy czym mieszańce są bardziej promienioczułe. Wiele czynników, jak zimno, ogrzanie, wyczerpanie mięśniowe, pewne stany wydzielania wewnętrzznego zwiększają lub zmniejszają promienioczułość. Jeszcze większe znaczenie ma związek tkanki napromienianej z otoczeniem. Wspomniano już o tym przy omawianiu działania bezpośredniego i pośredniego. Ta sama tkanka nowotworowa, która w organizmie ulega zniszczeniu przy otrzymaniu około 3000 r, przy hodowaniu poza organizmem będzie wymagała około 20000 r, dla swojego zniszczenia. Ten sam erytroblast wykazuje różnicę w promienioczułości zależnie od tego, czy znajduje się w śledzionie, czy w szpiku kostnym, tak samo jak ten sam nowotwór będzie wykazywał różnicę promienioczułości zależnie od okolicy ciała, do której zostanie wszczepiony, podobnie jak różną promienioczułość posiada skóra w różnych okolicach ciała u tego samego człowieka.

Z tej ogromnej ilości nagromadzonych spostrzeżeń, nieraz ze sobą jak gdyby sprzecznych, a raczej obecnie jeszcze nie wyjaśnionych, musiano zbudować pewne zasady radiobiologii, na których można by się oprzeć przy leczeniu promieniami nowotworów ludzkich, wykazujących ogromną różnorodność form i znajdujących się w najrozmaitszych stanach. Oparto się przy tym na danych uzyskanych przez badanie działania promieni u organizmów najprostszych i złożonych; na odpowiednio poprowadzonych eksperymentach klinicznych u zwierząt i obserwowaniu przebiegu reakcji na promienie ludzkich tkanek, narządów i całości organizmu. Przede wszystkim ustalono stopnie wrażliwości na promienie poszczególnych rodzajów tkanek ludzkich. Z tego, co powiedziano, wynika, że najbardziej wrażliwe są te tkanki lub te ich części, w których odnowa komórek odbywa się najczęściej i ich mnożenie się jest bardzo żywe, jest — jakby powiedzieć — ich cechą morfologiczną najbardziej rzucającą się w oczy. Należy tu układ krwiotwórczy oraz elementy rozrodcze gonad — jąder i jajników.

Spośród układu krwiotwórczego nie u wszystkich jego części składowych ta ogromna promienioczułość jest jednakowa. Najbardziej promienioczułe okazały się elementy limfatyczne. Odpowiada to zresztą szybkości ich odnowy i długości życia limfocytów, która jest bardzo krótka. Nieco później uwidacznia się wpływ na elementy wielojądrzaste układu białokrwinkowego. Najpóźniej — jakkolwiek w stosunku do innych tkanek organizmu szybko — uwidacznia się wpływ na układ czerwono-krwinkowy i erytropoezę. Tu bowiem odnowa jest wolniejsza i długość życia poszczególnych erytrocytów wynosi około 120 dni. Badania reakcji układu krwiotwórczego na działanie promieni jonizujących dały wiele cennych wiadomości o tym układzie.

W klinice, wobec ważności układu krwiotwórczego, obserwowanie zmian, jakie w nim zachodzą pod wpływem promieni, jest najważniejszym testem prowadzącym nas przy naświetlaniu większych mas tkankowych poważnymi dawkami promieni. Przy napromienianiu małych pól dawkami nawet wysokimi test ten nie jest już jednak do użycia.

W jądrach najbardziej wrażliwymi są spermatogonie. Zmiany w nich są widoczne już w 2 godziny po naświetlaniach. W porównaniu z nimi spermatydy są odporne na działanie promieni. Wystarczy jednak zniszczyć spermatogonie, które stanowią warstwę rozrodczą spermatocytów, żeby otrzymać w wyniku kastrację bez konieczności niszczenia wszystkich stadiów rozwojowych spermatocytów. Jeżeli jednak dawka promieni była niedostateczna i nie wszystkie spermatogonie zostały zniszczone, pozostałe przy życiu mnożą się i sieć jądrowa z powrotem zapełnia się różnymi formami rozwojowymi plemników. Spostrzeżenia te przeniesiono bezpośrednio na zjawiska zachodzące w nowotworach pod wpływem napromieniania; i tam także wystarczy zniszczyć warstwę rozrodczą, żeby doprowadzić do wyjałowienia nowotworu. W niektórych rakach, np. skóry, to zniszczenie warstwy rozrodczej daje się wyraźnie stwierdzić. Jeżeli jednak pewna grupa komórek, a teoretycznie nawet jedna komórka, pozostanie zdolna do życia i rozwoju, nowotwór z powrotem się rozwinie. To spostrzeżenie możności zadziałania na warstwę rozrodczą, decydującą dla odnowy danego nowotworu, stało się podstawą stosowania promieni nie w dawkach powodujących rozlane zniszczenie, lecz w dawkach selektywnych, niszczących wybiórczo komórki, o które nam chodzi. Zastosowanie tych dawek selektywnych, wybiórczych, dawek terapeutycznych, niszczących pewne rodzaje komórek, a zwykle chodzi nam o komórki patologiczne, pozostawiających zaś inne komórki — jak my chcemy, komórki normalne — niepomiernie zwiększyło zasięg celowego stosowania leczenia promieniami jonizującymi. Omawiany układ krwiotwórczy i rozrodczy stanowią grupę najbardziej promienioczułą.

Średnią co do promienioczułości jest grupa nabłonkowa. Jest to grupa bardzo rozległa, stanowi ona pokrywę ciała, wyściela otwory, przewody, jamy ciała, stanowi zasadnicze elementy niektórych narządów powstałych z wpuklania się nabłonka, jak np. gruczoł piersiowy. Jest ona zasadniczym elementem gruczołów. Istnieją w niej jednak poważne różnice. Są postacie nabłonków, które dają się zniszczyć trwale w sposób selektywny, tzn. dawkami terapeutycznymi. Określamy je jako posiadające promienioczułość dostateczną.

Są to nabłonki, dla których zniszczenia musielibyśmy użyć dawek wysokich, nieraz bardzo wysokich, które nie są już dawkami terapeutycznymi, bo powodują mniej lub więcej rozlane zniszczenie innych rodzajów komórek, na co można sobie pozwolić tylko w pewnych, raczej wyjątkowych, okolicznościach. Do nabłoneków o dostatecznej promienioczułości należy nabłonek wielowarstwowy płaski, bardzo ważny, bo bardzo często spotykany w organizmie ludzkim, ale i w tej grupie spotykamy się z dużymi różnicami. Nabłonek młody mało dojrzały, ulegający szybkiej odnowie, łatwiej jest promieniami uszkodzić. Nabłonek dojrzały, o rzadziej spotykanych komórkach w stanie podziału, jest już trudniejszy do uszkodzenia dawkami terapeutycznymi. Musimy się tu już liczyć z pewnym odsetkiem niepowodzeń.

Reakcje na promienie są w tej grupie tak charakterystyczne, że z ich pomocą możemy oznaczać ilość czasu potrzebnego na fizjologiczną ewolucję i odnowę poszczególnych warstw nabłonka.

Drugi typ nabłonka — gruczolowy jest znacznie mniej wrażliwy na działanie promieni jonizujących. Do jego zniszczenia trzeba już na ogół dawek wysokich, które tylko w pewnych określonych warunkach można zastosować, dawek, które z reguły powodują poważne, trwałe zmiany w otoczeniu. Ale i w tej grupie są znaczne różnice promienioczułości. Nabłonek gruczolowy złożony z komórek młodych, szybciej się mnożących, jest stosunkowo bardziej promienioczuły. Nabłonek gruczolowy, w którym jego komórki już się zróżnicowały w kierunku wydzielania, zwłaszcza śluzu i w którym to zróżnicowanie nastąpiło kosztem zdolności mnożenia się — taki nabłonek staje się mało promienioczuły. Ta utrata promienioczułości stoi w prostym stosunku do ilościowej funkcji wydzielniczej. W krańcowych postaciach nabłonek taki jest tak dalece oporny na działanie promieni, że może zostać żywy pośród zupełnie zniszczonego, bardziej promienioczułego otoczenia.

Wielka grupa łącznotkankowa ma na ogół niedostateczną wrażliwość wobec terapeutycznych dawek promieni. Oczywiście i tu istnieją różnice, przejęcia i subtelności. Tkanka łączna zbita, dojrzała, w której komórki ulegają bardzo powolnej odnowie, jest mało wrażliwa na promienie. Jednak, gdy w tej samej tkance są komórki młode, częściej się dzielące, np. w ziarninie, staje się ona bardziej wrażliwa na promienie.

Tkanka kostna, która przedstawia daleko posunięty stopień zróżnicowania i jak gdyby stabilizacji tkanki łącznej, jest mało wrażliwa na promienie, jakkolwiek na skutek jej składu chemicznego absorpcja energii promienistej jest w niej znacznie większa niż w tkankach miękkich. Oczywiście znów tkanka kostna w okresie wzrostu jest znacznie wrażliwsza od tkanki dojrzałej. To samo dotyczy tkanki chrząstnej. W okresie wzrostu posiada ona dość dużą promienioczułość, łatwo ją wtedy uszkodzić i wywołać zaburzenia rozwojowe danego narządu przez zahamowanie jego wzrostu i przedwczesne skostnienie.

Tkanka nerwowa przedstawia typ tkanki najbardziej zróżnicowanej. Toteż w ustroju ludzkim stanowi ona grupę najmniej promienioczułą. W warunkach prawidłowych bezpośrednie uszkodzenie jej dawkami terapeutycznymi promieni jonizujących prawie że nie zachodzi. Pewien zre-

szłą na ogół ograniczony stopień jej promienioczułości pojawia się dopiero w warunkach patologicznych.

Znajomość naszkicowanej tu bardzo ogólnie promienioczułości poszczególnych grup tkanek ustroju ludzkiego jest ważna i konieczna, gdy chcemy poddać część lub całość ustroju działaniu promieni jonizujących w jakichkolwiek celach. Jest ważna, gdy chcemy zastosować promienie w celu zniszczenia nowotworu złośliwego, dlatego że z tą promienioczułością i tolerancją na działanie promieni tkanek normalnych stale musimy się liczyć. Jest też ważna i dlatego, że daje ona pojęcie o promienioczułości samych nowotworów, które z tych tkanek wychodzą. Pod względem morfologicznym nowotwory są bardzo ściśle związane z tkanką, z której wychodzą. Powtarzają one jej budowę, czasem w sposób bardzo zbliżony do prawidłowego, tak że nawet na podstawie samych cech morfologicznych trudno jest je zidentyfikować. Zazwyczaj jednak powtarzają one tę budowę w sposób mniej lub więcej zniekształcony.

Jedną z istotnych cech nowotworu jest jego szybszy wzrost niż tkanki normalnej, z której wychodzi. Komórki dzielą się częściej, ich odnowa następuje szybciej. Już to samo wskazuje, że komórki nowotworowe są zazwyczaj bardziej promienioczułe niż analogiczne komórki normalne. Jednakże pod względem czynników decydujących o promienioczułości, jak zdolność mnożenia się, dojrzałość i zróżnicowanie komórek — nowotwory przedstawiają bodaj większą różnorodność niż tkanki normalne. W zasadzie powtarzają budowę tkanek normalnych przynależą one do ich stopnia promienioczułości z tym, że na ogół będzie on w nowotworach większy. Jeżeli dany nowotwór będzie się składał z komórek młodych, szybko mnożących się, może on być znacznie więcej wrażliwy na działanie promieni niż jego macierzysta tkanka normalna. Wówczas będą istniały korzystne warunki do zniszczenia nowotworu z pozostawieniem tkanki normalnej. Może się jednak zdarzyć, że komórki nowotworu osiągnęły większy stopień dojrzałości i zróżnicowania niż komórki normalne tkanki macierzystej. Wówczas stosunek promienioczułości może się odwrócić i tkanka normalna będzie bardziej wrażliwa na promienie niż nowotwór, który z niej wyszedł. Wówczas można by zniszczyć nowotwór za pomocą promieni poprzez jeszcze większe uszkodzenie tkanki normalnej. Na ogół jednak biorąc, nowotwory wychodzące z tkanek, któreśmy określili jako posiadające korzystny stopień promienioczułości, posiadają też wysoki lub dostateczny stopień promienioczułości na to, żeby być w miejscu poddania ich działaniu promieni definitywnie uszkodzonymi przy pomocy dawek terapeutycznych. Czy w stu procentach — do tego jeszcze powrócimy. W każdym razie zależnie od ich morfologii spotykamy się tu z dużą skalą stopnia promienioczułości. Do tej grupy należą — jak już wyżej powiedziano — nowotwory wychodzące z układu krwiotwórczego i z komórek rozrodczych gonad; następnie nowotwory o średniej, ale jeszcze dostatecznej promienioczułości wobec terapeutycznych dawek. Jest to ogromna grupa nowotworów pochodzenia nabłonkowego i to płaskonabłonkowego. Należą tu tak częste raki skóry, raki wargi dolnej, śluzówek jamy ustnej, języka, gardła, krtani i tak ważne, bo częste, raki szyjki macicy.

Nie jest to bynajmniej grupa jednolita pod względem reakcji na promienie. Znowu zależnie od mniejszej lub większej dojrzałości komórek, od

szybkości mnożenia się, odnowy, będą one mniej lub więcej promienioczułe. W każdym razie ogromna ich część daje się miejscowo zniszczyć przy pomocy promieni. Ponieważ zaś ta grupa nowotworów ma raczej umiarkowany dynamizm rozwojowy, mniejszy niż poprzednia grupa nowotworów pochodzenia limfatycznego, nowotwory wychodzące z nabłonka wielowarstwowego płaskiego stanowią główną domenę leczenia promieniami nowotworów złośliwych, gdzie wyniki w poważnym odsetku mogą być korzystne i trwałe.

Dalszą grupę stanowią nowotwory wychodzące z nabłonka gruczołowego. Jest to bardzo ważna grupa. Należą do niej w ogromnej części raki przewodu pokarmowego, tak częsty rak żołądka, odbytnicy, następnie raki trzonu macicy, raki sutka i raki gruczołów. Już przy rozpatrywaniu promienioczułości tkanek normalnych widzieliśmy, że nabłonek gruczołowy na ogół ma niedostateczną wrażliwość na dawki terapeutyczne. To samo dotyczy nowotworów o tej budowie histologicznej, tym bardziej że spora część spośród nich jest zróżnicowana w kierunku wydzielniczym, przeważnie śluzowym, co nadaje im wprawdzie mniejszy dynamizm rozwojowy, ale przesądza o małym stopniu wrażliwości na promienie. Do nowotworów o budowie gruczołowej, w których jednak promienie jonizujące mogą być z korzyścią zastosowane, należą te postacie, w których nie nastąpiło specjalne zróżnicowanie czynnościowe, których komórki zachowały zdolność częstego mnożenia się, zwłaszcza jeżeli ich położenie anatomiczne jest tego rodzaju, że pozwala na zastosowanie wysokich dawek promieni. Należą tu przede wszystkim rak trzonu macicy i rak gruczołu piersiowego. Pomimo pewnych trudności, leczenie promieniami odgrywa w nich obecnie poważną rolę.

Nowotwory złośliwe pochodzenia łączno-tkankowego, tak zwane mięsaki, o budowie zbliżonej do poszczególnych rodzajów tkanki łącznej, tkanki tłuszczowej, chrzęstnej, kostnej, mięsnej — odznaczają się, podobnie jak te tkanki, na ogół niedostateczną wrażliwością na dawki terapeutyczne, znów z podobnymi — jak poprzednio — zastrzeżeniami; jeżeli w obrazie morfologicznym tych nowotworów będą przeważały lub będą wyraźnie zaznaczone elementy młode, rosnące, dzielące się — działanie promieni — jakkolwiek na ogół nie wystarczy do ich całkowitego i trwałego zniszczenia — może dać efekt hamujący, czasem dość długotrwały, o dość poważnym znaczeniu terapeutycznym.

W końcu ostatnia grupa nowotworów pochodzenia nerwowego przedstawia małe pole do stosowania promieni jonizujących. Podobnie jak normalny układ nerwowy, nie są one promienioczułe na dawki terapeutyczne i stąd w nowotworach nerwów obwodowych leczenie promieniami nie odnosi żadnych sukcesów. W nowotworach centralnego układu nerwowego tylko nieliczne formy zbudowane z komórek mniej zróżnicowanych lub zarodkowych wykazują niejaką promienioczułość, pozwalającą na uzyskanie zazwyczaj tylko przejściowych wyników.

W sumie — biorąc pod uwagę wszystkie postacie i formy nowotworów — 20—30% ma obecnie szanse trwałego wyleczenia. W dalszych 40% można uzyskać przy pomocy obecnych metod leczenia poważne i dłużej trwające poprawy. W końcu 30 — 40% chorych na nowotwory przy obecnym stanie naszych wiadomości nie odniosłoby z zastosowania

obecnych metod leczenia poważniejszej poprawy. Jednakże, jak widzieliśmy, te procentowe możliwości nie rozkładają się równomiernie na wszystkie nowotwory. Są rodzaje i umiejscowienia nowotworów uleczalne obecnie w bardzo wysokim odsetku, bo powyżej 90% — i są takie, jak np. raki żołądka, gdzie uleczalność jest znikoma lub, jak w rakach wątroby — żadna. Są też postacie pośrednie, a bardzo ważne, bo bardzo częste, jak np. raki macicy, raki sutka, gdzie wyleczalność globalna waha się pomiędzy 30 — 40%. Nie jest to więc już beznadziejny teren pracy lekarskiej. I w tym postępie medycyny odkrycie radu odegrało poważną rolę. Oczywiście — te dobre wyniki są w każdym pojedynczym przypadku ciężko wypracowane, postępowanie zaś lekarskie nie może być schematyczne.

Już na początku, omawiając mechanizm działania promieni jonizujących na materię żywą, wskazano, na jakie trudności napotykają próby wyjaśnienia tego zagadnienia, zwłaszcza gdy się przechodzi od organizmów najprostszych do złożonych, oraz że efekt biologiczny, jakkolwiek zależy od wysokości dawki promieni, nie stoi w prostym stosunku do jej kumulacji. Decyduje działanie bezpośrednie promieni, jednakże reakcja tkanki naświetlanej zależy w bardzo wysokim stopniu od tego, w jakim otoczeniu się znajduje i jakie jest natężenie procesów życiowych zarówno w niej samej, jak i w środowisku, z którym jest powiązana. Dochodzą do tego następnie różnice promienioczułości poszczególnych tkanek zarówno normalnych, jak i patologicznych, na przykład nowotworów. Różnice, które zależą od pochodzenia danej tkanki, jej budowy, jej funkcji, stanu fizjologicznego lub patologicznego w jakim się znajduje, od umiejscowienia i jeszcze od różnic osobniczych. Metody stosowania promieni muszą się z tym liczyć. Nie mogę tutaj bliżej omawiać tych zagadnień. Poruszę tylko dwa o dużym znaczeniu: wysokość dawki i jej rozłożenie w czasie.

Czy istnieje dawka rakobójcza, odpowiednia dla nowotworów o różnym stopniu promienioczułości?

Jak już widzieliśmy poprzednio, w warunkach dawek terapeutycznych zawsze należy liczyć się z tym, że pewna ilość komórek danej tkanki nie zostanie definitywnie uszkodzona. I rzeczywiście doświadczenie uczy nas, że tak jest. Czy to gdy chcemy przeprowadzić kastrację tkanki prawidłowej, czy wyjałowienie tkanki nowotworowej, promienioczułej, w pewnym odsetku musimy się liczyć z niepowodzeniami. Dlatego teoria kwantowa biologicznego działania promieni najlepiej nam odpowiada. Ale wynika stąd, że przy leczeniu promieniami nowotworów nie ma określonych dawek przeciwrakowych i zawsze musimy stosować maksymalne dawki terapeutyczne, licząc, że w ten sposób zmniejszymy odsetek efektów niezupełnych.

Drugim bardzo ważnym zagadnieniem jest rozłożenie dawki promieni w czasie.

W przypadku organizmów pierwotnych nie ma znaczenia, czy dawka promieni jest zastosowana jednorazowo, czy też rozłożona na szereg seansów. Inaczej jest w organizmach złożonych, zwłaszcza u ludzi. Tam ma to ogromne znaczenie. Selektywność działania promieni, najlepsze wykorzystanie różnic promienioczułości występuje dopiero przy rozłożeniu dza-

łania promieni na szereg seansów. To rozłożenie nie może być zbyt długie, bo energia zaabsorbowana w czasie poszczególnych seansów i zmiany wsteczne przez nią wywołane muszą przekraczać zdolność regeneracji nowotworu. Jeszcze lepsze poznanie tych zagadnień może przyczynić się do poprawienia uzyskiwanych obecnie wyników leczniczych.

Poza bezpośrednią korzyścią, jaką dało wprowadzenie promieni jonizujących do leczenia, korzyścią, którą można by nawet ująć cyfrowo w postaci wyliczenia tysięcy chorych na różnego rodzaju nowotwory, a którym obecnie przywrócona jest zdolność do pracy i normalne życie, wywarły one jeszcze jeden bardzo poważny wpływ. Promienie spowodowały wyodrębnienie się onkologii klinicznej i spowodowały ogromny postęp w nauce o nowotworach.

Do czasu wprowadzenia promienioleczenia znano tylko jeden skuteczny sposób leczenia nowotworów — zabieg operacyjny. Stosowano go na ogół bez wyboru, wszędzie tam, gdzie sądzono, że chory ten zabieg przeżyje, względnie gdzie istniała szansa, że pewien procent chorych ten zabieg przeżyje.

Sposób leczenia nowotworów był przede wszystkim techniczny. Lekarz operujący mógł nie zastanawiać się długo, jaki to jest rodzaj nowotworu, jaka jest jego biologia i na ogół się nad tym nie zastanawiał. Interesowało go, gdzie ten nowotwór jest umieszczony i jaki jest jego zasięg, czy się go da mechanicznie oddzielić od zdrowego otoczenia. Z chwilą wprowadzenia promienioleczenia lekarz zajmujący się nowotworami stanął wobec bardzo wielu problemów do rozwiązania, a w każdym razie do uwzględnienia. Nasuwała je metodyka stosowania promieni. Ale to, co nazywano ogólnie nowotworami złośliwymi — rakiem, jakże wielką kryło rozmaitość procesów. Już nie tylko co do promienioczułości poszczególnych grup nowotworów, ale nowotworów o podobnej budowie, o tym samym umiejscowieniu, w różnych stanach. Wysunęły się nowe zagadnienia złośliwości nowotworów, różnic, często skrajnych, dynamizmu ich rozwoju, cech bardzo często powiązanych z ich obrazami morfologicznymi. Ożywiła się histopatologia nowotworów, z nauki statycznej, opisowej, prawie że sekcyjnej, stała się nauką żywą, potrzebną za życia chorego i mającą ogromne znaczenie dla kliniki, dla rozpoznawania i dla wyboru metody leczenia. Bo wybór metody leczenia przestał być rzeczą prostą, niejako mechaniczną. Okazało się, że zabieg chirurgiczny jest bardzo cenną metodą leczenia nowotworów wtedy, kiedy to mechaniczne oddzielenie nowotworu od reszty organizmu jest zupełne. Gdy tego nie ma, zabieg może dać wynik szkodliwy dla chorego nie tylko przez bezpośrednie niebezpieczeństwo operacji, ale przez pobudzenie dynamizmu nowotworu. Dla chirurga stała się konieczna znajomość różnych form morfologicznych nowotworów i związanych z nimi odrębności przebiegu klinicznego. Stała się też konieczna znajomość wskazań do leczenia promieniami. Bo z tego, co poprzednio powiedziano, wynika, że promienie nie we wszystkich przypadkach mogą być celowo zastosowane. W przypadkach o zdecydowanie niedostatecznej promienioczułości stosowanie ich byłoby narażeniem chorego na nie uzasadnione dodatkowe przykrości odczynów popromiennych, a często mogłoby być odebraniem szansy wyleczenia za pomocą zabiegu chirurgicznego, który jedynie w takich przypadkach może być celowy.

W przypadkach daleko posuniętych niewłaściwie stosowane leczenie promieniami może przynieść również więcej szkody niż pożytku, a zawsze leczenie to wymaga starannej obserwacji chorego, jego stanu ogólnego, wklajających chorób, reakcji na promienie samego nowotworu, jak też i sąsiadujących tkanek normalnych, a zwłaszcza współistniejących innych procesów patologicznych. To wszystko spowodowało, że onkologia kliniczna, onkologia ludzka stała się terenem bardzo zawiłym, o bardzo wielu różnicach, odcieniach i subtelnościach, wymagających w pełni tego, co określamy, biologicznym ujmowaniem danego zagadnienia. Ujawniła się ogromna ilość zagadnień, z których niektóre zostały opracowane, a jeszcze więcej czeka zajęcia się nimi.

Wspaniały rozwój fizyki i wprowadzenie izotopów promieniotwórczych otworzyły nowe dziedziny badań w zakresie radiobiologii i wzbudziły bardzo wielkie nadzieje osiągnięcia nowych zastosowań w medycynie. O ile chodzi o nowotwory, przyniosło to pewne sukcesy, nawet dość poważne, jednakże nie decydujące. Powstały nowe możliwości. Przede wszystkim dotyczy to radioaktywnego kobaltu. Są to jednak raczej nowe możliwości techniczne. Jednakże rodzaj promieniowania i zasady jego działania biologicznego opartego na jonizacji pozostały te same.

Powstały możliwości wprowadzenia wewnątrzorgano ciał radioaktywnych. Poprzednio takie próby nie dały dobrych wyników. Pierwiastki promieniotwórcze wprowadzone do organizmu działały trująco — raz jako metale ciężkie, a następnie na skutek promieniowania, nad którym nie było możliwości panowania. Możliwość wprowadzenia izotopów promieniotwórczych w formie związków nie trujących istotnie dała nowe możliwości, jednakże na przeszkodzie stanął brak specyficzności działania promieni w nowotworach i konieczność skoncentrowania w nich wysokiej dawki o działaniu niszczącym, co koliduje z bezpieczeństwem tkanek zdrowych.

Tak jak nie udało się dotychczas wykryć w immunologii przeciwciał nowotworowych, tak nie udało się znaleźć ani pierwiastka, ani związku chemicznego, który by miał specjalne powinowactwo do tkanki rakowej. Dlatego też spośród izotopów promieniotwórczych praktyczne znaczenie ma tylko jod i fosfor. Jod przez swoje chemiczne powinowactwo do komórek wydzielających tarczycy, fosfor przez wybitne gromadzenie się w kościach i w komórkach szybko się mnożących. Wyniki osiągnięte za pomocą jodu w nadczynności tarczycy oraz w raku tarczycy są istotne i stanowią poważny postęp. Również zastosowanie fosforu radioaktywnego w chorobach krwi, zwłaszcza w czerwienicy oraz w białaczkach, wzbogaciły wyraźnie możliwości terapeutyczne. Próby z innymi pierwiastkami radioaktywnymi, jakkolwiek zachęcające, nie dorównują jeszcze wynikom osiąganym przy pomocy jodu i fosforu. Pewne nadzieje są łączone z użyciem izotopów radioaktywnych w formie koloidalnej.

W przeciwieństwie do tych zastosowań leczniczych, olbrzymie, wprost nieoczekiwane możliwości otworzyły się w dziedzinie badań biologicznych, fizjologicznych, biochemicznych, klinicznych, których wyniki będą miały niewątpliwie ogromne znaczenie praktyczne dla zagadnień odżywiania, dla stosowania i działania różnych leków i zbliżą nas na pewno do poznania zasadniczych procesów życiowych. Możliwość znakowania pod-

stawowych pierwiastków, z których złożony jest organizm ludzki i zwierzęcy, pierwiastków, które są podstawowe w reakcjach chemicznych, tzn. w metabolizmie organizmu, takich jak tlen, azot, węgiel, wodór, fosfor, potas, sód, żelazo, siarka itd., możliwość obserwowania ich dalszych losów przy pomocy metod fizycznych z dokładnością, której nie dorównuje żadna metoda chemiczna, wprowadziła istotny przewrót w zakresie tych badań. Znakowany pierwiastek nie zmieniający zupełnie chemicznych właściwości cząsteczki, w której skład wchodzi, pozwala na śledzenie jej absorpcji, jej drogi w organizmie, jej reakcji chemicznych, syntezy i dezintegracji, miejsca zdeponowania i sposobu wydzielania lub wydalania, co otworzyło łatwo zrozumiałe, olbrzymie horyzonty postępu. Pomimo młodości tej nauki wiele wiadomości z zakresu fizjologii uzyskało nowe oparcie i sprecyzowanie prawie że matematyczne. Wiele wyobrażeń musiało ulec zmianie. Tak np. nowe nieoczekiwane dane otrzymano w zakresie procesów odnowy zachodzących w organizmie, w zakresie syntezy pewnych produktów wydzielania wewnętrznego i ich dalszych losów. W tej chwili nie można jeszcze powiedzieć, jakie praktyczne znaczenie to przyniesie. Można być pewnym, że bardzo wielkie, a w każdym razie umożliwią one bardzo istotne posunięcia w poznaniu podstawowych procesów życiowych.

Dzieło Marii Skłodowskiej-Curie jest ogromne. To nie tylko dokonane wspólnie z Piotrem Curie odkrycie radu. To ofiarowanie otrzymanego w ciężkich, pierwotnych warunkach, wyizolowanego własnymi rękoma grama radu dla celów lecznictwa w Instytucie Radowym w Paryżu. To zainteresowanie i udział w jego pracach biologicznych. Znalazło to wyraz także i w tym, że była pierwszą kobietą członkiem Francuskiej Akademii Medycyny. Swoją pracę przepłaciła Ona poważnym uszkodzeniem swojego zdrowia, co ostatecznie doprowadziło do Jej śmierci.

Chciałbym tutaj wspomnieć o tych wszystkich lekarzach, a było ich bardzo wielu, którzy na skutek swej pracy przy leczeniu promieniami, przy zdobywaniu wiadomości o ich sposobie działania, przy rozbudowywaniu tej ogromnej, nowej gałęzi wiedzy lekarskiej utracili zdrowie, musieli się poddać — nieraz ciężkim — amputacjom, narazić na ciężkie kalectwo lub też wręcz stracili życie.

My Polacy mamy specjalne powody, żeby czcić Jej pamięć, i obowiązek, żeby w miarę możliwości rozwijać Jej dzieło. Znany jest Jej gorący stosunek, jaki Ją do końca życia łączył z Polską, z jej losami, jak żywo chciała rozwoju nauki w Polsce, a potem jak żywe było Jej pragnienie, żeby Polska wzięła jak największy udział i odniosła jaknajwiększą korzyść z Jej odkrycia. Z Jej inicjatywy i z Jej pomocą powstał Instytut Radowy. Ofiarowała dlań 1 gram radu i to w formie dostosowanej do celów lekarskich. Brała udział w organizacji Instytutu i planowaniu jego prac. W ówczesnych trudnych warunkach stale zabiegała o zdobycie środków materialnych dla niego. Kierowała przygotowaniem jego pracowników.

Dziś nie musimy już zabiegać o środki materialne. Mamy pełne możliwości pracy, jakich nigdy przedtem nie mieliśmy. Mamy wszelkie możliwości i szanse rozwoju. Instytut Radowy został przekształcony na Insty-

tut Onkologii im. Marii Skłodowskiej-Curie. Odpowiadało to potrzebom nowej gałęzi medycyny — onkologii, która powstała i wyodrębniła się w Polsce przede wszystkim dzięki powstaniu Instytutu Radowego. Dziś zakłady onkologiczne bądź już istnieją, bądź są w trakcie organizowania w wielu miastach Polski. Zorganizowana akcja onkologiczna obejmuje cały kraj. Niezależnie od tego, jaki będzie dalszy rozwój medycyny i jakie przyjdą nowe metody leczenia nowotworów, zasługi Marii S k ł o d o w s k i e j - C u r i e także i na polu medycyny są ogromne i trwałe.

STAŁA WYSTAWA POŚWIĘCONA ŻYCIU I PRACY
MARII SKŁODOWSKIEJ-CURIE

Wśród odbudowanych zabytkowych kamieniczek warszawskiej Starówki zwraca uwagę okazała fasada dwupiętrowego domu przy ulicy Freta 16. Siedem okien frontu, to rzadkość na Starym Mieście. A przy tym wmurowane są tam dwie tablice pamiątkowe. Jedna przypomina, że w podziemiach tej kamienicy zginęło w czasie powstania warszawskiego śmiercią bohaterską Dowództwo Armii Ludowej. Druga zaś głosi, że w tym właśnie domu urodziła się w 1867 roku nasza wielka rodaczka Maria Skłodowska-Curie.

Rodzice Marii Skłodowskiej mieszkali w nie istniejącej już dziś oficynie, natomiast całą frontową część budynku zajmowała w latach sześćdziesiątych najlepsza pensja warszawska, prowadzona przez Bronisławę z Boguskich Skłodowską — matkę Marii. W wiernie odtworzonych przez naszych architektów salach na pierwszym piętrze, tych samych, w których Maria Skłodowska rozpoczynała swą naukę szkolną, mieści się obecnie stała wystawa poświęcona życiu i działalności wielkiej uczoney. Głównym celem tej wystawy, zorganizowanej w ramach uroczystej sesji PAN dla uczczenia 20 rocznicy śmierci Marii Curie, jest z jednej strony uwypuklenie doniosłej roli, jaką w pracy badawczej znakomitej uczoney odgrywał jej zdrowy materialistyczny stosunek do zjawisk przyrodniczych, z drugiej zaś — wykazanie, w jakiej mierze odkrycie pierwiastków promieniotwórczych — polonu i radu, utorowało drogę do przewartościowania istniejących poprzednio w przyrodoznawstwie metafizycznych teorii naukowych i przyczyniło się do ugruntowania materialistycznego poglądu na przyrodę.

Liczne fotografie i pamiątki rodzinne obrazują atmosferę domową, w jakiej wyrastała przyszła uczona. Głęboki patriotyzm obok poczucia silnej więzi łączącej wszystkie narody świata we wspólnym dążeniu do wolności i dobrobytu. Zdecydowany ateizm obok bezwzględnej tolerancji religijnej. Szczere przywiązanie do tradycji obok wybitnie postępowego stosunku do nurtujących kraj zagadnień społecznych. Wreszcie, zaszczerpione przez panujący wśród ówczesnego mieszczaństwa polskiego pozytywizm zainteresowania przyrodnicze, spletające się w nierozdzielłą całość z umiłowaniem literatury pięknej, historii i innych nauk humanistycznych.

Wyjazd Marii Skłodowskiej do Paryża, studia na Sorbonie, pierwsze zetknięcie się z nauką europejską, przyswajanie sobie postępowych kierunków myśli francuskiej — oto następne etapy życia młodej „pozytywistki”, uwieńczone w 1895 roku związaniem swych losów z jednym z największych umysłów ówczesnej Francji — fizykiem o światowej sławie — Piotrem Curie.

Najobszerniejsza sala wystawy poświęcona jest tej wspaniałej epopei naukowej, jaką stanowiła jedenastoletnia współpraca małżonków Curie. Widzimy tam fotografie historycznej szopy przy ul. Lhomond w Paryżu, w której Maria i Piotr Curie rozpoczynali swe epokowe badania. Widzimy pomysłowe przyrządy pomiarowe, którymi się posługiwali dla wyodrębnienia nie znanych pierwiastków pro-

mieniotwórczych — polonu i radu, jak również fotokopie odręcznych notatek z przeprowadzanych wspólnie pomiarów. Różne materiały i cytaty ilustrują trwającą przez wiele lat upartą walkę małżonków *Curie* w obronie materialistycznej interpretacji zjawiska promieniotwórczości, opartej na wypowiedzianej poraz pierwszy przez Marię *Curie* w 1900 roku hipotezie rozpadu promieniotwórczego. Dostarczane przez różnych badaczy fakty doświadczalne, potwierdzające słuszność tej hipotezy, stanowiły niewątpliwy dowód, że „niezniszczalne i nie dające się rozłożyć pierwiastki chemiczne, których liczba, jak gdyby na kpiny z jedności świata, wciąż wzrasta, dają się, jak się okazuje, zniszczyć i rozłożyć” (Lenin).

W tej samej sali, w której dominuje pierwiastek rad, sygnalizując rozpad poszczególnych atomów na ekranie oscylografu katodowego, zebrano też eksponaty i fotografie obrazujące życie domowe odkrywców rzadkiego pierwiastka, ich głębokie zrozumienie społecznej roli nauki oraz czynione przez nich wysiłki w kierunku udostępnienia radu nauce i medycynie. Niestety, jak wynika z podanych zestawień cyfrowych, bezinteresowność małżonków *Curie*, którzy ze swych odkryć nie czerpali żadnych korzyści materialnych, nie znalazła naśladowców wśród wielkich producentów radu. Rad stał się w ciągu kilku lat najdroższym metalem na świecie.

W roku 1906 Piotr *Curie* ulega śmiertelnemu wypadkowi ulicznemu. Maria *Curie* pomna słów Piotra, że „cokolwiek się stanie... trzeba będzie pracować, mimo wszystko”, kontynuuje rozpoczęte wielkie dzieło. W następnej sali wystawy zgromadzono mnóstwo fotografii, rękopisów, notatek laboratoryjnych, listów i dokumentów dających ogólny obraz rozległej działalności naukowej i społecznej Marii *Curie* w latach 1910 — 1934. Znaczną część tej sali zajmują materiały dotyczące czynnego udziału Marii *Curie* w rozwoju nauki polskiej, a w szczególności polskiej radiologii. Obszerna korespondencja z pracownikami warszawskiej Pracowni Radiologicznej świadczy o czynionych przez Marię *Curie* staraniach, aby uratować tę placówkę badawczą dogorywającą w Polsce przedwrześniowej. Ciekawe eksponaty obrazują wysiłki wielkiej uczoney, dzięki którym Polska uzyskała w latach trzydziestych pierwszy gram radu dla lecznictwa przeciwrakowego.

Własny dorobek naukowy Marii *Curie*, obejmujący wiele książek oraz ponad 70 prac oryginalnych i referatowych, stanowi zaledwie drobną część olbrzymiego wkładu, jaki ta największa uczona świata wniosła do nauki współczesnej. Stworzony i kierowany przez nią Instytut Radowy w Paryżu był terenem rozległej pracy badawczej, której nadrzędnym celem było znalezienie metody uzyskania dostatecznej ilości substancji promieniotwórczych dla zaspokojenia potrzeb nauki i medycyny na całym świecie. Wysiłki Marii *Curie* i jej szkoły zostały wreszcie uwieńczone powodzeniem, gdy na początku 1934 roku Irena i Fryderyk *Joliot-Curie* wykryli sposób przekształcania zwykłych odmian atomowych w odmiany promieniotwórcze. Przekonano się, że promieniotwórczość jest powszechną własnością materii. Jednocześnie zaś zarysowały się perspektywy otrzymywania substancji promieniotwórczych na skalę techniczną.

Dopóki jednak produkcja izotopów promieniotwórczych ograniczała się do zwykłych reakcji jądrowych, uskutecznianych za pomocą silnych strumieni przyspieszonych jonów, ilości wytwarzanych substancji promieniotwórczych wciąż jeszcze były bardzo ograniczone. Dopiero zrealizowanie w 1938 roku reakcji „pękania” jąder uranu utorowało drogę do masowego produkowania ciał promieniotwórczych w tak zwanych reaktorach jądrowych. Ostatnia sala wystawy przedstawia wspaniałe zastosowania praktyczne otrzymywanych na dużą skalę w reaktorach izotopów promieniotwórczych, jak również wyzyskanie reakcji „pękania” jąder uranu jako źródła praktycz-

nie nieograniczonych ilości energii użytkowej. Symbolem humanitarnego wykorzystania energii jądrowej dla dobra człowieka jest umieszczona w tej sali fotografia przewodów wysokiego napięcia, którymi w czerwcu bieżącego roku popłynął prąd z uruchomionej w Związku Radzieckim pierwszej na świecie elektrowni atomowej, przeznaczonej do zasilania wielkich kombinatów rolnych. Oto rezultat wspaniałych zdobyczy nauki o promieniotwórczości, zapoczątkowanej przed pół wiekiem pracami Becquerela oraz Marii i Piotra Curie.

W przeciwieństwie do krajów obozu demokracji, państwa imperialistyczne usiłują wyzyskać energię jądrową przede wszystkim jako narzędzie wojny. Na przeciwległej ścianie tej samej sali widzimy złowróżbny obraz Hiroszimy obróconej w perzynę wskutek wybuchu bomby atomowej oraz wiele innych fotografii, na których przedstawione są groźne skutki użycia broni atomowej lub wodorowej. Lecz obraz zgliszcz miasta japońskiego przesłania potężny napis: „Żądamy zakazu broni atomowej!” Z tym hasłem na ustach miliony ludzi na świecie bronią dziś honoru nauki, ufni, tak jak ongiś Maria i Piotr C u r i e, że „ludzkość wyciągnie więcej dobra niż zła z nowych odkryć”.

Ignacy Złotowski

IV OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA FIZYKÓW

W dniach 1—14 września 1954 r. odbyła się w Spale ogólnopolska konferencja fizyków, zorganizowana przez Polską Akademię Nauk. Była to czwarta z szeregu konferencji zapoczątkowanych w roku 1950. Inicjatorem i kierownikiem wszystkich konferencji był prof. Leopold Infeld. Mają one już charakter tradycyjny. Pierwszą z nich odbyła się w roku 1950 w Kuźnicach, druga w 1951 r. w Otwocku, trzecia w 1952 r. w Spale. Na III konferencji obecna była delegacja fizyków radzieckich z prof. W. F o c k i e m na czele. W IV konferencji udział wzięło 150 osób. Obecni byli fizycy z wszystkich ośrodków naukowych w kraju. Reprezentowane były także dziedziny pokrewne fizyki; wśród uczestników było kilku filozofów, matematyków, chemików i techników.

Konferencja tegoroczna miała charakter narady wytwórczej fizyki teoretycznej w Polsce. Jej cele określał program w sposób następujący:

1) ułatwić młodej kadrze przystąpienie do samodzielnych badań zaznajamiając ją z całością kilku zagadnień opracowywanych aktualnie w kraju i za granicą;

2) uczynić dalszy krok naprzód w kierunku powiązania badań teoretycznych i doświadczalnych w Polsce przez zorganizowanie wspólnej dyskusji fizyków teoretycznych i doświadczalnych nad nowymi zagadnieniami oraz planem ich badań;

3) przeprowadzić dyskusję nad problemami podstaw teorii kwantów, teorii względności i fizyki statystycznej.

Tematyka konferencji dotyczyła:

1) zagadnień podstaw teorii kwantów, teorii względności i fizyki statystycznej;

2) teorii pola;

3) fizyki jądra;

4) fizyki ciała stałego.

W związku z tym podziałem tematycznym obrady toczyły się w czterech sekcjach, przy czym część zajęć miała charakter plenarny, a część odbywała się równolegle. Referaty wygłaszane były w godzinach rannych. W godzinach popołudniowych i ewentualnie wieczornych, odbywały się seminaria i zebrania nieformalne. Nacisk był położony na swobodny, nieformalny charakter zajęć, gdyż takie właśnie dyskusje prowadzą — jak wykazała praktyka — do najlepszych wyników. W przedostatnim dniu konferencji odbyły się zebrania dyskusyjne, na których przewodniczący sekcji podsumowali wyniki konferencji, podkreślając szczególnie planowanie prac na przyszłość. W ostatnim dniu dokonano na podstawie materiałów otrzymanych z zebrań sekcyjnych, podsumowania wyników całej konferencji.

A oto treść obrad konferencji:

SEKCJA PODSTAWOWA

Pierwszą grupę zagadnień stanowiły podstawy teorii kwantów. Referaty J. Plebańskiego (Warszawa) i R. S. Ingardena (Wrocław) poświęcone były próbom kauzalnej interpretacji mechaniki kwantowej. Własne poglądy na inter-

pretację teorii kwantów przedstawili J. Plebański i J. Werle (Warszawa).

Drugą grupę zagadnień metodologicznych stanowiły podstawy teorii względności. Ważny referat wygłosił L. Infeld. W referacie tym prof. Infeld przedstawił własne stanowisko w podstawowych zagadnieniach teorii względności, a w szczególności w zagadnieniu wielkości względnych i bezwzględnych w związku z poglądami W. Focka. W ożywionej dyskusji poruszono kilka spraw, w szczególności omówiono najnowsze stanowisko fizyków i filozofów radzieckich w sprawie podstaw teorii względności. Niektóre z tych poglądów omówił W. Kłos (Warszawa) w swoim referacie o dyskusji nad teorią względności w ZSRR.

Trzeci krąg zagadnień, problemy fizyki statystycznej, były przedmiotem referatów H. Steinhausa i J. Łopuszańskiego (Wrocław). Dotyczyły one zagadnienia procesów nieodwracalnych.

Referaty i dyskusje w ramach sekcji stały na wyższym poziomie niż na poprzednich konferencjach. W programie główną rolę odegrały prace własne. Dyskusje po referatach wykazały, że fizycy nauczyli się wiele z materializmu dialektycznego, że umieją się posługiwać metodą dialektyczną.

SEKCJA TEORII POLA

W referatach tej sekcji dominowały prace własne fizyków polskich. L. Infeld (Warszawa) przedstawił znakomite uproszczenie zagadnienia wyprowadzenia równań ruchu z równań pola. Ważne to zagadnienie, rozwiązane przez prof. Infelda wspólnie z Einsteinem, w dotychczasowej postaci wymagało niezmiernie długich rachunków. Dzięki zastosowaniu nowych środków matematycznych, udało się uprościć znakomicie rachunki, co umożliwiło wyprowadzenie wyników w ramach kilku godzin wykładu. Wyniki własnych prac o rozchodzeniu się fal elektromagnetycznych przedstawił W. Rubinowicz (Warszawa).

Aktualnym zagadnieniom teorii pola opracowywanym w Polsce poświęcone były referaty M. Günthera (Wrocław), W. Królikowskiego (Warszawa), J. Rzewuskiego (Wrocław), J. Rayskiego (Toruń) i J. Werlego (Warszawa).

O geometrycznej strukturze teorii pola mówił R. S. Ingarden (Wrocław).

Fundamentalnym zagadnieniem fizyki współczesnej są własności cząstek elementarnych. Liczba odkrytych cząstek wciąż wzrasta, mnożą się wiadomości eksperymentalne o ich własnościach — oczekujemy odkrycia rządzących nimi prawidłowości. W dziedzinie badań eksperymentalnych znakomite są prace M. Danysz (Warszawa), który podał przegląd nowych danych doświadczalnych o cząstkach elementarnych. J. Rayski (Toruń) przedstawił dalsze wyniki własnej teorii cząstek elementarnych. O regułach wyboru, będących ostatnio poważnym narzędziem teoretycznym badania własności cząstek, mówił J. Werle (Warszawa).

Ponadto na seminariach omówiono szereg własnych prac z teorii pola.

Referaty wygłoszone w sekcji teorii pola, oparte na oryginalnych pracach własnych, reprezentowały poważne osiągnięcia teoretyków polskich w tej dziedzinie

Są one związane tendencją współczesnej fizyki teoretycznej, aby jako podstawowe pojęcie uznać pole, którego własności prowadzą do różnorodności obserwowanych zjawisk. W szczególności fundamentalnym zagadnieniem jest stworzenie teorii, która tłumaczyłaby istnienie cząstek elementarnych, ich mas, schematów rozpadu i innych własności.

SEKCJA FIZYKI JĄDRA

Poczyniono wiele kroków, które przyczyniają się do rozwoju tej dziedziny fizyki w Polsce.

Przedyskutowano zagadnienie budowy akceleratorów — zagajał A. Sołtan (Warszawa) — i postanowiono zwołać w krótkim czasie zebranie wyłonionej komisji w tej sprawie. Na konferencji wygłoszono referaty o trzech aktualnych zagadnieniach z fizyki jądrowej, naświetlając je ze strony teoretycznej i doświadczalnej:

1. O zagadnieniu kaskad w promieniowaniu kosmicznym — referaty L. Jurkiewicza (Kraków) i J. Łopuszańskiego (Wrocław) — w związku z pracami eksperymentalnymi grupy M. Mięsowicza (Kraków) i A. Zawadzkiego (Łódź).

2. O zagadnieniu „strippingu“ (jeden z nukleonów deuteronu zostaje, w zderzeniu z jakimś jądrem, pochwycony przez jądro) — referaty J. Dąbrowskiego (Warszawa) i Z. Wilhelmięgo (Łódź) — w związku z pracami teoretycznymi J. Dąbrowskiego i J. Sawickiego (Warszawa).

3. O reakcjach fotojądrowych — referaty H. Niewodniczańskiego i W. Czyża (Kraków) — w związku z inicjowanymi pracami doświadczalnymi grupy H. Niewodniczańskiego w Krakowie.

Kontynuowano współpracę teoretyków wrocławskich (J. Łopuszański, J. Rzewuski) z fizykami doświadczalnymi pracującymi w Krakowie i Łodzi nad zagadnieniami wielkich pęków promieniowania kosmicznego. Przedyskutowano również zagadnienia rezonansu jądrowego — referat A. Hrynkiwicza (Kraków) — w związku z inicjowanymi w Krakowie pracami doświadczalnymi. Omówiono możliwości współpracy teoretyków z grupą M. Danysz w Warszawie. Postanowiono zwołać konferencję w sprawie techniki i produkcji w kraju klisz jądrowych. Ponadto omówiono inne aktualne zagadnienia fizyki jądra w referatach A. Sołtana (Warszawa), J. Janika (Kraków) i I. Adamczewskiego (Gdańsk).

Postanowiono zwiększyć kontakty pomiędzy ośrodkami. Obrady tej sekcji miały żywy charakter i należy oczekiwać owocnych wyników pracy nad rozwojem w kraju tej doniosłej dziedziny fizyki współczesnej.

SEKCJA FIZYKI CIAŁA STAŁEGO

Przedyskutowano zagadnienia związane z badaniami prowadzonymi w Zakładzie Elektroniki Ciała Stałego PAN pod kierunkiem L. Sosnowskiego. Wyłoniły się nowe możliwości prac doświadczalnych i teoretycznych w tym zakresie. B. Buras (Warszawa) zaznajomił ogół uczestników konferencji z wnioskami z Sesji Fizyki Ciała Stałego PAN. O stosowaniu metod teorii pola do ciała stałego mówili Z. Galasiewicz (Wrocław) i M. Suffczyński (Warszawa). Własną teorię luminescencji w roztworach stałych przedstawił A. Jabłoński (Toruń). Omówiono aktualne zagadnienia fizyki półprzewodników w referatach J. Bogdanowicza (Warszawa) i M. Subotowicza (Lublin).

Przedyskutowano — referaty A. Piekary, S. Szczeniowskiego i S. Lorii — zagadnienia ferroelektryczności i ferromagnetyzmu w związku z badaniami inicjowanymi obecnie w Poznaniu.

W dyskusji podkreślono potrzebę znacznie szerszej współpracy teoretyków z fizykami doświadczalnymi w dziedzinie fizyki ciała stałego.

Ta gałąź fizyki współczesnej posiada doniosłe znaczenie praktyczne i przedstawia bardzo szerokie pole do badań dla fizyków eksperymentatorów, teoretyków oraz techników. Badania w tej dziedzinie powinny być prowadzone, w związku z, rozwojem przemysłowym kraju, intensywnie i na wielką skalę.

Oprócz wymienionych wyżej zajęć sekcyjnych odbyło się — zagajał K. Majewski (Warszawa) — zebranie dyskusyjne, na którym przedyskutowano zagadnienia kształcenia kadr fizyków.

Na kilku nieformalnych zebraniach wieczornych L. Sosnowski R. S. Ingarden, M. Danysz i J. Werle mówili o wrażeniach z pobytów za granicą. W dyskusjach podkreślono palącą potrzebę zwiększenia wyjazdów za granicę oraz przyjazdów fizyków z innych krajów.

IV Konferencja miała charakter narady wytwórczej fizyki teoretycznej w Polsce. Przyczyniła się do dalszego podniesienia poziomu dyskusji ideologicznej na temat podstaw fizyki współczesnej. Ułatwiła młodej kadrze fizyków przystąpienie do pracy badawczej wskazując na konkretne zagadnienia, otwierając perspektywy badań w określonych kierunkach. Dopomogła w nawiązaniu dalszej współpracy fizyków teoretycznych i doświadczalnych w Polsce. Obrady IV konferencji, ich twórczy charakter, były wyrazem wzrostu fizyki polskiej.

Przemysław Zieliński

II TEORETYCZNA KONFERENCJA CHEMIKÓW POLSKICH

W dniach od 20 do 30 sierpnia 1954 r. odbyła się w Spale II teoretyczna konferencja chemików polskich. Konferencja została zorganizowana przez Polską Akademię Nauk. Przygotował ją komitet organizacyjny w składzie: prof. prof.: wicemin. O. Achmatowicz, J. Hurwic, W. Kemula, S. Minc, M. Śmiałowski, W. Trzebiatowski i I. Złotowski. Obradom przewodniczył prof. Włodzimierz Trzebiatowski, który włożył w zorganizowanie konferencji wiele energii i pracy osobistej. Pozytywne osiągnięcia narad są w znacznej mierze zasługą prof. Trzebiatowskiego. W obradach wzięło udział około 180 zaproszonych uczestników, w ogromnej większości pracowników naukowych wyższych uczelni i instytutów badawczych. Obrady toczyły się bez podziału na sekcje. Dzień pracy uczestników konferencji obejmował dwa posiedzenia, ranne od godz. 9 do 12 i popołudniowe od godz. 16 do 19. Tematyka obrad dotyczyła głównie zagadnień związanych z doświadczalnym badaniem i teoretycznym ujęciem struktury związków nieorganicznych, wiążąc się ściśle z tematyką pierwszej konferencji. Pierwsza konferencja teoretyczna chemików polskich w Białymostku w 1952 r. poświęcona była zasadniczo problemowi budowy związków organicznych.

Obrady otworzył sekretarz III Wydziału Polskiej Akademii Nauk, prof. dr Michał Śmiałowski, słowo wstępne wygłosił dr W. Trzebiatowski omawiając tematykę i organizację konferencji. W toku obrad wygłoszono 12 referatów.

Pierwszy referat pt. *Układ okresowy pierwiastków i jego znaczenie światopoglądowe* wygłosił prof. dr Ignacy Złotowski. Referent podał zarys historii odkrycia układu okresowego, scharakteryzował żywiołowo-materialistyczny światopogląd Mendelejewa oraz opartą na tym poglądzie tezę, że układ okresowy nie jest jedynie, jak to twierdzą uczeni idealistyczni, dogodnym systemem klasyfikacji pierwiastków, ale że stanowi on odbicie obiektywnego prawa przyrody. W referacie zwrócono uwagę na cechujące Mendelejewa nawarstwienia pozytywistyczne, utrudniające temu wielkiemu uczonemu zrozumienie występujących w przyrodzie zależności dialektycznych; omówiono również kilka ogólnych zagadnień teoretycznych związanych z układem okresowym, na przykład zależność między liczbą porządkową a strukturą powłok elektronowych atomów i podział pierwiastków na grupy i podgrupy. Na podstawie podanego materiału referent omówił dialektyczne cechy układu okresowego, a mianowicie:

- 1) Ujawniającą się ogólną prawidłowość „skokowego” przechodzenia zmian ilościowych w jakościowe.
- 2) Występujący w świecie atomów proces ewolucji od prostego do złożonego, od niższego do wyższego.
- 3) Harmonijne powiązanie ze sobą najbardziej różnorodnych odmian atomowych w ramach panującej nadrzędnie w przyrodzie jedności materii.

4) Uwydatnioną zarówno w każdym pierwiastku, jak w całym układzie jedność przeciwnieństw.

Drugim z kolei był referat prof. dr Włodzimierza Trzebiatowskiego pt. *Struktura pierwiastków i związków chemicznych*. Referat o bardzo bogatej treści obejmował między innymi omówienie: wpływu powłok elektronowych na strukturę cząsteczek i kryształów pierwiastków, założeń i wniosków teorii Brillouina oraz opartego na tej teorii schematu przewodnictwa elektrycznego w metalach, izolatorach i półprzewodnikach, ogólnych podstaw teorii wiązania chemicznego metodą wiązań walencyjnych i orbitali molekularnych, stereochemii związków nieorganicznych oraz struktury cząsteczek elektronowo-deficytowych, związków donorowo-akceptorowych i klatratowych.

Referat pt. *Matematyczne ujmowanie problemów chemicznych* został wygłoszony przez mgra B. Baranowskiego. Referent podzielił tytułowe zagadnienie na dwie części:

- 1) Statystyczne opracowanie wyników doświadczalnych.
- 2) Teoretyczne ujmowanie otrzymywanych wyników.

Referat poświęcony był omówieniu drugiej części problemu. Referent wykazał na przykładach współczesnej teorii stężonych roztworów silnych elektrolitów, termodynamiki procesów nieodwracalnych w zastosowaniu do kinetyki chemicznej oraz teorii absolutnej szybkości reakcji, że matematyczne ujmowanie problemów chemicznych dzieli się na trzy zasadnicze etapy:

- 1) sprecyzowanie problemu i nakreślenie jakościowej drogi ujęcia;
- 2) dobór odpowiedniego formalizmu fizyczno-matematycznego;
- 3) przeprowadzenie szczegółowego rachunku.

Prof. dr Alfons Krause w referacie pt. *Struktura aktywnych tlenków i wodorotlenków metali* omówił oparty na analizie rentgenograficznej podział tlenków i wodorotlenków metali, przedyskutował trudności związane z określeniem sposobu wiązania wody w omawianych związkach i zwrócił uwagę, że metody otrzymywania katalitycznie aktywnych tlenków sprowadzają się do wytworzenia układu o możliwie zdeformowanej sieci krystalicznej oraz że rentgenograficzne oznaczanie struktury magnetytów i tlenków bertolidów daje wyniki niejednoznaczne.

Piątym był referat prof. dr Kazimierza Gumińskiego pt. *Energetyka wiązania chemicznego*. Referent zwrócił uwagę na trudności związane z teoretycznym uwzględnieniem nieciągłości chemicznych i wywołaną nimi ograniczoną przydatność teorii fizycznych w problemach chemicznych, a następnie omówił kwantowo-mechaniczne metody (metoda wiązań walencyjnych i metoda orbitali molekularnych) ujmowania wiązania chemicznego. Poza tym referat obejmował między innymi omówienie rotacyjnych i oscylacyjnych poziomów energetycznych cząsteczek, widm cząsteczkowych, wyjaśnienie metody samouzgodnionego pola w odniesieniu do obliczania orbitali atomowych i cząsteczkowych oraz omówienie wypełnienia tych orbitali według zasad Pauliego i Hunda. W zakończeniu referent podkreślił potrzebę rozpatrywania cząsteczki jako jakościowo odrębnej całości o własnej dynamice oraz zwrócił uwagę na trudności takiego ujęcia w dzisiejszej mechanice kwantowej.

Referat prof. dra Stefana Minc i mgr inż. Zbigniewa Kęckiego pt. *Możliwości zastosowania widma Ramana w chemii* obejmował: zwięzłe omówienie

teoretycznych podstaw powstawania widma złożonego rozpraszania światła (widma Ramana), przedstawienie możliwości zastosowania widma Ramana w rozwiązywaniu pewnych problemów chemicznych oraz omówienie eksperymentalnej strony otrzymywania widm Ramana. W uzupełnieniu podany został przykład zastosowania widma Ramana do badania struktury kwasu azotowego oraz szkic metody pozwalającej na podstawie danych spektralnych rozwiązywać dynamiczną strukturę cząsteczek.

Kandydat Włodzimierz Kołos i dr Ryszard Kołodziejski w referacie pt. *Metody chemii kwantowej i przykłady ich zastosowania* omówili teoretyczne podstawy teorii orbitali molekularnych od najprostszego jej ujęcia jako liniowej kombinacji orbitali atomowych do nowoczesnych metod opartych na równaniach Focka i zastosowaniu pola samouzgodnionego oraz podali przykłady stosowania omówionych metod do obliczania stanów energetycznych, rozkładu ładunków elektronowych i momentów dipolowych cząsteczek tlenu węgla, dwutlenku węgla, tlenu i fluorowodoru. Referat obejmował również omówienie teorii orbitali molekularnych związków organicznych skoniugowanych i aromatycznych oraz zastosowania teorii orbitali molekularnych do spektrografii molekularnej.

Osmym referentem był mgr B. Staliński wygłaszając przygotowany przez prof. dra W. Trzebiatowskiego i przez siebie referat pt. *Metody badań magnetochemicznych*. W referacie omówiono podstawowe pojęcia i metody eksperymentalne magnetochemii, zastosowanie magnetochemii do badania struktur elektronowych, krystaliczną budowę substancji ferromagnetycznych, antyferromagnetycznych i ferrimagnetycznych oraz mechanizm zjawisk magnetycznych w tych substancjach.

Prof. dr Ludwik Chrobak wygłosił referat pt. *Badania struktury metodami: rentgenograficzną, elektronograficzną i neutronometryczną*. W referacie omówiono metodykę stosowaną w rentgenograficznym określaniu struktur. Referent przedyskutował różne próby rozszyfrowania na podstawie rentgenogramów problemu znaku amplitud fal struktury oraz zwrócił uwagę, że synteza fourierowska nie daje możliwości oznaczania drobnych zagęszczeń elektronowych, a w związku z tym oparte na analizie „map elektronowych” wnioski o jonowej strukturze kryształów halogenków metali alkalicznych są rentgenograficznie nie uzasadnione. Mapy elektronowe, zdaniem referenta, nie mogą nic powiedzieć o rozkładzie elektronów w obszarach niskich gęstości elektronowych. W końcowej części referatu zostały pokrótce omówione elektronografia i neutronometria.

Dziesiąty referat pt. *Polaryzacja materii* wygłosił profesor fizyki dowiadczalnej Uniwersytetu Poznańskiego, dr Arkadiusz Piekara. W referacie omówiono teorię polaryzacji dielektrycznej w gazach i cieczach, zjawisko „nasyceń dielektrycznego” oraz ferrodielektryki. W zakończeniu referatu prof. Piekara nawiązał do omówionych w referacie poświęconym magnetochemii ferromagnetyków, antyferromagnetyków i ferrimagnetyków demonstrując efektownie dwa namagnesowane wzdłuż osi pierścienie ferrytowe.

Referat pt. *Momenty dipolowe a budowa cząsteczek* został wygłoszony przez prof. dra Józefa Hurwica. Referat obejmował omówienie najważniejszych metod pomiaru momentów dipolowych ze szczególnym uwzględnieniem metody pomiaru stałej dielektrycznej roztworów badanych substancji polarnych w niepolarnych rozpuszczalnikach. Referent opisał własną modyfikację tej metody, zezwalającą na znaczne

uproszczenie techniki pomiarów, oraz wymienił wiele przykładów, w których określenie momentu dipolowego przyczyniło się w istotny sposób od poznania budowy cząsteczek.

Ostatni referat pt. *Wiązanie chemiczne, stereochemia i trwałość związków kompleksowych* wygłosiła prof. dr Bogusława J e ż e w s k a - T r z e b i a t o w s k a. W bogato ilustrowanym przykładami referacie omówiono metody określenia typu wiązania i struktury elektronowej kompleksów, budowę i własności najważniejszych grup kompleksów oraz kompleksy chelatowe i wielordzeniowe. Dużo uwagi poświęciła referentka zagadnieniu trwałości kompleksów. W końcowej części referatu omówiono zagadnienie trans-oddziaływania oraz znaczenie związków kompleksowych w chemii analitycznej i stereochemii.

Po każdym referacie wywiązywała się dyskusja, w której uczestnicy niejednokrotnie uzupełniali, rozszerzali i obrazowali konkretnymi przykładami wypowiedzi referentów. Specjalnie ożywioną dyskusję wywołała postawiona przez prof. dra L. C h r o b a k a teza, że sieci krystaliczne nawet w kryształach związków polarnych, jak halogenki metali alkalicznych nie są zbudowane jonowo. Przytaczane argumenty przeciwko tej tezie oraz argumenty przemawiające za nią nie uzyskały w toku dyskusji zdecydowanej przewagi, dyskusja wykazała jednak, że szeroko rozpowszechniony pogląd o jonowej strukturze wspomnianych kryształów należy uważać za mocno przybliżony i podlegający poważnym zastrzeżeniom. Zagadnienie uznano za otwarte a prof. C h r o b a k a wezwano, aby opublikował swoje poglądy, szczegółowo je uzasadniając.

Druga konferencja wykazała, że od czasu pierwszej konferencji w lutym 1952 r. nastąpił w chemii polskiej poważny rozwój w dziedzinie zagadnień teoretycznych, szczególnie w dziedzinie chemii kwantowej. W okresie tym wyrosła nieliczna jeszcze, ale już wyraźnie zarysowana, kadra chemików zajmujących się tą dyscypliną.

Na specjalne podkreślenie zasługuje udział fizyków w obradach konferencji. Jeden z referatów plenarnych, wygłoszony został przez fizyka prof. A. P i e k a r e, współautorem zaś innego referatu plenarnego był fizyk teoretyk dr R. K o ł o d z i e j s k i. Aktywny udział fizyków w teoretycznej konferencji chemików jest przykładem świadczącym o nawiązaniu ściślejszej współpracy tych dwóch ważnych, graniczących ze sobą dyscyplin współczesnego przyrodoznawstwa. Dodać należy, że współpraca fizyków z chemikami rozwija się również niezależnie od konferencji. Na przykład prof. A. Piekarą i prof. W. Trzebiatowski ściśle współpracują ze sobą na polu badań struktury i własności tytanianu baru.

Cechą charakterystyczną konferencji był aktywny udział w obradach młodej kadry naukowej. W II konferencji wzięło udział znacznie więcej młodych pracowników naukowych niż w I konferencji. Merytoryczny wkład młodej kadry naukowej w obrady konferencji wyraził się dwoma referatami plenarnymi przygotowanymi przez młodych pracowników naukowych (referat mgra B. B a r a n o w s k i e g o oraz kand. W. K o ł o s a) oraz licznymi wypowiedziami w dyskusji. Blisko połowa głosów w dyskusjach pochodziła od młodej kadry naukowej.

Uaktywnienie się młodej kadry naukowej w okresie między pierwszą a drugą konferencją zawdzięczać należy opiece Partii i Rządu oraz trosce, jaką otoczony jest obecnie w Polsce rozwój nowej kadry naukowej.

Pewnym niedociągnięciem organizacyjnym konferencji było niedostatecznie silne podkreślenie zagadnień ogólnofilozoficznych i światopoglądowych. Wprawdzie poszczególne referenci i dyskutanci dbali o dialektyczno-materialistyczne sformułowa-

nie swoich poglądów, brak jednak było wśród wygłoszonych referatów plenarnych referatu specjalnie poświęconego zagadnieniom filozoficzno-światopoglądowym. Brak ten sprawiał, że materializm dialektyczny przenikając do obrad konferencji jedynie w sposób spontaniczny w wypowiedziach referentów i dyskutantów nie został w całości konferencji jednolicie ujęty i przedyskutowany, przez co uczestnicy konferencji nie wynieśli pełnego obrazu toczącej się obecnie walki o wykazanie istotnie materialistycznie dialektycznej treści twórczych teorii naukowych.

Obrady konferencji podsumował wiceminister szkolnictwa wyższego prof. dr Osman A c h m a t o w i c z, który zwrócił uwagę na wspomniane powyżej osiągnięcia i braki konferencji.

Lech Stolarczyk

XXVII ZJAZD POLSKIEGO TOWARZYSTWA GEOLOGICZNEGO

W dniach 12-14 września ub. r. (1954) odbył się w Krakowie doroczny Zjazd Polskiego Towarzystwa Geologicznego. W pierwszym dniu Zjazdu odbyło się Walne Zgromadzenie Towarzystwa, na którym sprawozdanie z działalności Towarzystwa złożył prezes Fr. B i e d a, przedstawiając również działalność największego Oddziału, mieszczącego się w siedzibie Zarządu Głównego (Kraków). Sprawozdania z działalności oddziałów Warszawskiego i Wrocławskiego złożyli przewodniczący tych oddziałów L. S a w i c k i i K. M a ś l a n k i e w i c z. Towarzystwo liczy obecnie blisko 500 członków, z czego na Oddział Krakowski przypada ponad 260, Warszawski 190, Wrocławski ponad 70. W okresie sprawozdawczym odbyło się 45 posiedzeń naukowych, na których wygłoszono 47 referatów naukowych (w Krakowie 24, Wrocławiu 13, Warszawie 10), ponadto wygłoszono 13 odczytów popularno-naukowych z dziedziny nauk geologicznych (we Wrocławiu 7, w Krakowie 6).

Po wysłuchaniu sprawozdań Zarządu Głównego i Oddziałów oraz Komisji Rewizyjnej Walne Zgromadzenie uchwaliło je przyjąć, udzielając wotum zaufania nadal pełniącemu swe obowiązki Zarządowi Głównemu.

Doroczny Zjazd Towarzystwa w r. 1955 uchwalono urządzić na Wybrzeżu, z bazami w Gdańsku i Szczecinie.

Walne Zgromadzenie poleciło Zarządowi Głównemu poruszyć wobec odpowiednich czynników następujące sprawy: 1) przeciwdziałanie zamierzonej redukcji nauk geologicznych na studium geografii na uniwersytetach, 2) przyspieszenie uruchomienia nieczynnego od trzech lat geologicznego działu Muzeum Tatrzańskiego w Zakopanem oraz Muzeum Świętokrzyskiego w Kielcach, 3) zabezpieczenie skałki jurajskiej w Kajasówce pod Krakowem przed eksploatacją (ze względu na wartości naukowo-zabytkowe).

Jak zwykle, Zjazd Polskiego Towarzystwa Geologicznego połączony był z dwudniowymi wycieczkami naukowymi, które ze względu na dużą liczbę uczestników (blisko 200), rozbite zostały na dwie trasy: jedna objęła Karpaty brzeżne okolic Wadowic i Lanckorony, druga — południowy brzeg Wyżyny Krakowskiej. Wycieczkę w Karpaty prowadził M. K s i ą ż k i e w i c z, w Krakowskie — S. D ż u ł y Ń s k i, A. O b e r c i S. S i e d l e c k i. W związku z wycieczkami zostały wygłoszone referaty: 1) S. D ż u ł y Ń s k i: *Stratygrafia i tektonika południowej części wyżyny śląsko-krakowskiej i jej stosunku do przedmurza*, 2) M. K s i ą ż k i e w i c z: *O budowie Karpat Wadowickich i ich stosunku do przedmurza*, 3) S. S i e d l e c k i: *Stratygrafia i tektonika karbonu przedmurza*, 4) A. T o k a r s k i: *Tektonika północnego brzegu rowu krzeszowickiego w okolicach Dułowej i Karniowic*.

Ponadto zorganizowano wycieczki do Wieliczki (pod przewodnictwem A. G a w ł a) oraz na odsłonięcia geologiczne najbliższych okolic Krakowa (pod przewodnictwem R. G r a d z i ń s k i e g o).

KONFERENCJA FIZYKI JĄDROWEJ W GLASGOW 1954 R.

W dniach od 13 do 17 lipca odbyła się w Glasgow międzynarodowa konferencja fizyki jądrowej. Wzięło w niej udział około 300 fizyków z całego świata. Z bardziej znanych fizyków „jądrowców” wzięli w niej udział m. in. B e t h e, B l a c k e t, A. B o h r, C o c k c r o f t, D y s o n, H e i s e n b e r g, L e P r i n c e R i n g u e t, K e m m e r, M a r s c h a k, M a s s e y, R o s e n f e l d, S a k a t a, W e i s s k o p f, W h e e l e r. W obradach konferencji uczestniczyła także delegacja polska w składzie: L. I n f e l d, A. S o ł t a n, M. D a n y s z i J. W e r l e. Mimo zapowiedzi nie przyjechał na konferencję znany specjalista amerykański od zagadnień jądrowych O p p e n h e i m e r, który miał przewodniczyć obradom. Tuż przed konferencją gazety angielskie podały, że specjalnie powołana komisja amerykańska do zbadania stawianych mu zarzutów stwierdziła większością głosów jego „winnę”.

Ponieważ ilość referatów była bardzo duża, więc wszystkie referaty były bardzo krótkie i nawet referaty przeglądowe nie przekraczały 45 minut. Poza tym w dwóch ostatnich dniach obrady toczyły się w kilku równoległych sekcjach. Pewną innowacją na ogół nie stosowaną na naszych konferencjach było znaczne ograniczenie dyskusji po referatach. Za to poświęcono dyskusjom cały trzeci dzień konferencji, w którym odbyła się wycieczka statkiem po zatokach otaczających Glasgow. Dzień ten, przeznaczony tylko na dyskusje i rozmowy, był doskonałą i żywo wykorzystaną okazją nawiązania kontaktów między naukowcami pracującymi nad podobnymi zagadnieniami.

Chociaż brak perspektywy czasu utrudnia właściwą ocenę wyników referowanych na konferencji prac, to jednak wydaje się, że nie wyłoniono żadnej wielkiej i nowej idei. Niemniej jednak obecny etap fizyki jądrowej jest bardzo istotny i ważny. Polega on głównie na dalszym, intensywnym zbieraniu nowego materiału doświadczalnego oraz pogłębianiu i korygowaniu starych danych. Główne kierunki prowadzonych badań w fizyce jądra (zarówno doświadczalnych, jak i teoretycznych) wiążą się ściśle z dokonanymi ostatnio postępami techniki doświadczalnej. W referacie przeglądowym dotyczącym fenomenologicznej teorii sił jądrowych H. S. W. M a s s e y wskazał na aktualne kierunki, które pozwolą na głębsze zbadanie sił jądrowych. Są to między innymi zagadnienia polaryzacji i rozkładów kątowych przy rozpraszaniu nukleonów na nukleonach i ciężkich jądrach. W następujących po referacie M a s s e y a komunikatach z prac doświadczalnych pokazano, jak dzięki zwiększeniu dokładności pomiarów można było poprawić dość znacznie dotychczasowe wartości różniczkowych przekrojów czynnych. Zupełnie nowym osiągnięciem na szeroką skalę jest stosowanie spolaryzowanych wiązek nukleonów i częściowo spolaryzowanych jąder rozpraszających (badania w bardzo niskich temperaturach $\sim 0,1^\circ\text{K}$). Badania polaryzacji nukleonów przy rozpraszaniach mają fundamentalne znaczenie w fizyce jądra, wnosząc cenny wkład do badania zależności sił jądrowych od wzajemnego ustawienia spinów.

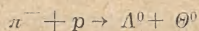
Bardzo ważnym zagadnieniem omawianym na konferencji były modele jądrowe. Badania idą tu w kierunku pogłębienia pierwotnego modelu powłokowego, który zakładał niezależność ruchu pojedynczych nukleonów w jądrze. Model ten umożliwił jednoznaczne i zgodne z doświadczeniem przyporządkowanie poziomom podstawowym jąder określonych parzystości i spinów. Model ten nie uwzględnia jednak wielu efektów. Okazuje się np. że ruchy nukleonów w jądrze noszą częściowo kolektywny charakter. Wyraża się to w zachowaniu wielu badanych ostatnio poziomów wzbudzonych, które dają się sprowadzić do poziomów rotacyjnych. Zadaniem teorii jest podanie takiego modelu, który uwzględniłby tego rodzaju efekty nie naruszając niewątpliwych osiągnięć modelu powłokowego. Modelem takim jest model indywidualno-zespołowy opracowany przez A. B o h r a i M o t t e l s o n a. Z drugiej strony do modeli cięższych jąder wprowadza się ostatnio niektóre metody znane z teorii ciała stałego. Przykładem może tutaj być referowane przez W h e e l e r a wprowadzenie masy efektywnej nukleonu, która okazuje się różna dla nukleonu związanego i swobodnego. Wskazuje to wyraźnie na kolektywny charakter ruchu nukleonów w jądrze.

Bardzo interesującą dziedziną badań są doświadczenia nad oddziaływaniem mezonów z nukleonami i jądrami. Dużą rolę grają ostatnio tak zwane atomy mezonowe. Po pierwszych bardzo interesujących pracach nad atomami μ — mezonowymi przyszła kolej na zbadanie o wiele bardziej nietrwałych atomów π — mezonowych. Referowano na konferencji parę prac z tej dziedziny wskazując na możliwości zastosowań atomów mezonowych także do badania własności samych mezonów. W ten sposób wyznaczono np. masę mezonów π z pomiarów energii promieni X odpowiadających liniom serii K, L, M.

R. H. H i l d e b r a n d referował pracę nad komorami cieczowymi G l a s e r a, który użył do badania śladów cząstek jonizujących komory wypełnionej przegrzaną cieczą. Jony utworzone przez przelatującą cząstkę stają się centrami, dokoła których tworzą się banieczki pary uwidaczniające tor cząstki. Urządzenie to łączy zalety komory W i l s o n a i kliszy fotograficznej. W porównaniu ze zwykłą komorą W i l s o n a tory zostają poważnie skrócone z powodu dużej gęstości materii, a rozmiary komory rzędu kilku cm pozwalają na przesłедzenie nawet dość długich torów. Użycie czystych skroplonych gazów, np. tlenu, azotu, wodoru, pozwala na obserwację reakcji z tymi jądrami w bardzo czystych warunkach. W kliszy fotograficznej nie można się było uchronić od występowania pobocznych reakcji z różnymi jądrami wskutek złożoności składu chemicznego kliszy. Analiza przebiegu reakcji jądrowych za pomocą komór cieczowych staje się przez to dużo pełniejsza i czystsza.

Trochę odrębny od reszty zagadnień jądrowych rozdział stanowią cząstki elementarne, których ilość wzrosła ostatnio w sposób dość niepokojący. Badanie hyperonów, tj. cząstek cięższych od nukleonu, oraz ciężkich mezonów (τ , θ , ...) prowadzą w dalszym ciągu grupy zajmujące się naturalnymi promieniami kosmicznymi. Interesujące prace z tej dziedziny referował L e P r i n c e R i n g u e t. Podczas gdy inni „kosmicy” szukają tylko ciekawych przypadków nie zwracając uwagi na ich częstość, L e P r i n c e R i n g u e t prowadzi dokładną rejestrację wszystkich badanych reakcji. Pozwala to na wyciągnięcie wielu ciekawych wniosków natury statystycznej oraz na zwiększenie stopnia pewności wielu hipotez. Podawane przez referenta liczby, których w żadnym razie nie daje metoda szczęśliwego trafu stosowana przez innych badaczy, obrazują, z jak wielu dziesiątków tysięcy procesów wyłaniają się nieliczne procesy powstawania hyperonów, ciężkich mezonów itp. Jed-

nakże większość tych cząstek produkowana jest już w sposób sztuczny za pomocą bombardowania różnych jąder przez bardzo energiczne cząstki z kosmotronu. Prace kosmotronowe z tej dziedziny referował *T h o r n d i k e*. Na razie najbardziej efektywne są zderzenia z mezonami wysokiej energii. Przy oddziaływaniu z protonami reakcja przebiega następująco:



gdzie Λ^0 to w poprzedniej nomenklaturze cząstka V_1^0 rozpadająca się na nukleon i mezon π ; Θ^0 jest ciężkim mezonem o masie $\sim 965 m_e$ rozpadającym się następnie na dwa mezony $\pi \pm$. Jednakże nawet przy sztucznym wytwarzaniu hyperonów ilość obserwowanych przypadków jest ciągle jeszcze bardzo mała.

Jeśli chodzi o mezonową teorię sił jądrowych, to na konferencji dał się zauważyć ogólny odwrót od rachunków perturbacyjnych i gwałtowne poszukiwania nowych metod. Niemal wszystkie rachunki z tej dziedziny referowane na konferencji opierały się na metodzie zapoczątkowanej przez radzieckiego fizyka *T a m m a* i zwanej powszechnie metodą *T a m m a — D a n c o f f a*. Po pierwszych wstępnych sukcesach wydaje się jednak, że i ta metoda napotyka zasadnicze trudności z wyrazami rozbieżnymi, które ponadto nie można usuwać drogą zwykłej renormalizacji. Zagadnienia te referował między innymi *D y s o n*, który wskazał na nowy typ trudności występujących w metodzie *T a m m a — D a n c o f f a*.

Wielu fizyków chce wytłumaczyć te trudności faktem, że teoria opisująca oddziaływanie tylko dwóch pól kwantowych nie może być teorią pełną i że sprzeczności stąd wynikające zostaną usunięte dopiero przez bardziej „zamkniętą” teorię przyszłości, obejmującą wszelkie możliwe pola i oddziaływania. W tym kierunku idą referowane przez Heisenberga próby utworzenia jednolitej teorii pól, z której wynikałyby wszystkie znane nam i nie znane cząstki, jako pewne stany pobudzenia tych podstawowych pól. Heisenberg podał schematyczny model nieliniowej teorii, w której ma występować tylko jedno takie podstawowe pole spinorowe. Wobec trudności matematycznych związanych z nieliniowością i braku jekichkolwiek wskazówek od strony doświadczalnej jest to na razie tylko program.

Józef Werle

WYPRAWA ASTRONOMÓW POLSKICH DO ZWIĄZKU RADZIECKIEGO NA OBSERWACJE CAŁKOWITEGO ZAĆMIENIA SŁOŃCA

Całkowite zaćmienie Słońca z dnia 30 czerwca 1954 r. zapowiadało się korzystnie dla obserwacji, ponieważ pas jego widzialności na Ziemi przebiegał w znacznej części przez lądy. Zaczynał się on o wschodzie Słońca w Stanach Zjednoczonych, biegł przez Kanadę, Grenlandię, szereg wysp Oceanu Atlantyckiego, Skandynawię, kontynent europejski od Litwy do Kaukazu, przecinał Iran i kończył się o zachodzie Słońca na Półwyspie Indyjskim. Pas ten zawadzał skrawkiem długości 60 km o północno-wschodnie pogranicze Polski na Suwalszczyźnie. Było to w naszym kraju wydarzenie rzadkie, toteż czyniono intensywne przygotowania do obserwacji tego zjawiska. Polska Akademia Nauk ujęła w swe ręce organizację naukowej ekspedycji astronomów i geofizyków. Na rok przed zaćmieniem powstała przy PAN komisja zaćmieniowa, złożona z przedstawicieli obserwatoriów astronomicznych Krakowa, Poznania, Torunia i Wrocławia oraz Zakładu Geofizyki PAN. Opracowano plan obserwacji, który obejmował ze strony astrometrii wyznaczenie dokładnych momentów zaćmienia metodą chronokinematograficzną, ze strony astrofizyki — badania widmowe zaciemnienia brzegu tarczy słonecznej, widma błyskowego chromosfery, pomiar polaryzacji i fotometrię korony, ponadto obserwacje aktynometryczne i meteorologiczne — ze strony geofizyki. Odpowiednio do tego planu poszczególne ośrodki przystąpiły do budowy lub adaptacji aparatury. Wybrano na terenie Suwalszczyzny trzy miejscowości, w których miały się rozlokować poszczególne grupy ekspedycji. Gdy prace przygotowawcze były na ukończeniu, w maju br. Polska Akademia Nauk otrzymała zaproszenie od Akademii Nauk Związku Radzieckiego na przyjazd 10 astrofizyków polskich w celu obserwowania zaćmienia na terenie ZSRR. Znacznie dłuższa trasa widzialności zaćmienia w Związku Radzieckim dawała możliwość wyboru miejsc o małym zachmurzeniu przeciętnym, rokując większe szanse pogody niż w Polsce. Z proponowanych miejscowości wybrano Nalczik na Kaukazie, gdzie średnie zachmurzenie jest dwukrotnie mniejsze niż na Suwalszczyźnie. W skład ekspedycji weszły: 4-osobowa grupa z Obserwatorium Wrocławskiego pod kierownictwem doc. O p o l s k i e g o, 2-osobowa grupa geofizyczna pod kierownictwem prof. S t e n z a i 4-osobowa grupa z Obserwatorium Toruńskiego pod kierownictwem podpisanej. Ekspedycja ta odleciała samolotem z Warszawy do Moskwy dnia 12 czerwca, zabierając 10 skrzyń aparatury przeznaczonej do fotometrii dwubarwnej korony (Toruń), polaryzacji korony (Wrocław) i aktynometrii Słońca (Warszawa-Toruń).

Zatrzymaliśmy się przez 5 dni w sanatorium Akademii Nauk ZSRR pod Moskwą, wykorzystując ten czas na zwiedzanie miasta, przede wszystkim jego instytucji naukowych; w tym czasie były robione przygotowania do przyjęcia ekspedycji na Kaukazie. Dnia 18 czerwca wyruszyliśmy pociągiem na południe w specjalnie zarezerwowanym wagonie sypialnym i po dwóch dniach podróży przybyliśmy do Nalczika. Tegoż dnia obejrzelśmy przydzielony nam teren w obrębie posesji Bazy

Elbruskiej Ekspedycji Instytutu Geofizycznego AN ZSRR; nazajutrz przystąpiono do budowy cokołów pod lunety, 25 czerwca lunety były ustawione i resztę czasu pozostałego do zaćmienia zużyliśmy na wyregulowanie aparatury i próbne zdjęcia. W wolnych chwilach nasi troskliwi gospodarze zabierali nas w odwiedźiny do sąsiednich ekspedycji oraz na bliższe i dalsze wycieczki do miejscowości kuracyjnych, wawozów i gór Kaukazu. W przeddzień zaćmienia byliśmy całkowicie przygotowani do obserwacji i przeprowadziliśmy po kilkanaście razy próby generalne, by wszystkie czynności, które mieliśmy wykonać podczas 2 minut trwania całkowitego zaćmienia, były doskonale zautomatyzowane. Przez czas naszego pobytu w Nalcziku panował reżim upalnej pogody o zachmurzeniu zmiennym, wzrastającym na ogół w drugiej połowie dnia; bardzo nas to niepokoiło, ponieważ zaćmienie wypadało w godzinach popołudniowych. Ten układ pogody powtórzył się i w samym dniu zaćmienia: fazę częściową fotografowaliśmy w przerwach pomiędzy chmurami, na 10 minut przed fazą całkowitą ciemna chmura burzowa nasunęła się na Słońce, zakrywając skutecznie dalszy ciąg zjawiska. Ten sam los spotkał ekspedycję niemiecką, która przybyła w przeddzień zaćmienia do Nalczika; niewiele więcej szczęścia miała ekspedycja czeska w sąsiednim Kisłowodsku, która obserwowała zaćmienie przez cirrostratus, jak i większość ekspedycji na terenie Związku Radzieckiego; zupełnie dobra pogoda wypadła jedynie w okolicach Kijowa i koło Baku. W innych krajach pogoda wypadła również niezbyt pomyślnie: dość jasna w St. Zjednoczonych, pochmurna w Kanadzie, miejscami tylko jasna w Skandynawii, jak i w Polsce.

Główny cel wyprawy nie został osiągnięty. Odnieśliśmy natomiast duże korzyści uboczne. Należy do nich przede wszystkim wzbogacenie instrumentalne naszych obserwatoriów w okresie przygotowań do zaćmienia. Tak np. w ośrodku toruńskim z góry przyjęliśmy jako zasadę nie projektować aparatury służącej wyłącznie do zaćmienia, lecz budować lub wykańczać lunety, które poza zaćmieniem będą służyły do normalnych, planowych prac naukowo-badawczych obserwatorium. Z zasiłku uzyskanego od PAN skonstruowano całkowicie nową kamerę krótkoogniskową oraz wykonczono lunetę paraboliczną lustrzaną, którą budowaliśmy od paru lat. Innego rodzaju korzyści, bardzo istotne, dał uczestnikom wyprawy miesięczny pobyt w Związku Radzieckim: zwiedzenie ośrodków naukowych, nawiązanie kontaktów z wybitnymi astronomami radzieckimi oraz poznanie tego ciekawego kraju, jego bogatej przyrody i wielkich osiągnięć. Było to tym ważniejsze, że większość członków ekspedycji stanowili młodzi pracownicy naukowci, dla których ten wyjazd był w ogóle pierwszym wyjazdem za granicę; toteż ich reakcje były szczególnie żywe.

Z placówek naukowych obracaliśmy się przeważnie w kręgu dwóch wielkich instytutów: Obserwatorium Uniwersytetu Moskiewskiego (Państwowy Instytut Astronomiczny im. Szternberga, w skrócie: GAISz) oraz Instytutu Geofizycznego Akademii Nauk ZSRR.

Instytut im. Szternberga zwiedziliśmy szczegółowo, oprowadzani przez prof. P a r e n a g o, którego znaleźmy z jego pobytu w Polsce z delegacją 12 astronomów radzieckich w r. 1950. Pięć katedr astronomicznych Uniwersytetu Moskiewskiego prowadzi prace badawcze w tym Instytucie. W dziale astrometrii szeroko rozbudowana jest służba czasu, posługująca się już zegarami kwarcowymi produkcji radzieckiej. Dążenie do stworzenia własnego przemysłu aparatury astronomicznej jest charakterystyczną ambicją, jakże słuszną w kraju, w którym trzeba zaopatrzyć w narzędzia 25 obserwatoriów astronomicznych. Toteż, zwiedzając instytuty naukowe, bardzo często słyszeliśmy z dumą wypowiedaną uwagę „przyrząd krajowej (otieczestwiennoj) produkcji”. W dziedzinie teleskopów astronomicznych przemysł ra-

dziecki powiększa stopniowo i systematycznie rozmiary produkowanych lunet; szczególne sukcesy odnosi kamera M a k s u t o w a, kombinacja lustra sferycznego i korekcyjnej soczewki meniskowej, stanowiąca oryginalny odpowiednik rozpowszechnionej na Zachodzie kamery Schmidta: są to lunety achromatyczne o dużej sile światła i dużym polu użytecznym. Co do rozmiarów, kamera M a k s u t o w a osiąga obecnie wielkość średnicy 70 cm, przed paru laty graniczna wartość wynosiła 50 cm.

W Instytucie Sternberga najwięcej nas interesowały prace katedr astronomii gwiazdowej i astrofizyki, toteż konferencje i rozmowy, przeprowadzone z pracownikami tych katedr, wybitnymi uczonymi: prof. K u k a r k i n e m, kierownikiem Instytutu, prof. P a r e n a g o, prof. W o r o n c o w e m - W e l i a m i n o w e m, dr A n n ą M a s i e w i c z i dr S z k ł o w s k i m, były dla nas niezwykle cenne. Szczególnie bliskie ośrodkowi toruńskiemu są prace profesorów P a r e n a g o i K u k a r k i n a nad rozmieszczeniem i ruchami gwiazd różnych podsystemów; materiał do tych prac w Instytucie Sternberga stanowi od lat gromadzona i stale kompletowana kartoteka danych obserwacyjnych wszystkich gwiazd. W ośrodku toruńskim pracujemy nad zagadnieniem podsystemów gwiazdnych zarówno od strony rozmieszczenia i ruchów, jak też nad badaniem własności fizyko-chemicznych gwiazd metodą analizy widmowej, toteż wymiana opinii i wiadomości o wynikach prac bieżących i zamiarach na przyszłość była dla nas bardzo cenna.

Oglądaliśmy Instytut Sternberga w jego dawnym pomieszczeniu, niepomiarne ciasnym w stosunku do obecnych jego potrzeb; w chwili obecnej prawdopodobnie nastąpiła już przeprowadzka do nowego kompleksu budynków i kopuł wzniesionych obok nowego gmachu Uniwersytetu Moskiewskiego na wzgórzach Leninowskich. Jednocześnie z nowymi pomieszczeniami Instytut otrzyma nowe, większe i nowocześniejsze lunety od posiadanych dotychczas. W dalszej przyszłości planowane jest założenie stacji zamiejskiej w odległości około 100 km od stolicy w warunkach odpowiednich do pracy obserwacyjnej.

Drugim wielkim instytutem, z którym stykaliśmy się blisko, ponieważ na jego terenie mieliśmy stację obserwacyjną, był Instytut Geofizyczny Akademii Nauk ZSRR, a właściwie jeden z jego licznych oddziałów, zwany Elbruską Ekspedycją Instytutu. Kierownikiem tego oddziału jest prof. F i o d o r o w, mający tytuł bohatera Związku Radzieckiego za udział w znanej wyprawie polarnej w r. 1937. Ekspedycja Elbruska, mająca swoją siedzibę na zboczu Elbrusu i bazę nizinną w Nalcziku, zajmuje się w najszerszym zakresie badaniem warunków kondensacji pary wodnej i to zarówno w postaci naturalnych opadów w górach, jak i w sztucznych warunkach laboratoryjnych na bazie w Nalcziku. Zwiedziliśmy szczegółowo obie placówki pod przewodnictwem prof. F i o d o r o w a. Szczególnie interesujący był pobyt na stacji wysokogórskiej: rozmach w projektowaniu badań, obejmujących swą kontrolą słupek atmosfery ziemskiej od wysokości 2200 m. n. p. m. do 5600 m, pokonywanie surowych warunków terenu i klimatu (wszyscy pracownicy stacji w liczbie około 70 przechodzą przeszkolenie alpinistyczne), z drugiej strony — finezja metod badawczych i pomysłowość w konstrukcji aparatury budziły podziw i zainteresowanie nie tylko u geofizyków. Ponadto niezapomniane wrażenia dała nam wycieczka na lodowiec elbruski na wysokość 3900 m. n. p. m., zorganizowana przy okazji naszego pobytu na stacji.

Wspomnieć poza tym należy o wielu spotkaniach z wybitnymi astronomami radzieckimi przy różnych okazjach. W Kisłowodsku spotkaliśmy się z prof. M i -

ch a j ł o w e m, dyrektorem Obserwatorium Pułkowskiego, który spędzał zasłużony urlop w pięknym sanatorium Akademii Nauk. Przybył on tam bezpośrednio po uroczystościach otwarcia odbudowanego Obserwatorium w Pułkowie. Jak wiadomo, stare to i zasłużone obserwatorium zostało zniszczone w czasie wojny; obecnie zostało odbudowane, uzyskując większe i wspanialsze pomieszczenia oraz większe i nowocześniejsze instrumentarium. Do Nalczika przybył prof. L i e b i e d i n s k i j bezpośrednio po swej wizycie w Polsce: odbyliśmy z nim wiele rozmów, a nawet urządziliśmy wieczór dyskusyjny na tematy kosmogonii, nad którymi pracuje prof. Liebiedinskij. Wiernymi towarzyszami naszej doli i niedoli byli przez cały czas nasi opiekunowie z ramienia Akademii: sekretarz Astrosowietu kand. S a f r o n o w i kand. Eugenia R u s k o ł, oboje współpracownicy prof. S c h m i d t a, autora znanej teorii kosmogonicznej. Prócz serdecznej i troskliwej opieki, jaką nam świadczyli we wszystkich okolicznościach, zawdzięczamy im wiele cennych wiadomości w sprawach organizacji nauki w ZSRR. Interesujące rozmowy mieliśmy okazję przeprowadzić z prof. T e r l e c k i m, autorem jednej z teorii powstawania promieni kosmicznych, oraz geofizykiem prof. A s t a p o w i c z e m.

Wreszcie do bilansu zysków należy zaliczyć nawiązanie kontaktów z ekspedycjami innych krajów demokracji ludowych: niemiecką, czeską, węgierską i chińską. Wszystkie te delegacje spotkały się po zaćmieniu w Moskwie, tworząc wraz z naszą grupą i z astronomami radzieckimi rodzaj sąsiedzkiego zjazdu astronomów (na pożegnalnym przyjęciu wydanym przez Astrosowieć było obecnych ponad 70 astronomów z 7 krajów). Wymiana opinii i doświadczeń bądź w sprawach naukowych, bądź organizacyjnych z naszymi sąsiadami, pracującymi w podobnych warunkach, była ogromnie cenna.

Podsumowując nasze spostrzeżenia, dotyczące organizacji nauki w ZSRR, należy tylko potwierdzić znany fakt, że państwo otacza tam naukę w ogóle, astronomię zaś w szczególności troskliwą opieką i to zarówno na odcinku pracy naukowo-badawczej, jak dydaktyki i popularyzacji. Świadczy o tym stale postępujące wyposażenie instrumentalne obserwatoriów astronomicznych, jak i duża ich liczba (około 25). W 13 uniwersytetach Związku Radzieckiego istnieje studium astronomii: w czterech uczelniach stanowi ono całkowicie odrębny kierunek, w pozostałych dziewięciu pierwsze lata są wspólne z kierunkiem matematyki i fizyki. Godna uwagi jest również dobra organizacja popularyzacji astronomii w Związku Radzieckim: nie obciąża ona tak jak u nas wyłącznie pracowników naukowych, którzy dorywczo tylko mogą się nią zajmować, ale spoczywa głównie na barkach osób specjalnie do tego powołanych, które zawodowo tę pracę prowadzą. Toteż i wyniki są widoczne: wystarczy pójść na seans do planetarium moskiewskiego i zobaczyć tłum ludzi czekających następnej kolejki.

Poza sprawami naukowymi, pobyt w Związku Radzieckim dał nam możliwość zapoznania się z osiągnięciami tego kraju w dziedzinie kultury, budownictwa i gospodarki socjalistycznej, że wymienimy tylko nowy gmach uniwersytetu i metro moskiewskie, jako najbardziej imponujące przykłady.

Kończąc, pragnę podkreślić serdeczną gościnność, z jaką byliśmy jako goście Akademii Nauk ZSRR przyjmowani: mieliśmy idealne warunki pracy i komfortowe warunki pobytu.

Wilhelmina Iwanowska

WRAŻENIA Z POBYTU NA ZJEŹDZIE MIĘDZYNARODOWYM I Z WIZYTY W LABORATORIACH FIZYCZNYCH W NORWEGII I W SZWECJI

W drugiej połowie czerwca 1954 r. odbył się w Norwegii i w Szwecji VII międzynarodowy zjazd poświęcony zagadnieniom związanym z materiałami budowlanymi. Na zajęcia zjazdowe składały się obrady, które odbywały się w Politechnice w Trondheim (Norwegia), oraz zwiedzenie kilku laboratoriów i zakładów technicznych i naukowo-badawczych w różnych miejscowościach Norwegii oraz w Sztokholmie.

Delegacja polska na zjazd składała się z dwóch osób: profesora Politechniki Warszawskiej Wacława Olsza i mnie. Mój, jako fizyka, udział w zjeździe o charakterze technicznym spowodowany był specyficzną tematyką obrad, obejmującą bardzo wiele zagadnień związanych z metodami fizycznymi stosowanymi w metodyce badań materiałów budowlanych.

Mam wrażenie, że krótki szkicowy przegląd tych zagadnień może stanowić interesującą ilustrację zastosowania fizyki i metod fizycznych w przemyśle oraz wykorzystania fizyków o wykształceniu uniwersyteckim w laboratoriach technicznych. Niektóre z tych zagadnień zostały już dawniej opracowane i przystosowane do potrzeb technicznych przez fizyków i obecnie do odpowiednich badań używa się pracowników z wykształceniem technicznym. Przykładowo podać tutaj można takie zagadnienia jak: defektoskopia przy użyciu promieni X, defektoskopia ultradźwiękowa, wyznaczanie współczynników przewodnictwa cieplnego materiałów budowlanych i inne. Z ciekawych zagadnień rozpracowanych obecnie (głównie przez fizyków) w kilku laboratoriach zagranicznych wymienić można przykładowo: zagadnienie defektoskopii przy użyciu promieni gamma, wyznaczanie modułów sprężystości materiałów za pomocą metod akustycznych, badanie wilgotności ścian przy użyciu powolnych neutronów i wiele innych. Podstawy fizyczne tych (obecnie rozpracowanych) metod przedstawiają się następująco:

Zasada defektoskopii materiałów przy użyciu promieni gamma jest analogiczna do zasady defektoskopii promieniami X. Polega ona po prostu na prześwietlaniu badanej substancji promieniami gamma. Prześwietlany materiał umieszcza się pomiędzy detektorem a źródłem promieniowania. Jako źródło używa się preparatów zawierających rad, mezator lub kobalt $60^{(60)}\text{Co}$). Jako detektorów używa się klisz fotograficznych lub liczników Geigera-Müllera.

Wyznaczanie modułów sprężystości w materiałach budowlanych polega na pomiarze prędkości rozchodzenia się fali sprężystej (akustycznej lub ultraakustycznej) w sztabie z badanego materiału. W przypadku np. fal podłużnych z wartości zmierzonej prędkości możemy obliczyć moduł Younga badanej próbki korzystając ze

znanego wzoru

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

gdzie v jest prędkością rozchodzenia się fali podłużnej, E modułem Younga, a ρ gęstością badanego materiału.

Neutronowa metoda badania wilgotności ścian wykorzystuje dobrze znany w fizyce jądrowej fakt, że powolne neutrony szczególnie chętnie rozpraszają się na protonach. Prawdopodobieństwo rozproszenia powolnego neutronu na protonie jest np. kilkanaście razy większe niż na jądrze tlenu, krzemu czy węgla. Licząc zatem za pomocą detektora neutronów (licznik proporcjonalny napełniony trójtfluorkiem boru) neutrony, które wyszły ze źródła neutronów, następnie uległy rozproszeniu na protonach materiału badanego i wreszcie trafiły do detektora, możemy porównać zawartości wodoru w suchym i wilgotnym materiale danego rodzaju i stąd ocenić stopień wilgotności materiału badanego. Jako źródło neutronów używa się radu zmieszanego ze sproszkowanym berylem, w którym neutrony otrzymuje się z reakcji $^9\text{Be}(\alpha, n)^{12}\text{C}$.

Jak już wspomniałem, te a także i inne fizyczne metody badania materiałów znajdują się obecnie w stadium opracowywania laboratoryjnego i powodują, że w większości laboratoriów technicznych zajmujących się badaniem materiałów budowlanych za granicą zatrudniani są fizycy.

Celowo ograniczyłem się tutaj do skiczowego opisu tych niezmiernie ciekawych dla pracowników nauki, którzy zajmują się zastosowaniem fizyki w przemyśle, zagadnień, gdyż będą one stanowiły treść znacznie obszerniejszych publikacji w literaturze technicznej.

Jak już wspomniano wyżej, program zajęć zjazdowych przewidywał wycieczki do kilku zakładów naukowych i przemysłowych. Jedną z takich wycieczek stanowiła wizyta w Zakładach Energii Atomowej w Kjeller (w pobliżu Oslo), mająca na celu zwiedzenie przez uczestników zjazdu norwesko-holenderskiego stosu atomowego. Postaram się opisać moje wrażenia z tej wizyty.

Po przybyciu do Kjeller i wysłuchaniu krótkiej prelekcji jednego z pracowników naukowych Zakładów Energii Atomowej, udałem się, wraz z grupą uczestników zjazdu, do budynku, w którym znajduje się stos atomowy. W dużej sali wznosi się prostopadłościan betonowy (o ściętych krawędziach pionowych) o boku kilku metrów i takiejże wysokości. We wnętrzu jego, poza warstwą betonu o grubości 2 m, znajduje się właściwy stos atomowy. Stos zawiera 2200 kg uranu metalicznego, w postaci prętów w osłonach aluminiowych. Pręty te zawieszono pionowo w cylindrycznej kadzi zawierającej około 7 ton ciężkiej wody. Kadź otoczona jest kilkudziesięciocentymetrową warstwą grafitu, który służy jako reflektor neutronów. Ciepło wytwarzające się w uranie w wyniku rozszczepienia jest odprowadzane przez cyrkulującą ciężką wodę do chłodnicy chłodzonej zwykłą zimną wodą. Moc stosu wynosi tylko 100 kW, co decyduje o użyciu go wyłącznie jako źródła neutronów i do produkcji izotopów promieniotwórczych. Dwumetrowa warstwa betonu ma na celu ochronę zdrowia pracowników przed promieniowaniem. Istotnie redukuje ona natężenie promieniowania do tego stopnia, że podczas pracy stosu można przez dłuższy czas przebywać w jego bezpośrednim sąsiedztwie. Moje wrażenia dotyczą oczywiście tylko zewnętrznej części betonowej obudowy stosu, w ścianach której znajduje się wiele urządzeń. W jednej ze ścian przewidziane są otwory, przez które kilka rur aluminiowych prowadzi do wnętrza stosu. W rurach tych umieszcza się materiały, które mają być napromieniowane strumieniem neutronów. Dwie następne ściany osłony betonowej zawierają otwory służące do wyprowadzenia na zewnątrz wiązki neutronów. Przy otworach tych znajdują się różne aparaty do prac prowadzonych z neutronami. Zauważyłem przy jednym z tych otworów neutronowy spektrometr krystaliczny, przy innym zaś mechaniczny selektor prędkości neutronów. Czwarta wreszcie, pozostała ściana osłony betonowej ma znaczenie kontrolne. Znajdują się w niej mianowicie przewody prowadzące do liczników napełnionych trójtfluorkiem boru, które

mierzą natężenie strumienia neutronów w różnych miejscach stosu. Wskazania tych liczników przekazywane są następnie do pokoju kontrolnego¹.

Tak przedstawiają się w streszczeniu moje wrażenia z wizytu w Kjeller.

Niemniej ciekawa była inna wizyta — w Zakładach Hydroelektrycznych „Aura” nad fiordem Sundal. Zakłady te są budującym się obiektem przemysłowym, a mianowicie wielką elektrownią wodną. Elektrownia ta budowana jest w wydrążonych w skałę halach. Pod kilkuset metrową warstwą skały mieszczą się pokoje kontrolne, hale, w których pracują turbozespoły itp. Woda doprowadzona jest do turbogeneratorów rurociągami prowadzonymi w szybach wykutych w skałę od zapór wodnych znajdujących się w górach o kilkaset metrów powyżej elektrowni. Interesującą dla mnie rzeczą było stwierdzenie, że rurociągi te są importowane z Polski, a mianowicie z huty „Ferrum” w Stalinogrodzie.

W czasie pobytu za granicą udało mi się nawiązać kontakt z kilkoma fizykami norweskimi i szwedzkimi. Poznałem mianowicie prof. *W e s t i n a*, kierownika katedry fizyki technicznej Politechniki w Trondheim, prof. *W e r g e l a n d a*, kierownika katedry fizyki teoretycznej Politechniki w Trondheim, dra *D a n i e l s s o n a*, kierownika działu fizyki Instytutu Badawczego Cementu i Betonu w Sztokholmie oraz dra *L i n d e g o* z Instytutu Fizyki Wyższej Szkoły Technicznej w Sztokholmie. Niestety pora wakacyjna i rozkład zajęć zjazdowych nie pozwoliły mi na zwiedzanie kilku ciekawych szwedzkich laboratoriów fizycznych. Udało mi się jedynie zwiedzić Zakład Fizyki Politechniki w Trondheim oraz Instytut Fizyki Wyższej Szkoły Technicznej w Sztokholmie.

Politechnika w Trondheim posiada osobne studium fizyki, kształcące specjalistów w zagadnieniach fizyki technicznej. Według informacji otrzymanych od prof. *W e s t i n a* studium to wypuszcza przeciętnie 7 absolwentów rocznie. Poza tym Zakład Fizyki Politechniki w Trondheim jest zakładem usługowym dla innych, technicznych, kierunków studiów. Tematyka prac naukowych zakładu obejmuje zagadnienia techniczne (np. badanie tłumienia dźwięków przez materiały budowlane) oraz zagadnienia z dziedziny fizyki jądra atomowego. Prace z dziedziny fizyki jądra oparte są na ciśnieniowym generatorze *V a n d e G r a a f f a*, z rurą do wyładowań do przyspieszania protonów, którego budowa jest obecnie na ukończeniu. Kocioł ciśnieniowy, w którego wnętrzu mieści się generator, posiada 5 m wysokości i 3 m średnicy. Ciśnienie w jego wnętrzu wynosi 15 atmosfer. Uzyskiwane napięcie wynosi 4,5 miliona woltów. Prąd protonów uzyskany dotychczas jest rzędu 10 μ A.

Tematyka prac naukowych Instytutu Fizyki Wyższej Szkoły Technicznej w Sztokholmie, po którym oprowadzał mnie dr *J. O. L i n d e*, skoncentrowana jest wokół dwóch grup zagadnień. Pierwsza dotyczy ciała stałego, druga zaś, mniejsza, fizyki jądra atomowego. Prace tej drugiej grupy oparte są na generatorze *V a n d e G r a a f f a* na stosunkowo niskie napięcie (800 000 V), ale pozwalającego uzyskać silny prąd protonów rzędu 1 mA. W Instytucie Fizyki Wyższej Szkoły Technicznej w Sztokholmie pracuje również aparatura licznikowa przystosowana do pomiarów wieku znalezisk archeologicznych przy pomocy wyznaczania zawartości promieniotwórczego izotopu węgla ^{14}C .

Jerzy Janik

¹ Dokładny opis stosu atomowego w Kjeller jest opublikowany w czasopiśmie „Nucleonics”, November 1951.

Prace Marii Skłodowskiej-Curie zebrane przez Irenę J o l i o t - C u r i e, Polska Akademia Nauk, Warszawa 1954 r. PWN, str. XII + 682
Cena 73,50 zł.

Z okazji dwudziestolecia śmierci Marii S k ł o d o w s k i e j - C u r i e urządziła Polska Akademia Nauk specjalną sesję naukową w celu uczczenia pamięci Wielkiej Uczonej. W związku z tą sesją ukazał się szereg dzieł, spośród których, jako poważne osiągnięcie wydawnicze, wybija się tom zawierający kompletny zbiór prac oryginalnych Marii S k ł o d o w s k i e j - C u r i e.

Prace Marii Skłodowskiej-Curie wydane zostały pod redakcją zespołu złożonego z prof. Józefa H u r w i c a jako przewodniczącego oraz z prof. Alicji D o r a b i a l s k i e j i prof. Ignacego Z ł o t o w s k i e g o — jako członków. Przygotowanie całego zbioru do druku i różne czynności wydawniczo-techniczne pochłonęły ogromną ilość starań i wysiłków. Fakt, że *Prace Marii Skłodowskiej-Curie* ukazały się przed terminem przewidzianym, to jest przed sesją Polskiej Akademii Nauk, godny jest szczególnego uznania, gdyż decyzja wydania takiego zbioru zapadła stosunkowo późno i okres przeznaczony na opracowanie i druk był bardzo krótki, bo wynosił zaledwie kilka miesięcy. Świadczy to o sprawności i energii zespołu redakcyjnego.

Książka zawiera ogółem 69 prac przedrukowanych z różnych publikacji w języku oryginałów, to jest przeważnie po francusku. Kilka prac napisanych jest po polsku, kilka po niemiecku i jedna po angielsku. Prace, zebrane z rozmaitych czasopism przez Irenę J o l i o t - C u r i e, ułożone są w porządku chronologicznym, począwszy od ogłoszonej w r. 1898 rozprawy o własnościach magnetycznych stali hartowanych, kończąc na notatce ogłoszonej wspólnie z W. A. L u b w *Le Journal de Physique et le Radium* w r. 1933 na temat cząstek α dalekiego zasięgu emitowanych przez aktywn.

Wobec szybkiego rozwoju nauki o promieniotwórczości większość prac Marii S k ł o d o w s k i e j - C u r i e ma już obecnie jedynie historyczne znaczenie. Niemniej zbiorowe wydanie ich jest na pewno celowe. Irena J o l i o t - C u r i e słusznie pisze w przedmowie: „Uważam, że zebranie tych prac w jednym tomie jest rzeczą ważną; nowe pokolenia pracowników naukowych natrafiają na coraz większe trudności w odtwarzaniu historii wielkich odkryć, którą często w książkach przedstawia się nieściśle, a dokumenty oryginalne niełatwo jest odnaleźć“.

W końcu tomu podany jest spis książek napisanych przez Marię S k ł o d o w s k ą - C u r i e.

Wydanie zbioru prac Marii S k ł o d o w s k i e j - C u r i e pomyślane było jako hołd Polskiej Akademii Nauk. Należy stwierdzić, że chęci uczczenia pamięci Marii S k ł o d o w s k i e j - C u r i e dano wyraz w postaci dzieła cennego i trwałego.

Maria Skłodowska - Curie: *Promieniotwórczość*, wydanie drugie, PWN, Warszawa 1953, stron XVI + 542, rysunków 170 + 21 + 26 tablic z ilustracjami na końcu książki. Cena 40,00 zł.

Książka Marii Skłodowskiej - Curie pt. „Promieniotwórczość” zawiera treść wykładów wygłaszanych przez autorkę na Sorbonie w ciągu wielu lat. Książka ta, która była po kilkuletnim opracowywaniu przygotowana do druku przez Marię Skłodowską - Curie, została wydana już po jej śmierci przez Irenę Joliot - Curie i Fryderyka Joliot w końcu roku 1934.

Polskie wydanie tego dzieła ukazało się na początku II wojny światowej w końcu roku 1939 w przekładzie profesora Ludwika Wertensteina, wybitnego polskiego badacza zjawisk promieniotwórczości, który swego czasu był uczniem i współpracownikiem Marii Skłodowskiej - Curie. Prof. L. Wertenstein dokonał przekładu w sposób bardzo staranny i wierny. Ze względu jednak na znaczne postępy nauki o promieniotwórczości i fizyki jądra atomowego w ciągu 5 lat od r. 1934 do 1939, prof. L. Wertenstein nie tylko wprowadził do przekładu polskiego pewne zmiany i uzupełnienia wynikające z postępu nauki, lecz także zaopatrzył go w dodane na końcu książki „Uzupełnienia” w kilku rozdziałach, zawierające — jak sam ich autor pisze w przedmowie do I wydania polskiego — „opis głównych odkryć doświadczalnych, dokonanych w tej dziedzinie, oraz treściwe przedstawienie tych poglądów teoretycznych, o których można sądzić, że stanowią trwałe nabytki nauki”.

Pierwsze wydanie polskiego przekładu „Promieniotwórczości” zostało szybko wyczerpane. Państwowe Wydawnictwo Naukowe przystępując do nowego wydania książki, wobec tragicznej śmierci w r. 1945 nieodżałowanej pamięci prof. Ludwika Wertensteina, zleciło opracowanie nowego wydania dzieła profesorowi Andrzejowi Sołtanowi. Prof. A. Sołtan wobec bardzo znacznych postępów wiedzy o jądrze atomowym w czasie, który upłynął od ukazania się pierwszego wydania polskiego, wprowadził szereg przypisów i uwag w tekście dzieła Marii Skłodowskiej - Curie, skorygował dane liczbowe w nim zawarte — głównie w „Przypisach” na końcu dzieła — według wyników ostatnich pomiarów do r. 1950 oraz na miejsce rozdziałów uzupełniających, napisanych przez prof. L. Wertensteina, opracował 6 dodatkowych rozdziałów „Uzupełnień”, dodając na ich końcu wyczerpująco ujętą tablicę izotopów.

Przedmowę do II wydania polskiego napisała Irena Joliot - Curie. Książka Marii Skłodowskiej - Curie dzieli się na dwie części. Pierwsza, krótsza część obejmująca 6 rozdziałów na 95 stronach zawiera krótko ujęte wstępne wiadomości ogólne z fizyki elektronowej i atomowej, niezbędne do rozumienia dalszej, znacznie obszerniejszej, drugiej części książki, poświęconej zjawiskom promieniotwórczości. Pierwsza jej część ma wyraźny charakter podręcznikowy, natomiast część druga obok charakteru podręcznikowego ma także charakter monografii, szczególnie silnie wyrażający się w tych jej rozdziałach, które mają bliski związek z własnymi pracami Marii Skłodowskiej - Curie.

„Promieniotwórczość” zawiera olbrzymi zasób wiadomości i materiału faktycznego w postaci szczegółowych danych liczbowych oraz szczegółowych opisów metod pracy laboratoryjnej w dziedzinie nauki o promieniotwórczości naturalnej. W paru rozdziałach opisane są także pierwsze prace dotyczące odkrycia neutronu i sztucznej promieniotwórczości. Sposób ujmowania w książce wielu zagadnień jest obecnie nieaktualny, liczne uwagi i wzmianki mają dziś tylko historyczne znaczenie. Nie przeszkadza to jednak wcale temu, że książka ta nie tylko będzie zawsze czytana

z niesłabnącym zainteresowaniem jako piękne dzieło pióra wielkiej uczonej badaczki, której czynny udział w pracach nad promieniotwórczością był tak bardzo istotny, lecz także w wielu wypadkach może służyć jako źródło danych, referencyj i praktycznych wiadomości laboratoryjnych dla współczesnego pracownika naukowego, w dziedzinie fizyki jądra atomowego. Odnosi się to szczególnie do obszernych przypisów, w których zawarte dane liczbowe zostały zmodernizowane przez prof. A. Sołtana.

Uzupełnienia napisane przez prof. Sołtana zawierają bardzo zwięzłe ujęty opis podstawowych metod stosowanych w fizyce jądra atomowego do detekcji przedkich cząstek, do akceleracji cząstek naładowanych, do rozdzielania izotopów, a także uwagi ogólne dotyczące trwałości jąder. Uzupełnienia prof. Sołtana odznaczają się nowoczesnością ujęcia, jasnością i ścisłością. Żałować jednak należy, że z powodu dużej zwięzłości, z jaką omówiony jest w nich bardzo obszerny materiał, niektóre zagadnienia pozostaną mało zrozumiałe dla czytelnika, który z zagadnieniami fizyki jądra atomowego zapoznał się tylko w zakresie zawartym w poprzedzających „Uzupełnieniach” rozdziałach referowanej książki.

Wydaje się recenzentowi, że w uzupełnieniach do książki napisanej w r. 1934, a omawiającej głównie zjawiska promieniotwórczości naturalnej, należałoby przede wszystkim nieco obszerniej potraktować postępy i nowe odkrycia właśnie w tej dziedzinie. Tych spraw jednak uzupełnienia wcale nie zawierają. Na przykład o tym, że szereg aktywny jest szeregiem odrębnym od szeregu radowego, pomimo że oba są szeregami uranowymi, może się czytelnik tylko częściowo (bo nie są podane liczby masowe radiopierwiałków) dowiedzieć z tablic 5a i 5b przypisów. To samo dotyczy także odkrycia pierwiastka nr 87 Fr (AcK). Nic nie wspomina autor „Uzupełnień” o odkryciu czwartego szeregu promieniotwórczego o liczbach masowych typu $4n + 1$, szeregu neptunowego, kończącego się na ^{209}Bi . Brak też jakiegokolwiek wzmianki o izomerii jądrowej, która zasługiwałaby na krótkie omówienie chociażby w odniesieniu do UZ i UX₂, które to radiopierwiałki są szczegółowo omawiane w książce Marii Skłodowskiej - Curie.

Opracowane przez prof. A. Sołtana tablice izotopów, umieszczone na końcu książki, stanowią bardzo cenne jej uzupełnienie. Szczególnie cenne w nich jest wyczerpujące podanie danych dotyczących poszczególnych izotopów, jak na przykład także spinu jądra i jego momentu magnetycznego.

Godna podkreślenia jest piękna szata zewnętrzna książki: wysoka klasa papieru, czytelny druk i wyraźne ilustracje, estetyczna i trwała oprawa płócienna.

Za nowe wydanie tej książki naszej wielkiej rodaczki bezpośrednio przed rokiem, w którym było uroczyste obchodzone dwudziestolecie jej śmierci, wdzięczność należy się Państwowemu Wydawnictwu Naukowemu oraz prof. Andrzejowi Sołtanowi, który podjął się wielkiego trudu opracowania nowego polskiego wydania książki i zadanie to tak pięknie wykonał.

Henryk Niewodniczański

Maria Skłodowska - Curie — Piotr Curie, przedkład H. Szalay - Szyllerowej. Warszawa 1953, PWN, str. 102, 11 tabl. Cena 5,85 zł.

Biografia Piotra Curie, napisana przez Marię Skłodowską - Curie w r. 1924, została przełożona przez siostrzenicę Autorki Hannę Szalay-Szyllerową i wydana w okresie międzywojennym staraniem Komitetu Daru Narodowego dla Marii Skłodowskiej-Curie.

Obecnie ukazało się drugie wydanie tej pracy, przygotowane przez prof. J. H u r w i c a i zaopatrzone przedmową rozpoczynającą się od znamiennych słów, wypowiedzianych przez Piotra Curie w Sztokholmie w r. 1905 na uroczystości wręczenia małżonkom Curie nagrody Nobla: „Może zrodzić się myśl, iż w rękach zbrodniczych rad mógłby się stać bardzo niebezpieczny. Nasuwa się więc pytanie, czy poznawanie tajników natury przynosi pożytek ludzkości, czy jest ona dostatecznie dojrzała, aby z nich korzystać, czy też — przeciwnie — poznanie to przyniesie jej szkodę. Charakterystyczny jest tu przykład wynalazków N o b l a. Silne materiały wybuchowe pozwoliły ludziom dokonać prac godnych podziwu, ale są one równocześnie strasznym narzędziem zniszczenia w rękach wielkich zbrodniarzy, którzy wciągają narody w wojny. Należę do tych, którzy wraz z Noblem myślą, że ludzkość wyciągnie więcej dobra niż zła z nowych odkryć”.

Obecne wydanie, ukazujące się w XX rocznicę śmierci Marii Skłodowskiej-Curie, zostało uzupełnione trzema ustępami, opuszczonymi w pierwszym polskim wydaniu, które dotyczą poglądów religijnych i społecznych Piotra Curie i Jego Małżonki, i wykazują ich postępowość. Wprowadzono również pewien drobny retusz językowy.

W pięknie skreślonej biografii przedstawiła Autorka atmosferę życia rodzinnego, w której wychował się Piotr Curie, dzieje Jego studiów i przebieg najważniejszych prac naukowych, podkreślając ciężkie warunki, z jakimi przez całe swe życie musiał walczyć wielki uczyony, nie mogąc uzyskać odpowiednio wyposażonego laboratorium.

Biografię uzupełniają urywki z kilku wydawnictw obcych, które ukazały się dla uczczenia Piotra Curie. Zawarte są w nich m. in. wspomnienia uczonych: Henryka Poincarégo, Jana Perrina i Pawła Langevina, którzy podkreślali wielkie znaczenie odkryć i naukowych prac przedwcześnie zmarłego uczonego oraz wyjątkowe zalety Jego charakteru. Słowa Jego ucznia Langevina kończą pracę Marii Skłodowskiej-Curie: „Wyzwolony zupełnie z dawnych przesądów, namiętnie kochający rozum i jasność, pełen natchnienia — Piotr Curie dał przykład tego, co osiągając może w dobroci i pięknie moralnym, w jasnym i prostym umyśle — niezłomna odwaga i ścisłość myśli, która odrzuca to, czego nie pojmuje, i każe żyć w zgodzie ze swoim marzeniem”.

Starannie wydana książka została zaopatrzona w trafnie wybrane fotografie, między którymi znajduje się i reprodukcja listu Piotra Curie do małżonki, pisanego częściowo po polsku.

W nowym wydaniu tej cennej pozycji naszego piśmiennictwa, która już jest na wyczerpaniu, warto by podać w przypisach interesującą dla czytelnika polskiego informację, że Piotr Curie, którego wybitne prace naukowe znalazły pełne uznanie obcych akademii i towarzystw naukowych, został również powołany na Członka Polskiej Akademii Umiejętności.

Biografia Piotra Curie powinna znaleźć się w rękach nie tylko fizyków, lecz również szerokich rzesz czytelników, interesujących się postęпами wiedzy przyrodniczej. Powinna też być zalecona przez Ministerstwo Oświaty jako lektura dla średnich szkół ogólnokształcących oraz jako lektura obowiązkowa dla liceów chemicznych.

Wkład Marii Skłodowskiej-Curie do nauki Szkice monograficzne.
Redaktor Zbioru — Józef Hurwic. PWN, Warszawa 1954 — 36 ilustr.
+ 272 str. Cena 12,20 zł.

Z prawdziwą przyjemnością i z dużą korzyścią czyta się ten niezbyt wielki zbiór 9 szkiców monograficznych, wydany przez PWN z okazji 20-lecia śmierci naszej znakomitej rodaczki Marii Skłodowskiej-Curie.

Otwierają go trzy prace samej Marii — prace nie tylko przypominające minione dzieje, ale wskazujące dobitnie na znaczenie dawniejszych odkryć wybitnej Polki dla rozwoju i osiągnięć współczesnej nauki oraz techniki. Autorka mówi o swych osiągnięciach z wrodzoną sobie skromnością, niemniej jednak jej dzieło świadczy o niej samej.

Pierwsza praca, nosząca tytuł *Główne tory współczesnych badań nad promieniotwórczością*, stanowiła przedmiot odczytu wygłoszonego w Uniwersytecie Warszawskim dnia 5 czerwca 1925 r. z okazji pobytu Marii Skłodowskiej-Curie w Polsce. Ukazuje nam ona perspektywy rozwojowe nauki o promieniotwórczości przed 30 laty, perspektywy, które tak nieoczekiwanie dla wielu ludzi uległy znakomitemu poszerzeniu przede wszystkim w ciągu ostatniego dziesięciolecia. Widzimy silne powiązanie dawnych wysiłków i osiągnięć z obecnymi pracami. Podziwiamy wielotorowość badań naukowych prowadzonych w Laboratorium Curie, która zaważyła silnie i na praktycznych zastosowaniach promieniotwórczości. Na przykładzie tych prac przekonujemy się, że wiele współczesnych kierunków rozwojowych zapoczątkowała bądź sama Maria Skłodowska-Curie, bądź jej współpracownicy i ludzie z nią związani. Przed 30 laty tak samo jak dziś poszukiwano nowych, nie odkrytych jeszcze izotopów promieniotwórczych, opracowywano chemię pierwiastków promieniotwórczych, wykonywano badania radiochemiczne, analizowano minerały promieniotwórcze, oznaczano wiek skał i formacji geologicznych. Prowadzono wówczas badania fizjologiczne zarówno na roślinach, jak i na zwierzętach, posługując się tak popularną obecnie autoradiografią. Leczone. Wykonywano pomiary fizyczne promieniowań jądrowych, stosując m.in. także metody jonizacyjne. Maria Skłodowska-Curie wspomina również o swych bezskutecznych próbach wywołania przemian naturalnych ciał radioaktywnych za pomocą promieniowań wysyłanych przez inne naturalne pierwiastki promieniotwórcze.

Wielka dynamika rozwojowa prac omówionych w pierwszym szkicu tym bardziej godna jest podziwu, że warunki działania często wiele pozostawiały do życzenia. O trudnościach materialnych i lokalowych najlepiej świadczą własne słowa Marii Skłodowskiej-Curie, które padły podczas jej wykładu wygłoszonego w Instytucie Francuskim w Warszawie w dniu 6 czerwca 1925 r. Odczyt ten stanowi przedmiot drugiego z kolei szkicu zbioru i nosi tytuł *Organizacja i działalność Instytutu Radowego w Paryżu*.

Dowiadujemy się z niego, jak wiele lat musiała Maria Skłodowska-Curie i jej współpracownicy borykać się z prowizorycznymi warunkami. Pomimo wielkiego znaczenia odkrytych pierwiastków promieniotwórczych, a w szczególności radu, Maria nie czerpała z tego tytułu żadnych zysków materialnych. Bogacili się fabrykanci radu, bogaciły się koncerny przemysłowe, ale — niestety — fakty te w niczym nie wpływały na wyposażenie pracowni naukowej, a zwłaszcza tego laboratorium, którym kierowała właśnie Maria Skłodowska-Curie. Chociaż uczona uzyskała katedrę w Sorbonie już w r. 1904, mimo to pracowała nadal w warunkach tymczasowych. 10 lat trwała budowa Instytutu Radowego, subwencjonowana przez Uniwersytet Paryski i Instytut Pasteura. Wojna światowa opóźniła jego

uruchomienie. Po jej zakończeniu zaś okazało się, że warunki pracy w nowym Instytucie są od razu niewystarczające. Dzięki subwencjom rządowym podjęto zatem dalszą rozbudowę Instytutu Radowego.

Na tle tych trudności tym bardziej wydatnie rysują się nasze osiągnięcia. Odbudowa polskich placówek naukowych po zniszczeniach okupacyjnych następowała w znacznie szybszym tempie, a wyposażenie, chociaż jeszcze nie takie, o jakim marzyliśmy, stanowi dumę wielu naszych zakładów naukowych. Wystarczy chociażby zajrzeć do Instytutów Fizyki UW i PAN, mieszczących się w Warszawie przy ul. Hożej, gdzie w ciągu 10 lat istnienia Polski Ludowej wybudowano Halę Atomową z przyspieszaczem typu Cockcrofta-Waltona na 0,75 Mev i wielu urządzeniami pomocniczymi, uruchomiono ośrodek badań ciała stałego z 2 mikroskopami elektronowymi, zainstalowano wiele spektrografów optycznych i rentgenowskich oraz stworzono wspianą placówkę studiów nad promieniami kosmicznymi — znaną szeroko poza granicami naszego kraju.

Przeszkody i trudności, jakie natrafiała Maria Skłodowska-Curie w swojej pracy, nie zniechęcały wielkiej uczonej. Wręcz przeciwnie, oprócz pracy dydaktycznej, której nigdy nie zaniedbywała, prowadziła szeroką działalność naukową. Instytut Radowy w Paryżu był ośrodkiem, w którym kształcili się nie tylko Francuzi, ale i liczni cudzoziemcy — wśród nich także Polacy. O rozmachu świadczyć może fakt, że w jednym tylko roku 1924/25 liczba wykonanych prac naukowych przekraczała 30, przy czym 5 z nich stanowiło rozprawy doktorskie.

Krótki szkic Marii Skłodowskiej-Curie pt. *Stan obecny chemii polonu* rzuca ciekawe światło na zagadnienie badań bardzo drobnych ilości substancji — rzędu mikrogramów. Pozwala on na zrozumienie roli naszej wielkiej uczonej w rozwoju nowej gałęzi nauki, którą nazywamy obecnie ultramikrochemią. Rola tej dyscypliny w opracowaniu technologii plutonu i innych pierwiastków promieniotwórczych jest chyba zbyt dobrze znana, aby trzeba się było nad tym szerzej rozwodzić.

Następny z kolei artykuł, napisany przez ucznia Marii Skłodowskiej-Curie prof. Złotowskiego, nosi tytuł *Wielkie dzieło Marii Skłodowskiej-Curie*. Szkic ten uzupełnia pewną lukę, jaka istniała we wszystkich dotychczasowych opracowaniach tego typu. Oświeśla bowiem działalność naszej uczonej z marksistowskiego punktu widzenia. Dzięki temu prof. Złotowski rozpatruje sylwetkę Marii nie tylko na tle badań nad promieniotwórczością, ale w ogóle — na szerszym tle rozwoju fizyki i chemii światowej.

W szkicu widzimy żywych ludzi, zapoznajemy się z ich poglądami, słuchamy ich wypowiedzi. Nad nimi wszystkimi góruje drobna postać uczonej, obalającej zastarzałe sady i, w imię prawdy naukowej, przeciwstawiającej się nawet najwybitniejszym sławom swej epoki. Autor podaje m. in. ciekawe fakty świadczące o osobliwym uporze wielkiego Mendelejewa. Uczony ten po odkryciu zjawiska promieniotwórczości, bojąc się o trwałość swego układu okresowego, ucieka się nawet do wygłoszenia hipotezy o istnieniu jakiegoś niezwyklego pierwiastka X, czyli „eteru kosmicznego”, który miał być odpowiedzialny za rozpad radioaktywny. Po oddzieleniu „eteru” pozostałe pierwiastki odznaczać się już miały trwałością.

Prof. Złotowski podkreśla znaczenie prac Marii Skłodowskiej-Curie dla ugruntowania atomistycznych i molekularnych teorii w chemii i fizyce. Wskazuje, jak prace te w zasadniczy sposób przyczyniły się do obalenia metafizycznych koncepcji niezmienności pierwiastków chemicznych. Pomimo tego te właśnie badania umożliwiły teoretyczne uzasadnienie układu okresowego Mendelejewa. Dzięki nim ujawni-

niła się dialektyczna zależność między ilością (masa i ładunek jądra) a jakością (własności fizyczne i chemiczne).

Statystyczny charakter praw rozpadu promieniotwórczego skłonił niektórych uczonych do przejścia na stanowisko nieoznaczalności — indeterminizmu zjawisk atomowych. *Maria Skłodowska-Curie* zawsze była przeciwna takiemu rozumowaniu. Prawa statystyczne bowiem również stanowią zupełnie pewną podstawę przewidywania naukowego, na co tak wielki nacisk kładzie współczesna szkoła radziecka.

Prof. *Złotowski* przyznaje, że wielka nasza uczona nie miała na ogół skłonności do uogólnień. Pomimo tego odznaczała się dalekowzrocznością, uważając na przykład, że promieniotwórczość nie może ograniczać się do kilku tylko ciężkich pierwiastków.

Maria Skłodowska-Curie nie uznawała „nauki dla nauki”. Wiązała swe badania zawsze z życiem i na tym polu położyła wybitne zasługi. Jej m. in. zawdzięczamy upowszechnienie rentgenologii lekarskiej! *Maria Curie* zwracała uwagę na obowiązek pracy społecznej nie tylko własnej, ale i swych pracowników. Odznaczała się przy tym gorącym patriotyzmem — patriotyzmem nie teoretycznym, ale praktycznym. Jej zawdzięczamy powstanie w kraju placówki naukowej, zajmującej się badaniami nad promieniotwórczością (prowadzonej przez *Jana Danysz*a, a następnie przez *L. Wertensteina*). Jej również dziełem była budowa Instytutu Radowego (obecnie Instytutu Onkologii) w Warszawie. Dlatego też bardziej niż do wielu innych można do *Marii Skłodowskiej-Curie* zastosować słowa *si monumentum quaeris, circumspice*.

Prof. *Pawłowski*, również uczeń wielkiej naszej rodaczki, w swim szkicu pt. *Zdobycze naukowe Marii Skłodowskiej-Curie i nadane przez nią kierunki prac badawczych w Paryskim Instytucie Radowym* omawia szczegółowo żywot naukowy znakomitej uczoney. Przeglądamy się znów sprawom poruszonym w pierwszym i drugim wykładzie Marii, ale oglądanym oczyma współpracownika. Dowiadujemy się jednocześnie o szerokim zasięgu zainteresowań uczoney. Poznajemy jej zasadniczą rolę przy ustalaniu jednostek promieniotwórczości i przy konstrukcji wzorca radu. Dowiadujemy się o jej pracach nad otrzymaniem silnych źródeł promieniotwórczych. Poznajemy wreszcie tematykę prac Instytutu Radowego w Paryżu, obejmującą następujące zagadnienia: 1) własności promieniowania alfa, 2) otrzymywanie silnych źródeł promieniotwórczych, 3) półokresy pierwiastków promieniotwórczych, 4) własności promieniowania beta, 5) własności promieniowania gamma, 6) energie wyzwalone przez ciała promieniotwórcze, 7) związek między emisją promieni alfa i gamma, 8) działanie promieni alfa na ośrodki materialne, 9) przemiany jąder pod działaniem cząstek alfa, 10) przemiany gamma $\leftarrow$ beta, 11) sztuczną promieniotwórczość.

Profesor *Szczeniowski* w interesującym artykule pt. *Zastosowania promieniotwórczości w nauce i technice* omawia związek odkryć *Marii Skłodowskiej-Curie* z niezwyklejnym rozwojem fizyki jądrowej. Wskazując na dalsze konsekwencje prac naszej uczoney wspomina o poznaniu zjawiska rozszczepienia ciężkich jąder i o zastosowaniu tego zjawiska do wytwarzania sztucznych izotopów promieniotwórczych na skalę dotychczas nie spotykaną. Zastosowania współczesne tych izotopów w rozmaitych dziedzinach nauki i techniki — to temat dalszych rozważań artykułu. Na ich przykładzie obserwujemy, jak powszechnym zjawiskiem jest promieniotwórczość materii i jak poważnie zmienia ona obecnie oblicze naszego świata.

Prof. *Sołtan* w krótkim, ale bardzo treściwym szkicu pt. *Ewolucja poglądów na trwałość atomów od czasu odkrycia promieniotwórczości do chwili obecnej* zajmuje

się kilku ważkimi zagadnieniami. Podkreśla wpięrew znaczenie tych prac Marii Skłodowskiej-Curie, w których wielka uczona wykazała brak wpływu czynników zewnętrznych na przemiany promieniotwórcze. Pomiar mas atomowych przez nią wykonane umożliwiły nie tylko uzupełnienie tablic ciężarów atomowych, ale przede wszystkim — potwierdzenie zjawiska izotopii. Zagadnienia te wiążą się zaś ze sprawą trwałości jąder atomowych. Badania naszej uczonej nie ograniczyły się jedynie do stwierdzenia nietrwałości wielu atomów i do ustalenia podstawowych zasad ich przemian. Pozwoliły one na wyróżnienie w atomie obszaru nietrwałego — jądra atomowego, na poznanie jego natury i praw nim rządzących.

Artykuł prof. Dorabiałskiej nosi tytuł *Wpływ nauki o promieniotwórczości na rozwój chemii*. Zajmuje się on konsekwencjami odkryć Marii Skłodowskiej-Curie w tej dziedzinie nauki, która nie zawsze jest doceniana przez współczesnych fizyków, a która zawsze odgrywała i odgrywa zasadniczą rolę przy otrzymywaniu substancji radioaktywnych. Prof. Dorabiałska omawia w szczególności problem znaczonych atomów i to zarówno trwałych, jak i promieniotwórczych. Przykładowo zwraca uwagę na deuter jako na ten, który wykazuje największe różnice w porównaniu z najczęściej spotykanym izotopem — protem.

Przy okazji warto poczynić drobne zresztą sprostowania stałych wartości fizycznych ciężkiej wody D_2O , podanych przez prof. Dorabiałską. Według najnowszej monografii Kirszenbauma (*Physical properties and analysis of heavy water*, 1951): gęstość D_2O (20°) wynosi 1,1086 (nie zaś 1,1050), temperatura maksymalnej gęstości — $11,21^\circ$ (nie zaś $11,6^\circ$), stała dielektryczna (25°) — 79,7 (zamiast 81,5, a więc jest mniejsza, a nie większa, od stałej H_2O), iloczyn jonowy — $0,195 \cdot 10^{-14}$ (zamiast $0,16 \cdot 10^{-14}$).

Podobnie zawartość D w źródłach naturalnych wynosi przeciętnie 1:600 = 0,0167 (nie zaś 0,0156%). Warto by również zmienić sposób oznaczania reakcji rozszczepienia jąder odpowiednimi cząstkami [np. $U(fn)$ — zamiast $U(n)$].

Szkic prof. Dorabiałskiej zapoznaje nas z bardzo doniosłymi zastosowaniami radioizotopów w badaniach fizykochemicznych i chemicznych. Metoda znaczonych atomów pozwoliła np. na oznaczenie rozpuszczalności substancji bardzo trudno rozpuszczalnych, której nikłość uniemożliwiała przedtem jakiekolwiek pomiary. Inne problemy omawiane w artykule — to radiografia, badanie statyki i kinetyki chemicznej oraz radiochemia (zjawisko Chalmersa-Szilarda). Prof. Dorabiałska kończy swój ciekawy artykuł krótką wzmianką o chemii przemian jądrowych.

Ostatnim szkicem zbioru jest interesująca praca prof. Łukaszczyka pt. *Rad w leczeniu nowotworów złośliwych*. Stanowi ona cenne dopełnienie całości, zapoznając nas ze znaczeniem odkrycia Marii Skłodowskiej-Curie w medycynie i z nowoczesnym aspektem tego zagadnienia. Dowiadujemy się tu m. in. o działaniu różnych promieniowań na rozmaite tkanki żywe i nowotwory. Poznajemy nieodzowną złożoność sposobów leczenia. Ze złożoności tej dobrze zdawała sobie sprawę Maria Skłodowska-Curie i dzięki niej właśnie w Instytucie Radowym w Warszawie uniknięto błędu jednostronności terapii samym radem.

Zbiór zamyka bibliografia prac naszej uczonej, obejmująca wraz z książkami — 90 pozycji.

Wkład Marii Skłodowskiej-Curie do nauki stanowi niewątpliwie bardzo wartościową książkę popularnonaukową i zawiera wiele ciekawych wiadomości — nie znanych nawet czytelnemu odbiorcy. Dlatego można ją gorąco polecić, zwłaszcza że dotyczy spraw tak bardzo nam bliskich.

Olgięrd Wołczek

Irena Joliot - Curie: *Naturalne pierwiastki promieniotwórcze*.
Tłumaczyła z francuskiego Maria Hurwicowa, PWN, Warszawa 1954.
26 rys. + tabl. + 254 str. Cena 22,00 zł.

Ukazanie się polskiego przekładu tej książki należy powitać z uznaniem. Napisała przez tak wybitnego uczonego, jakim jest Irena Joliot - Curie, gwarantuje wysoki poziom naukowy.

Książka nie jest nowa. Została napisana w czasie okupacji hitlerowskiej, a wydrukowana dopiero po wojnie — w 1946 r. Fakty te wpłynęły decydująco na takie a nie inne jej oblicze. Jest rzeczą oczywistą, że od chwili jej opublikowania nasze wiadomości o promieniotwórczości i jądrze atomowym uległy znacznej ewolucji. Niemniej jednak nie umniejsza to wartości książki. Sama autorka w przedmowie do wydania polskiego pisze zresztą:

„Najistotniejsze nasze wiadomości o radiopierwiastkach naturalnych nie uległy zmianie w zakresie rodzin promieniotwórczych, najważniejszych wiadomości chemicznych, metod oznaczania: większa część książki zachowała więc nadal swą wartość.

Rozdział o radiopierwiastkach sztucznych jest obecnie bardzo niedostateczny, ponieważ jednak nie stanowi on części tematu zasadniczego, a jedynie dodatek, unowocześnienie go uważałam za zbędne.

Nie można pominąć natomiast zmian, jakie zaszły w metodach stosowanych w radiochemii“.

Dlatego też polskie wydanie książki Irena Joliot - Curie uzupełniła bardzo cennym dodatkowym rozdziałem 15, poświęcając go specjalnie tym właśnie nowym metodom. Autorka zwraca w szczególności uwagę na nowoczesne sposoby fizykochemiczne, które znalazły obecnie szerokie zastosowanie nie tylko w laboratoriach naukowych, ale nawet na skalę przemysłową. Przede wszystkim chodzi tu o tzw. ekstrakcję za pomocą rozpuszczalników organicznych i chromatografię kolumnową, chociaż nie można również pominąć tak pospolitej obecnie chromatografii bibułowej. Metody te pozwalają na rozdzielanie i oczyszczanie pierwiastków promieniotwórczych bez użycia nośników, w ilościach zupełnie znikomych, rzędu nawet kilkudziesięciu atomów!

Autorka nie ograniczyła się tu jedynie do uwag ogólnych. Podała ona także przykłady zastosowań nowych metod do najważniejszych naturalnych pierwiastków promieniotwórczych. I tak omówiła np. ekstrakcję rozpuszczalnikową uranu oraz chromatograficzne wydzielanie protaktynu czy radu i aktynu. Nie omieszczała przy tym podkreślić faktu, że nowoczesne metody wyrugowały w znacznej mierze stare sposoby pracy.

Czytelnik obeznany z wyposażeniem nowoczesnych laboratoriów promieniotwórczych może doznać pewnego rozczarowania przy lekturze rozdziału 19. Rozdział ten omawia materiały i technikę chemii pierwiastków promieniotwórczych. Opisane w nim urządzenia i metody nie odznaczają się owym tak nęcącym automatyzmem współczesnych laboratoriów do badań promieniotwórczości, zwłaszcza zaś tzw. laboratoriów „gorących”. Oczywiście, automatyzm ten ułatwia i przyspiesza wykonywaną pracę. Ma on jednak wielką wadę — wysoki koszt instalacji. Poza tym nie jest on konieczny przy pracach ze stosunkowo małymi ilościami substancji promieniotwórczych, jakie występują w czasie prac z naturalnymi pierwiastkami promieniotwórczymi. Manipulatory, zdalne sterowanie i wyciągi specjalne o podwójnych ścianach konieczne są jedynie do badań sztucznych radiopierwiastków, odznaczających się szczególnie silną promieniotwórczością.

Jeśli pominiemy powyższe uwagi, w niczym zresztą nie umniejszające wartości książki, to możemy z zadowoleniem stwierdzić wielkie walory publikacji. Odznacza się ona zwięzłością (może nawet zbyt), jasnością stylu i wykładu, celnością i celowością. W stosunkowo niewielkiej objętości, podzielonej na 20 rozdziałów Irena J o l i o t - C u r i e omówiła wszystkie najważniejsze zagadnienia dotyczące naturalnych pierwiastków promieniotwórczych.

Rozdział 1 zajmuje się teorią rozpadu promieniotwórczego, wiele uwagi poświęcając zagadnieniom równowagi promieniotwórczej. Odpowiednie wykresy stanowią tu doskonałą ilustrację i uzupełnienie wywodów matematycznych.

Rozdział 2 zaznajamia nas z promieniowaniem ciał radioaktywnych. Zostały w nim pokrótce scharakteryzowane poszczególne typy promieniowania, a następnie omówione metody ich pomiarów. Do sprawy tej autorka powraca w rozdziale 18 traktującym o oznaczaniu radiopierwiastków. W rozdziale tym omówione są szczegółowo różne przyrządy stosowane w Laboratorium Curie Paryskiego Instytutu Radowego. Mamy tu opisy i szkice poszczególnych komór jonizacyjnych i liczników. Rozważane są rozmaite sposoby pomiarów różnych typów promieniowania. Autorka omawia również sposoby oznaczania poszczególnych pierwiastków radioaktywnych, podając wiele istotnych informacji praktycznych.

Króciutki rozdział 3 o naturalnych pierwiastkach promieniotwórczych oraz minerałach i ich przeróbce laboratoryjnej ma jedynie charakter informacyjny i wprowadzający do rozdziałów od 4 — 13. Te ostatnie poświęcone są poszczególnym radiopierwiastkom. Znajdujemy tam dokładne omówienie najistotniejszych własności tych ciał, zarówno chemicznych, jak i radiochemicznych. Przy okazji warto nadmienić, że podane przez autorkę metody otrzymywania metalicznego uranu dostarczają produktu o niezbyt wielkiej czystości. Znacznie lepsze wyniki daje opublikowana ostatnio belgijska metoda redukcji czterofluorku uranu UF_4 za pomocą wapnia.

Autorka pominęła również milczeniem sprawę aktynowców, chociaż w polskim przekładzie układ M e n d e l e j e w a (tablica III, str. 235) został w odpowiedni sposób poprawiony w porównaniu z oryginałem francuskim. W tekście natomiast znaleźć można pewną niekonsekwencję, gdyż protaktyn traktuje się jako wyższy homolog tantalu (str. 53), a tor — jako homolog cyrkonu (str. 59). Sprawa ta w okresie opublikowania oryginału nie była jeszcze definitywnie wyjaśniona, a wybitni radiochemicy, jak Paneth i Haissinski, wypowiadali się wówczas zdecydowanie przeciw nowym koncepcjom. Szkoda jednak, że zagadnienie to nie zostało w przekładzie definitywnie wyjaśnione tak, jak to się dziś powszechnie przyjmuje.

W rozdziale 14 Irena Joliot-Curie porusza bardzo ważną sprawę metod radiochemii, zwracając uwagę na zachowanie się roztworów i osadów promieniotwórczych. Konsekwentne rozwinięcie tego zagadnienia stanowi omówienie w następnym z kolei rozdziale zastosowań radiochemii w dziedzinie fizyki, chemii oraz biologii.

Rozdział 17 traktuje w sposób zwięzły, lecz wszechstronny o działaniu promieniowania radiopierwiastków.

Ostatni wreszcie rozdział 20 zajmuje się zagadnieniem sztucznej promieniotwórczości. Sprawa ta została omówiona już wcześniej.

Należy z zadowoleniem podkreślić, że tłumaczka doskonale wywiązała się ze swego zadania. Książka została przełożona poprawnie zarówno pod względem językowym, jak i terminologicznym. Czyta się ją gładko, nie odczuwając, iż przyswojono ją z obcego języka. Drobne zastrzeżenia odnosić się mogą do dwu terminów: zamiast nazwy „żywice” zaproponowałbym bardziej poprawny termin „masy plastyczne”, a wyraz „silicagel” zastąpiłbym „żelem krzemionkowym”.

Należy się cieszyć, że książka tak wybitnego radiochemika, jak Irena Joliot-Curie, została wydana obecnie w języku polskim. Niesłychanie szybki rozwój badań nad sztucznymi radiopierwiastkami usunął ostatnio naukę o naturalnych pierwiastkach promieniotwórczych nieco w cień. A przecież ta właśnie mniej dziś atrakcyjna dziedzina wiedzy wniosła przełomowe wartości do nauki. Jej rozwój umożliwił w ogóle odkrycie sztucznej promieniotwórczości i to właśnie przez Irenę Joliot-Curie i jej męża Fryderyka. Jej metody stały się fundamentem całej współczesnej radiochemii. Dlatego *Naturalne pierwiastki promieniotwórcze*, wydane w języku polskim w 20 rocznicę zgonu wielkiej polskiej uczonej Marii Skłodowskiej-Curie, stanowią tym cenniejszą pozycję.

Olgiard Wołczek

URANOWE MINERAŁY CURIT, SKŁODOWSKIT I KUPROSKŁODOWSKIT

Powyższe minerały stanowią wtórne przeobrażenia uraninitu, najważniejszego minerału uranowego, określonego wzorem UO_2 , chociaż rzeczywisty skład chemiczny leży pomiędzy UO_2 a U_3O_8 (U_{3-4}O_8), zwykle z przewagą uranu czterowartościowego. Obok krystalizującego w układzie regularnym uraninitu, związanego prawie całkowicie z pegmatytami, składnikami hydrotermalnych żył kruszcowych są zbite skupienia, znane pod nazwą uranowej rudy smolistej, smółki uranowej lub blendy uranowej.

1. *C u r i t* (franc. i ang. *curite*) został odkryty w Katandze (Kongo Belgijskie) przez A. S c h o e p a [1] i tak nazwany dla uczczenia Piotra Curie.

Jest to minerał rombowy, tworzący igielkowate kryształy o ścianach (100), (110) i (111); najczęściej występuje w drobnokrystalicznej postaci zbitej lub cukrowatej. Wykazuje łupliwość równoległą do płaszczyzny (100). Drobne wymiary kryształów utrudniają wykonanie dokładnych oznaczeń optycznych.

Cieężar właściwy: 7,12 — 7,26. Twardość: 4 — 5.

Barwa: czerwonobrunatna do pomarańczowoczerwonej, rysa pomarańczowa, połysk diamentowy; przezroczysty w drobnych kryształkach.

Spółczynniki załamania światła bardzo wysokie (β — 2,07, γ — 2,12); zostały one oznaczone drogą immersji przez V. Billieta [2] przy użyciu piperyny zawierającej rozpuszczone jodki SbJ_3 (3 części) i AsJ_3 (1 część) oraz

stopów siarkowo-selenowych. Sciemnianie światła proste.

Średnia z wykonanych 3 analiz chemicznych:

PbO	21,32
UO_3	74,22
H_2O	4,00
Fe_2O_3	0,17
	99,71

co odpowiada wzorowi $2\text{PbO} \cdot 5\text{UO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ lub $\text{Pb}_2(4\text{H}_2\text{O})\text{U}_5\text{O}_{17}$.

W kwasach curit łatwo rozpuszcza się. W temp. 450° traci całkowicie wodę.

Pod względem chemicznym curit wykazuje duże podobieństwo do minerałów; schoepitu ($3\text{UO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ lub $2\text{UO}_3 \cdot 4\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$), becquerelitu ($4\text{UO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ lub $2\text{UO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), jantynitu (ianthinitu) ($2\text{UO}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) i fourmarierytu ($\text{PbO} \cdot 4\text{UO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), które — podobnie jak curit — są rombowe i wykazują znaczne podobieństwo krystalograficzne między innymi w analogicznej łupliwości [3].

Curit został znaleziony w miejscowości Kasolo w Katandze (Kongo Belgijskie) razem z torbenitem (wodny fosforan uranu i miedzi o składzie $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2\text{P}_2\text{O}_8 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ lub $\text{CuU}_2[\text{PO}_4]_2\text{O}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$). Stanowi on produkt utlenienia uraninitu. Dalsze badania terenowe wykazały, że razem z curitem występują i inne wtórne minerały uranowe, jak soddyit (wodny krzemian uranu o składzie $5\text{UO}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ lub $\text{U}_2[\text{SiO}_4]_2\text{O} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), fourmarieryt ($\text{PbO} \cdot 4\text{UO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) i skłodowski.

Opisany przez A. Schoepa i L. de Leemheera [4] podobny do gumitu (bezpostaciowy produkt przeobrażenia uraninitu o niepewnym składzie chemicznym) produkt przeobrażenia uraninitu wydaje się być identyczny z curitem.

Również minerał znaleziony nad Jeziorem Niedźwiedzim w Kanadzie i opisany (bez nazwy mineralogicznej) przez Ch. Palache'a i H. Bernana [5], stanowiący produkt przeobrażenia uraninitu, wykazuje bardzo duże podobieństwo do curitu i jest prawdopodobnie z nim identyczny.

To samo odnosi się do minerału występującego w Villeneuve (Quebec, Kanada), również będącego produktem przeobrażenia uraninitu [6].

W. Wernadski i C. Chamié [7] opisali pseudomorfozy zbitego curitu po blendzie uranowej i stwierdzili, że curit — podobnie jak blenda uranowa — wydziela pod działaniem stężonego kwasu solnego chlor, co wskazywałoby na obecność PbO_2 . Z tego też względu autorzy ci przypisują curitowi wzór $pPbO_2 \cdot qUO_3 \cdot nH_2O$.

Produkty utlenienia minerałów uranowych w Katandze, a przede wszystkim uraninitu, występują na ogół w bardzo drobnych ilościach i nieraz analizy chemiczne wykonuje się z ilości zaledwie kilku miligramów, co utrudnia dokładność oznaczeń i ustalenie wzorów chemicznych. Zbadanie uranowych minerałów w Kongo Belgijskim zawdzięczamy przede wszystkim H. Buttgenbachowi, autorowi monografii o minerałach Kongo Belgijskiego [8] i A. Schoepowi, autorowi obszernej pracy o minerałach złóż uranowych w Katandze [9] i odkrywcy wielu minerałów uranowych.

2. Skłodowskit (franc. i ang. skłodowskit) pochodzi również z Katangi, gdzie został odkryty przez A. Schoepa [10], który tę nazwę wpro-

wadził do literatury naukowej dla uczczenia zasług Marii Skłodowskiej-Curie.

Minerał ten tworzy drobne słupkowate i igiełkowate kryształy rombowe, dochodzące do 4 — 5 mm długości z przeważającą formą (110). Tworzy również skupienia zbite i promieniste. Łupliwość (100) i (110).

Ciężar właściwy 3,54. Twardość 3.

Barwa blado-cytrynowo-żółta, rysa żółta, połysk diamentowy; przeświecający. Dosyć wysokie współczynniki załamania światła: α — 1,613, β — 1,615, γ — 1,653. Odnacza się wyraźnym pleochroizmem: x — bezbarwny, y — blado-żółty, z — żółty. Wyraźna dyspersja: $r > v$.

Skłodowskit występuje w spękaniach brekcji krzemionkowej, zawierającej okruchy kasolitu (minerał z Katangi, miejscowości Kasolo) o składzie $PbO \cdot UO_3 \cdot SiO_2 \cdot H_2O$ lub $Pb_2U_2[SiO_4]_2O_4 \cdot 2H_2O$ [11].

Analiza chemiczna skłodowskitu:

SiO_2	14,28
UO_3	64,72
MgO	3,74
TeO_3	1,08
$Na_2O + K_2O$	1,79
NiO	0,20
H_2O	13,41
	99,22

co odpowiada składowi $MgO \cdot 2UO_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 7H_2O$. Skłodowskitowi przypisuje się również wzór $MgU_2[SiO_4]_2[OH]_6 \cdot 4H_2O$ [12].

Niekiedy skłodowskit tworzy pseudomorfozy po uraninie (Chinkolobwe). Prawdopodobnie minerał ten może być pochodzenia hydrotermalnego.

Skłodowskit zbliżony jest do uranotylu (uranofanu), który na miejscu magnezu zawiera wapń ($CaO \cdot 2UO_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 7H_2O$ lub $CaU_2[SiO_4]_2[OH]_6 \cdot 3H_2O$).

Określony jako nowy minerał szinkolobwit (chinkolobwit) z miejscowości Chinkolobwe w Katandzie [13] okazał się identyczny ze skłodowskitem, którego nazwa utrzymana została w literaturze mineralogicznej [12, 14, 15, 16], chociaż pierwsza prowizoryczna notatka o szinkolobwicie (bez dokładniejszych oznaczeń fizycznych i chemicznych) została podana przez odkrywcę obu minerałów A. Schoepa nieco wcześniej.

3. Kuproskłodowskit (franc. i ang. *cuproskłodowskite*) znaleziony został w Katandze (w miejsc. Kalongwe), skąd został opisany przez J. P. Vaga [17], który nazwę tę wprowadził wobec dużego podobieństwa do skłodowskitu.

Minerał ten tworzy rombowe kryształki o pokroju igiełkowatym. Głównymi formami są (110) i (100), rzadziej (010), często zamknięte płaszczyzną (0kl), prawdopodobnie (031). Izomorfowy ze skłodowskitem.

Barwa zielonawożółtawa. Spółcz. zał. $n = 1,68 - 1,70$. Pleochroizm wyraźny: zielonawożółty równoległe do wydłużenia kryształów, bezbarwny w kierunku prostopadłym. Dyspersja bardzo silna: $r > v$.

Pod względem chemicznym różni się kuproskłodowskit od skłodowskitu zawartością miedzi. Minerał ten uważa się za wodny krzemian miedzi i uranu o składzie $\text{CuO} \cdot 2\text{UO}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, przypisując mu również wzór $\text{CuU}_2[\text{SiO}_4]_2[\text{OH}]_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

Kuproskłodowskit został znaleziony w szczelinie skały talkowej w miejscowości

Kalongwe. Występuje on również w towarzystwie minerałów chryzokolli (wodny krzemian miedzi) i malachitu (zasadowy węgiel miedzi).

Jako nowy minerał został opisany przez R. Nováčka [18] jachimowit (jachymowit), wykazujący tylko nieznaczne różnice w porównaniu z kuproskłodowskitem.

Analiza jachimowitu

SiO_2	13,40
UO_3	64,96
CuO	8,99
H_2O	11,72
	99,07

co odpowiada wzorowi $\text{CuO} \cdot 2\text{UO}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ lub $\text{CuU}_2[\text{SiO}_4]_2[\text{OH}]_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

W późniejszej jednak pracy autor ten uznał, że rzekomo nowy minerał z Jachymova jest identyczny z kuproskłodowskitem [19].

Powtórzona analiza nowej próbki dała w wyniku:

SiO_2	14,4
UO_3	64,7
CuO	9,0
Fe_2O_3	ślady
H_2O	12,1
	100,2

Również porównanie własności optycznych wykazało tylko drobne różnice ze skłodowskitem.

Kazimierz Maślankiewicz

LITERATURA

- [1] Schoep A., *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **173**, 1186 (1921).
- [2] Billiet V., *Natuurvet.*, T. 7, 112 (1926).
- [3] Palache C., *Am. Min.*, **19**, 309 (1934).
- [4] Schoep A., Leenheer L. de, *Soc. Belge de Geol.*, **46**, 309 (1936). (1936).

- [5] Palache C., Berman H., *Am. Min.* **18**, 20 (1933).
- [6] Ellsworth H. V., *Am. Min.*, **15**, 455 (1930).
- [7] Wernadski W., Chamié C., *C. R. Acad. Sci. Paris*, **178**, 1726 (1924).
- [8] Buttgenbach H., *Minéralogie du Congo Belge*, 1925.
- [9] Schoep A., *Mus. du Congo Belge, Ann. I — II*, 1930.
- [10] Schoep A., *C. R. Acad. Sci. Paris*, **179**, 413 (1924).
- [11] Schoep A., *C. R. Acad. Sci. Paris*, **173**, 1476 (1921).
- [12] Strunz H., *Mineralogische Tabellen*, 1941.
- [13] Schoep A., *Bull. Soc. Bel. Geol. Bruxelles*, **33**, 87 (1923).
- [14] Dana J. D., *The System of Mineralogy*, VII ed. I — II 1944, 1951, tłum. ros. *Sistéma Minieralogii*, Moskwa 1951 — 1954.
- [15] Betehtin A. G., *Minieralogii*, Moskwa 1950.
- [16] Katz J. J., Rabinowitch E., *The Chemistry of Uranium*, Part I. New York-Toronto-London 1951, tłum. ros.: *Chimija urana*, Moskwa 1954.
- [17] Vaes J. P., *Ann. Soc. Geol. Belg.*, **56**, 331 (1933).
- [18] Nováček K., *Věstník Král. České Spol. Nauk*, **2**, 36, (1935).
- [19] Nováček K., *Časopis Národního Musea, Praha*, **109**, 100 (1935).

T R E Ś Ć

Od Redakcji	3
Jan Dembowski — Przemówienie inaugurujące Sesję Naukową PAN poświęconą Marii Skłodowskiej-Curie w 20 rocznicę Jej śmierci	5
Irena Joliot-Curie — Życie i dzieło Marii Skłodowskiej-Curie	9
Eugenia Cotton — Moje wspomnienia o Marii Skłodowskiej-Curie	21
Irena Joliot-Curie — Co wnosi promieniotwórczość do poznania świata	24
Marian Danysz — Promieniowanie kosmiczne w badaniach cząstek elementarnych	31
Leon Rosenfeld — O modelach jądrowych	38
Jerzy Rayski — Zagadnienie systematyzacji cząstek elementarnych	42
Engelbert Broda — Nowe prace nad otrzymywaniem i zastosowaniami promieniotwórczych związków węgla	47
Włodzimierz Baranow — Odkrycie promieniotwórczości przez Marię Skłodowską-Curie i rozwój radiogeologii w ZSRR	59
Antoni Lacassagne — Zastosowania radu w biologii i medycynie	65
Franciszek Łukaszczyk — Znaczenie prac Marii Skłodowskiej-Curie dla medycyny	70

KRONIKA NAUKOWA

Ignacy Złotowski — Stała wystawa poświęcona życiu i pracy Marii Skłodowskiej-Curie	85
Przemysław Zieliński — IV Ogólnopolska Konferencja Fizyków	88
Lech Stolarczyk — II Teoretyczna Konferencja Chemików Polskich	92
Kazimierz Maślankiewicz — XXVII Zjazd Polskiego Towarzystwa Geologicznego	97
Józef Werle — Konferencja Fizyki Jądrowej w Glasgow 1954 r.	98
Wilhelmina Iwanowska — Wyprawa astronomów polskich do Związku Radzieckiego na obserwacje całkowitego zaćmienia Słońca.	101
Jerzy Janik — Wrażenia z pobytu na zjeździe międzynarodowym i z wizyty w laboratoriach fizycznych w Norwegii i w Szwecji	105

RECENZJE

Andrzej Sottan — „Prace Marii Skłodowskiej-Curie“	108
Henryk Niewodniczański — Maria Skłodowska-Curie: „Promieniotwórczość“	109
Kazimierz Maślankiewicz — Maria Skłodowska-Curie: „Piotr Curie“	110

<i>Olgiert Wotczek</i> — „Wkład Marii Skłodowskiej-Curie do nauki“	112
<i>Olgiert Wotczek</i> — Irena Joliot-Curie: „Naturalne pierwiastki promieniotwórcze“	116

MISCELLANEA

<i>Kazimierz Maślankiewicz</i> — Uranowe minerały curit, skłodowskit i kuproskłodowskit	119
---	-----

Cena zł 9.—