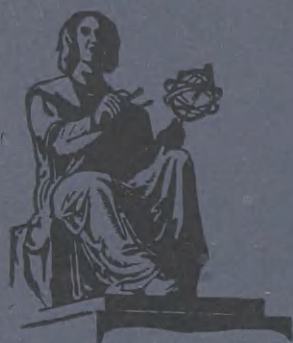


Polskie Towarzystwo Przyrodników
im. KOPERNIKA

KOSMOS

Seria B
PRZYRODA NIEOŻYWIONA



ROK V

ZESZYT 2 (18)

WARSZAWA 1959

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

POLSKIE TOWARZYSTWO PRZYRODNIKÓW
im. KOPERNIKA

K O S M O S

Seria B: PRZYRODA NIEOŻYWIONA



ROK V

WARSZAWA 1959

ZESZYT 2 (18)

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

Redaktor Naczelny
LEOPOLD INFELD

Zastępca Red. Naczelnego
KAZIMIERZ MAŚLANKIEWICZ

Członek Komitetu Redakcyjnego
JÓZEF HURWIC

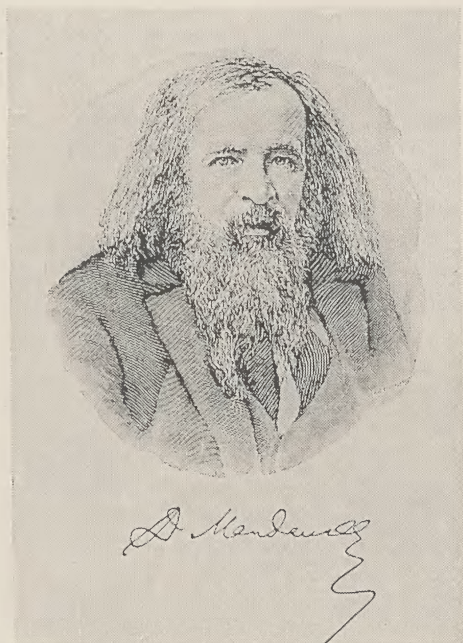
Sekretarz Redakcji
ROMAN ŻELAZNY

Adres redakcji: Warszawa, ul. Hoża 69

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE — DZIAŁ CZASOPISM
WARSZAWA, MIODOWA 10

Nakład 740 + 130	Oddano do składu 9.III.59
Ark. wyd. 6,5, druk. 5,25	Podpisano do druku 26.V.59
Papier rotogr. kl. III, 80 g. 70×100	Druk ukończono w czerwcu 1959
Cena zł 15.—	Zam. 112 W-10

WARSZAWSKA Drukarnia Naukowa, W-wa, Śniadeckich 8



Józef Hurwic

UKŁAD OKRESOWY PIERWIASTKÓW CHEMICZNYCH I JEGO TWÓRCA

W 125 ROCZNICĘ URODZIN MENDELEJEWA I 90 ROCZNICĘ OGŁOSZENIA
UKŁADU OKRESOWEGO PIERWIASTKÓW

125 lat temu, 8 lutego 1834 r. w rodzinie dyrektora gimnazjum w Tobolsku, głównym wówczas mieście Syberii, przyszedł na świat Dymitr M e n d e l e j e w. W tym samym roku ojciec Dymitra stracił wzrok, wskutek czego musiał opuścić pracę i przejść na szczupłą emeryturę. Troska o byt bardzo licznej rodziny spadła na barki matki. Dla poprawienia sytuacji materialnej objęła ona kierownictwo huty szkła, której właścicielem był jej brat. Huta mieściła się w odległości 25 km od Tobolska. Tam przyszły uczoney spędził dzieciństwo.

Już w najwcześniejszych latach z zainteresowaniem obserwował procesy przebiegające w hucie szkła. Te dziecinne obserwacje głęboko zapadły mu w umysł i pamięć i nierzadko później korzystał z nich, rozwiązując skomplikowane zagadnienia fizyki i chemii. Interesował się też przyrodą żywą, ciekawiła go praca w polu. Już wtedy zaczęło go nurtować znaczenie nawozów w rolnictwie. Nic nie uchodziło uwagi żywego i zdolnego dziecka.

Mając pięć i pół roku czytał i pisał. W wieku lat siedmiu, tj. o rok wcześniej niż wymagały ówczesne przepisy, został oddany do gimnazjum w Tobolsku. W latach gimnazjalnych duży wpływ wywarło na niego obcowanie z dekabrystami — elitą intelektualną Rosji tamtych czasów, którzy przebywając na zesłaniu na Syberii często odwiedzali dom jego rodziców.

Po ukończeniu w 1849 r. gimnazjum wstąpił w 1850 r. na wydział filozoficzno-matematyczny Głównego Instytutu Pedagogicznego w Petersburgu. Mimo wątłego zdrowia z uporem i pracowitością poświęcił się studiom, wykazując już od początku niezwykle zdolności. Instytut ukończył ze złotym medalem.

Po otrzymaniu w 1855 r. dyplomu miał obowiązek kilka lat odpracować na państwowej służbie pedagogicznej. Został więc nauczycielem, najpierw w Symferopolu, potem w Odessie. Nie zaniedbywał jednak przy tym działalności naukowej. Za rozprawę o objętościach właściwych użył skał w 1856 r. na Uniwersytecie Petersburskim stopień magistra, a w 1857 r. obronił tamże pracę habilitacyjną na temat budowy związków

krzemowych. W 1859 r. został delegowany na 2 lata na studia uzupełniające za granicę.

Podróż odbył przez Warszawę i Kraków. Ze szczególnym zainteresowaniem zwiedził kopalnię soli w Wieliczce. Pełen żądzy wiedzy i wrażeń zajechał też do Wenecji, choć nie leżała ona bynajmniej na trasie zamierzonej podróży. We Włoszech interesował się wulkanami a jednocześnie zachwycał się zabytkami kultury starożytnego Rzymu. Specjalnie pociągał go jednak Paryż. Udał się więc do nadsekwańskiej stolicy. Tam zawarł znajomość z najwybitniejszymi chemikami francuskimi tych czasów, między innymi z Dumasem. Wiele czasu spędził w Luwrze na oglądaniu dzieł sztuki. W Paryżu jednak nie pozostał. Zakupił tu jedynie aparaturę i pojechał do Heidelbergu.

Była tu liczna kolonia rosyjska, rekrutująca się ze sfer naukowych i artystycznych, wśród której młody Mendelejew szybko zdobył sobie wielki mir. Zaprzyjaźnił się m.in. ze znanym fizjologiem rosyjskim Sieczelowem i z chemikiem Borodinem, który zasłynął później raczej jako kompozytor, a głównie jako twórca opery „Książę Igor”.

W Heidelbergu zetknął się Mendelejew z Koppe, Erlennmeyerem, Bunsenem, Kirchhoffem i innymi wybitnymi chemikami niemieckimi. Tutaj poświęcił się pracy w dziedzinie chemii. Interesował się głównie zagadnieniami sił spójności między cząsteczkami cieczy.

Po powrocie do Rosji od razu rzucił się w wir wytężonej działalności pedagogicznej i badawczej. O pracowitości Mendelejewa świadczy np. fakt, że w 1861 r. w ciągu 3 miesięcy napisał oryginalny, pierwszy w języku rosyjskim, podręcznik chemii organicznej, o objętości około 35 arkuszy druku, wykonując jednocześnie inne prace.

W 1864 r. został profesorem chemii w Instytucie Technologicznym w Petersburgu, co go zbliżyło do zagadnień przemysłu chemicznego. Po obronie pracy doktorskiej na temat połączeń alkoholu z wodą został w 1865 r. powołany na profesora zwyczajnego chemii technicznej na Uniwersytecie Petersburskim. W 1867 r. objął tam katedrę chemii nieorganicznej po Woskresjenskim.

Lata te stanowiły szczególnie płodny okres twórczości Mendelejewa. W końcu 1868 r. i na początku 1869 r. napisał swoje słynne *Osnowy chīmii* (Zasady chemii). W tym okresie (1869 r.) dokonał swego największego odkrycia, mianowicie odkrycia prawa okresowości pierwiastków chemicznych.

Zestawiając masę atomową pierwiastków chemicznych z innymi ich właściwościami, Mendelejew doszedł do stwierdzenia okresowości cech, np. wartościowości, gęstości, objętości atomowej, i na tej podstawie podał konsekwentną systematykę pierwiastków. 90 lat temu, 18 marca 1869 r. N. A. Mienszutkin w imieniu Mendelejewa podał do wiadomości pierwszy jej wariant na historycznym posiedzeniu Rosyjskiego Towarzystwa Chemicznego. W tymże roku praca została opublikowana. Do 1871 r. Mendelejew pracował nad udoskonaleniem swego układu.

Tablica Mendelejewa nie była oczywiście pierwszą próbą usystematyzowania pierwiastków chemicznych. Przed nim próby takie podejmowali, np. Döbereiner, Chancourtois, Lothar Meyer, Newlands. Poprzednicy Mendelejewa próbowali jednak grupować pierwiastki tylko

na podstawie podobieństw. Mendelejew natomiast powiązał wszystkie znane wówczas, a także i nieznanne pierwiastki w jeden system uwzględniający nie tylko podobieństwa, lecz i różnice. Właściwości pierwiastka, a zwłaszcza jego chemizm, skojarzył w sposób jednoznaczny z jego miejscem w układzie okresowym.

Zwraca następnie uwagę szczupłość materiału, z którego Mendelejew wysnuł swą głęboką koncepcję. W 1869 r., kiedy Mendelejew ogłosił pierwszą wersję swego układu, znano zaledwie 64 pierwiastki. Przy tym w ich liczbie znajdował się dydym, który okazał się później mieszaniną prazeodymu i neodymu, pod nazwą zaś erbu figurowała mieszanina rzeczywistego erbu i później wydrebnionego itru.

Za podstawę klasyfikacji przyjął Mendelejew masę atomową. Tam jednak, gdzie była kolizja między masą atomową a innymi właściwościami, wiedziony genialną intuicją, pierwszeństwo oddawał chemizmowi. Wbrew masom atomowym umieścił kobalt przed niklem i tellur przed jodem. Usiłował nawet, jak się okazało — na ogół słusznie, kwestionować niektóre podawane w ówczesnej literaturze wartości mas atomowych oraz wartościowości. Poprawił np. wartość mas atomowych itru i ceru, podwoił masę atomową uranu. Ind, który dotąd uważano za dwuwartościowy, Mendelejew uznał słusznie za trójwartościowy itd.

Opierając się na całokształcie chemicznego zachowania się pierwiastków Mendelejew pozostawił nawet w swej tablicy kilka pustych miejsc, które przeznaczył dla pierwiastków wtedy jeszcze nie odkrytych. Co więcej: nie tylko przewidział istnienie nie znanych jeszcze pierwiastków, lecz na podstawie ich położenia w układzie okresowym opisał ich właściwości. Ze szczególną dokładnością zrobił to w stosunku do trzech pierwiastków, które nazwał ekaglinem, ekaborem i ekakrzemem, a które odkryto jeszcze za jego życia.

Warto przypomnieć, że publikacja Mendelejewa z 1871 r., w której dokładnie opisał on właściwości tych pierwiastków, spotkała się z niedowierzaniem współczesnych. Jakież jednak było zdumienie świata naukowego, gdy zaledwie w cztery lata później Lecoq de Boisbaudran odkrył nowy pierwiastek, który nazwał galem, i przekonano się, że pierwiastek ten ma właściwości, jakie Mendelejew przepowiedział dla ekaglinu. Mendelejew nie tylko natychmiast po ukazaniu się komunikatu o odkryciu francuskiego uczonego stwierdził według opisanych przez Boisbaudrana właściwości, że gal jest identyczny z ekaglinem, ale również zaznaczył, że niektóre właściwości nowego pierwiastka chemik francuski podał niedokładnie, a innych nie zauważył. Po miesiącu Boisbaudran doświadczałnie potwierdził słuszność i tych uwag Mendelejewa.

Po upływie dalszych czterech lat Nilson i Clève odkryli skand, którego właściwości pokrywają się z właściwościami przewidzianymi przez Mendelejewa dla ekaboru. Rok 1886 przyniósł Mendelejewowi nowy sukces: Winkler odkrył german, który okazał się identyczny z przepowiedzianym przez Mendelejewa ekakrzemem.

Te przepowiednie Mendelejewa, obok przepowiedzenia przez Leveriera istnienia planety Neptuna na podstawie obserwacji ruchu Urana, obok przepowiedzenia przez Diraca istnienia pozytonu, czy przez Yukawę — mezonu, należą do najwspanialszych tryumfów teoretycznej myśli naukowej.

Mendelejew przewidział istnienie jeszcze innych pierwiastków, nie opisał jednak tak dokładnie ich właściwości, jak w poprzednich trzech przypadkach. Pierwiastki te również odkryto, lecz już nie za życia Mendelejewa. Są to: ren, technet i astat. Po odkryciu w 1894 r. przez Rayleigha i Ramsaya w powietrzu argonu zdawało się, że dla pierwiastka tego nie ma miejsca w układzie okresowym. Odkrycie jednak następnie helu wskazało, że istnieje cała grupa pierwiastków podobnych do argonu. Odkrywca helu Ramsay kierując się metodą Mendelejewa opisał oczekiwane właściwości pierwiastka gazowego, który powinien był zająć miejsce między helem a argonem. Pierwiastek ten wkrótce istotnie odkrył i nazwał neonem. I prawie równocześnie odkryto dalsze analogi argonu: krypton i ksenon. W tablicy Mendelejewa znalazło się dla gazów szlachetnych, o których istnieniu nie wiedział Mendelejew przy jej układaniu, miejsce w postaci grupy zerowej. Nie pozostały również poza tablicą transurany, odkryte w ostatnich latach.

Różne teorie wraz z poznawaniem nowych faktów wymagają wprowadzania poprawek albo ustępują nowym poglądom. Układ okresowy pierwiastków należy do tych tworów myśli ludzkiej, które się nie starzeją, lecz wręcz przeciwnie, krzepną w miarę postępu nauki. Ma on dziś piękną, harmonijną budowę, obejmującą wszystkie znane pierwiastki. Przy tym szereg niedawno wprowadzonych do nauki nowych wielkości fizykochemicznych, jak np. promienie jonowe, wykazuje ścisłą periodyczność, zgodnie z prawem Mendelejewa. A. Kapustinski wykazał, że taką samą okresowość przejawia entropia substancji prostych. A. Niesmiejajnow udowodnił, że właściwości związków metaloorganicznych pozostają w ścisłym związku z położeniem danego metalu w układzie okresowym pierwiastków.

W literaturze naukowej można spotkać różne modyfikacje układu Mendelejewa, np. spiralne (płaskie i przestrzenne) wskazujące na przechodzenie danego okresu w następny. W istocie rzeczy wszystkie te modyfikacje różnią się od tablicy Mendelejewa tylko ujęciem graficznym.

Do ciekawszych przykładów należy jedna z modyfikacji spiralnych podana przez Tomkeieffa (1954). Spirala przechodzi poprzez wszystkie pierwiastki od neutronu do aktynowców. Na otrzymanym wykresie Tomkeieff kreśli izolinie łączące punkty odpowiadające pierwiastkom o tej samej wartości jakiejś cechy, np. gęstości, twardości minerałów starzających proste tlenki czy przeciętnej zawartości danych pierwiastków w meteorytach. Powstaje w ten sposób mniej lub więcej prawidłowy obraz przypominający mapę warstwicową.

Należy podkreślić, że układ swój Mendelejew opracował wtedy, gdy wielu uczonych kwestionowało samo istnienie atomów, a złożonej budowy atomu w dzisiejszym rozumieniu nikt nawet nie przeczuwał.

Układ okresowy stał się nicią przewodnią w poszukiwaniu nowych pierwiastków, w badaniach geochemicznych, radiochemicznych, przyczynił się do rozbudowania współczesnej fizyki atomowej i jądrowej. Z drugiej strony, odkrycia nowoczesnej fizyki i chemii pozwoliły uzasadnić teoretycznie układ okresowy i pogłębić go.

Po odkryciach Moseleya (1913 r.) liczba porządkowa Z przestała być związana z przypadkową raczej średnią masą atomową plejady izotopów, a została związana z liczbą protonów w jądrze atomowym i uzyskała

obiektywne kryteria doświadczalne, np. w widmie rentgenowskim. Można teraz było stwierdzić bezspornie, że nie ma pierwiastków między wodorem i helem, ustalić pozycję w układzie i liczbę pierwiastków ziem rzadkich, podać liczbę pierwiastków między wodorem i uranem.

Periodyczność znajduje uzasadnienie w mechanice kwantowej. Cały układ okresowy pierwiastków da się obecnie wydedukować z zasad mechaniki kwantowej. Wystarczy oprzeć się na zasadzie Pauliego, regule Hunda oraz uwzględnić warunki energetyczne.

Stan stacjonarny elektronów w atomie określają 4 liczby kwantowe:

1. główna, która może przybierać dowolne wartości naturalne $n = 1, 2, 3, 4, \dots$;
2. poboczna, która może przybierać wartości całkowite nieujemne $l = 0, 1, 2, \dots, n - 1$;
3. magnetyczna m , która może przybierać wartości całkowite od $-l$ do l ;
4. spinowa $\sigma = \pm 1/2$.

Stan scharakteryzowany przez 3 pierwsze liczby kwantowe nazywamy orbitalem.

Różne możliwe orbitale i ich liczbę (do $n = 3$) przedstawia poniższa tablica.

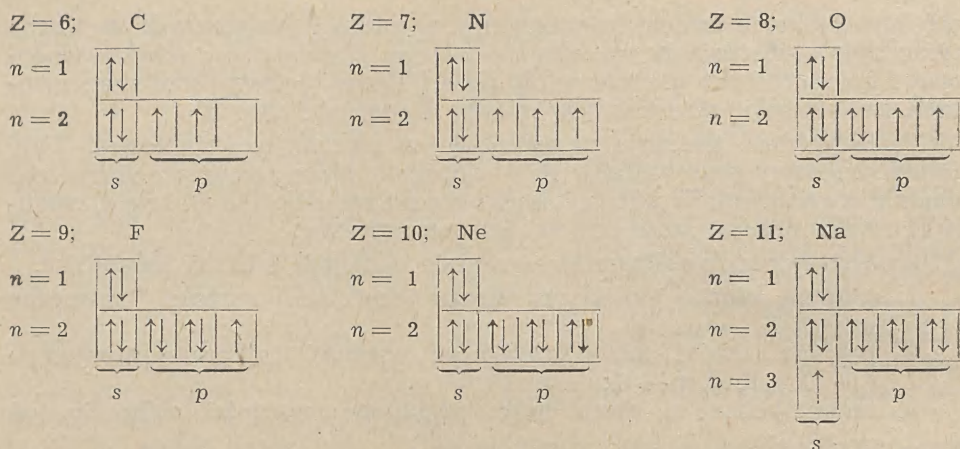
Tablica 1

n	1		2				3										
l	0		0		1		0		1			2					
m	0		0		-1	0	1	0		-1	0	1	-2	-1	0	1	2
Orbitale	1s	2s	2p ³				3s	3p ³				3d ⁵					

W symbolu orbitalu liczba na początku oznacza wartość głównej liczby kwantowej, litera charakteryzuje wartość pobocznej liczby kwantowej (s odpowiada $l = 0$, p odpowiada $l = 1$, d odpowiada $l = 2$ itd.), liczba zaś u góry po prawej stronie symbolu wyraża liczbę orbitali danego typu.

Budowę powłoki elektronowej danego atomu w stanie podstawowym otrzymamy wypełniając stopniowo w kolejności rosnącej energii wszystkie orbitale aż do wyczerpania elektronów. Przy tym, według zasady Pauliego, w jednym orbitalu mogą być najwyżej dwa elektrony. Orbital będziemy symbolizowali kwadracikiem, elektron — strzałką; zwrot jej wskazuje znak spinu. Według reguły Hunda, wypełnienie orbitali elektronami jest najkorzystniejsze energetycznie wtedy, gdy liczba elektronów ze spinami swobodnymi, tj. elektronów niesparowanych, czyli nie połączonych w pary, w obrębie danej wartości pobocznej liczby kwantowej l jest największa. Wypełnienie orbitali w atomach poszczególnych pierwiastków w stanie podstawowym jest więc następujące:

$Z = 1;$	H	$Z = 2;$	He	$Z = 3;$	Li	$Z = 4;$	Be	$Z = 5;$	B
$n = 1$	$\boxed{\uparrow}$	$n = 1$	$\boxed{\uparrow\downarrow}$	$n = 1$	$\boxed{\uparrow\downarrow}$	$n = 1$	$\boxed{\uparrow\downarrow}$	$n = 1$	$\boxed{\uparrow\downarrow}$
	s		s	$n = 2$	$\boxed{\uparrow}$	$n = 2$	$\boxed{\uparrow\downarrow}$	$n = 2$	$\boxed{\uparrow\downarrow} \quad \boxed{\uparrow} \quad \boxed{} \quad \boxed{}$
				s		s			s p



Jeżeli uwzględnimy, że początek zapełniania orbitali o kolejnej dalszej wartości głównej liczby kwantowej rozpoczyna nowy okres, otrzymamy układ okresowy w postaci, w jakiej podał go Linus Pauling (tablica 2).

Jest to chyba najgłębsze, bo wzbogacone interpretacją kwantowo-mechaniczną, ujęcie układu okresowego. Odzwierciedla ono najlepiej chemizm poszczególnych pierwiastków. Daje więc pełne uzasadnienie zdania przedwcześnie wypowiedzianego w ubiegłym stuleciu przez Béguyera de Chancourtois: *Les propriétés des corps sont les propriétés des nombres* (Właściwości ciał są właściwościami liczb).

Należy jednak zaznaczyć, że mechanika kwantowa nie zawsze potrafi ustalić kolejność zapełniania wolnych orbitali w atomach. Od początku układu do argonu włącznie ($Z = 18$) elektrony zajmują wszystkie orbitale o najmniejszych możliwych wartościach n i l . U następnego pierwiastka — potasu — pozostają niezapełnione orbitale $3d$, pojawia się zaś elektron w orbitalu $4s$. To odstępstwo od kolejnego zapełniania orbitali kończy się na niklu ($Z = 28$). Od miedzi ($Z = 29$) do kryptonu ($Z = 36$) orbitale zapełniają się we „właściwej” kolejności. Od rubidu zaś ($Z = 37$) do końca układu mamy ponowne zakłócenie tej kolejności. Mechanika kwantowa nie potrafi dać odpowiedzi, dlaczego istnieją dwa okresy po 8 pierwiastków, nie zaś jeden, dlaczego istnieją dwa okresy po 18 pierwiastków, nie zaś jeden. Te zastrzeżenia nie przeczą jednak wielkiej doniosłości mechaniki kwantowej.

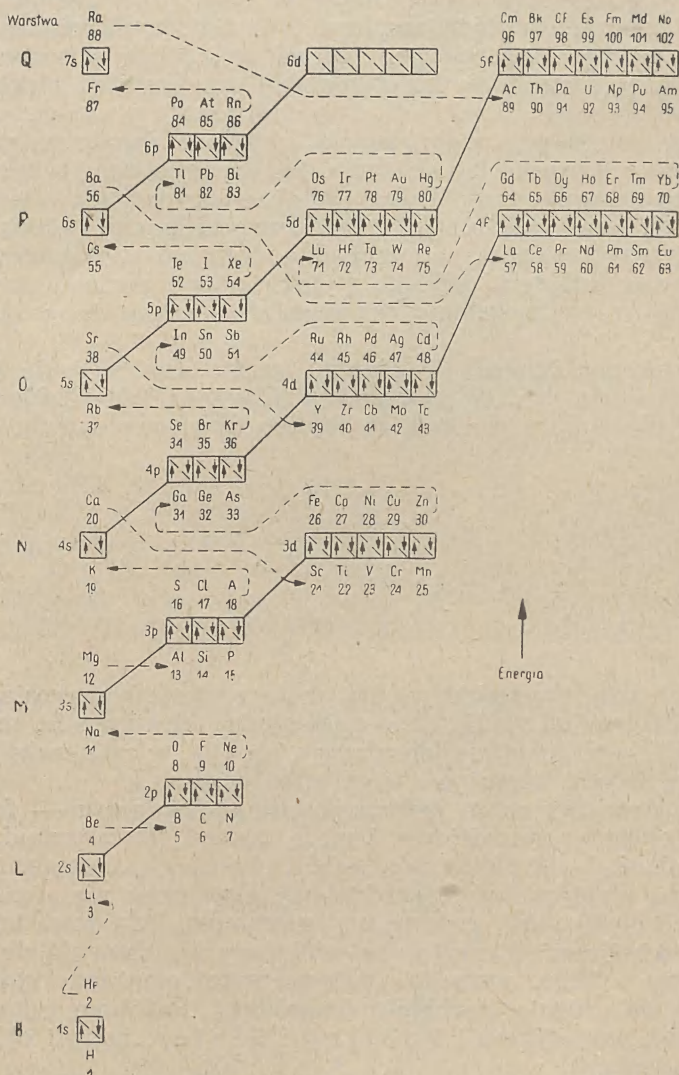
Z układu okresowego w interpretacji mechaniki kwantowej można odczytywać wartościowość pierwiastka, kąt między wiązaniami, a więc stereochemię różnych typów związków itd.

Wiązanie atomowe tworzy para elektronów wartościowości (walencyjnych) o antyrównoległych spinach. O wartościowości (spinowej) decyduje więc liczba elektronów niesparowanych. A zatem zgodnie z rozkładem elektronów w orbitalach pierwsze jedenaście pierwiastków powinno mieć wartościowość następującą:

H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na
1	0	1	0	1	2	3	2	1	0	1

Zgadza się to z doświadczeniem chemicznym z wyjątkiem berylu, boru i węgla (oraz ich analogów w dalszych okresach), które w rzeczywistości

T a b l i c a 2

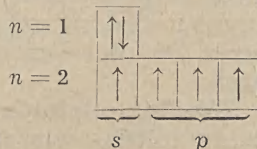
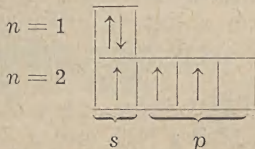
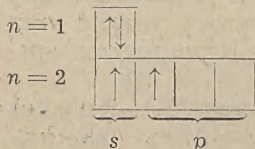


mają wartościowości odpowiednio: 2, 3 i 4. Powyższe rozważania dotyczyły stanu podstawowego, wymienione zaś pierwiastki występują w związkach w stanie wzbudzonym. Wzbudzenie polega na przeniesieniu jednego z elektronów s do pustego orbitalu p . Konfiguracja elektronów w atomach wzbudzonych będzie więc taka:

Be*

B*

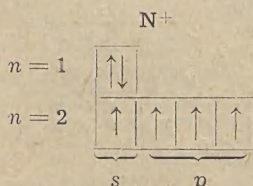
C*



Liczba niesparowanych elektronów, a więc i wartościowość wzrasta wtedy o 2, zgodnie z doświadczeniem. W świetle tych rozważań stają się zrozumiałe pewne fakty, których inaczej wyjaśnić nie można.

W stanie podstawowym beryl ma taki sam rozkład elektronów, jak hel. Nasuwa się więc pytanie, dlaczego nie można przez wzbudzenie helu, podobnie jak w przypadku berylu, otrzymać dwuwartościowego atomu. Wyrażna różnica jakościowa jest tu wynikiem tylko ilościowej różnicy energetycznej. Wzbudzenie bowiem berylu $s \rightarrow p$ odbywa się w obrębie tej samej wartości głównej liczby kwantowej elektronów wartościowości $n = 2 = \text{const}$, w przypadku zaś helu najniższe wzbudzenie wymagałoby podniesienia jednego z elektronów z poziomu $n = 1$ na poziom $n = 2$, co wymagałoby doprowadzenia znacznie większej ilości energii.

W starych publikacjach traktowano często azot w jonie amonowym jako pięciowartościowy. W rzeczywistości jest on tylko trójwartościowy. Jonoid N^+ ma budowę podobną do wzbudzonego atomu węgla.



Gdy atom wchodzi w stanie wzbudzone w połączenie z innymi atomami, wtedy w realizacji wiązania uczestniczą elektrony w różnym stanie, np. elektrony *s* i elektrony *p* (1, 2 lub 3). Następuje wtedy hybrydyzacja elektronów, tj. niejako uśrednienie chmur elektronowych. Osie ich, a więc kierunki wartościowości, są symetrycznie rozmieszczone w przestrzeni. A zatem w przypadku dwóch elektronów (hybrydyzacja typu *sp*) kąt wynosi 180° , tzn. odpowiednia cząsteczka ma strukturę liniową. W przypadku trzech elektronów (hybrydyzacja typu *sp*²) kąt między wiązaniami wynosi 120° , tzn. cząsteczka ma strukturę płaską. I wreszcie w przypadku czterech elektronów (hybrydyzacja typu *sp*³) wiązania skierowane są od środka czworościanu foremnego ku jego narożom, tworzą więc kąt $109^\circ 28'$.

W świetle tych rozważań staje się zrozumiałe, dlaczego analogiczne z punktu widzenia klasycznego cząsteczki SO_2 i CO_2 różnią się pod względem stereochemicznym i pod względem polarności. Pierwsza mianowicie ma strukturę kątową i jest wskutek tego dipolowa, gdyż wiązania σ (tj. wiązania utworzone przez chmury elektronowe, których osie skierowane są wzdłuż prostej łączącej wiążące się jądra) są tu realizowane przez elek-

Układ okresowy pierwiastków wg Seaborga. W czarnych prostokątach umieszczono symbole pierwiastków „syntetycznych”.

[illegible]

trony p^2 , druga zaś ma strukturę liniową i jest wskutek tego niedipolowa, gdyż wiązania σ realizowane są przez zhybrydyzowane elektrony sp .

Jak więc widzimy z przytoczonych przykładów, mechanika kwantowa bardzo wzbogaciła treść układu okresowego pierwiastków chemicznych. Układ ten w dzisiejszej postaci stał się wspaniałym uogólnieniem, najgłębszą podstawą teoretyczną chemii nieorganicznej. Chemia nie zasługiwałaby chyba na zakwalifikowanie do nauk ścisłych, gdyby nie rozporządzała układem okresowym.

Pewne wątpliwości budzi jeszcze sprawa pozycji transuranów w układzie okresowym. Ich liczby porządkowe (atomowe) są bezsporne, lecz nie jest definitywnie ustalony obraz budowy ich powłoki elektronowej. Seaborg, Ghiorso i cała w ogóle szkoła w Berkeley, zgodnie z przepowiednią Bohra z 1922 r., traktuje pierwiastki o liczbie atomowej od 90 do 103 włącznie jako analogi lantanowców i nazywa je aktynowcami. W przypadku lantanowców, poczynając od ceru ($Z = 58$), zaczyna się wypełniać głębsza warstwa $4f$, podczas gdy nie przybywają elektrony w warstwie $5d$, którą zapoczątkował lantan ($Z = 57$). Według poglądu Seaborga, poczynając od aktynu, podobnie przerwane zostaje wypełnianie orbitali $6d$, przybywające zaś elektrony umieszczają się w głębszej warstwie $5f$. Liczba elektronów w warstwie zewnętrznej, tj. elektronów wartościowości, pozostaje więc niezmieniona, wskutek czego aktynowce tworzą grupę pierwiastków o bardzo zbliżonych właściwościach tak jak zbliżone są do siebie właściwości wszystkich lantanowców.

A zatem, według Seaborga, struktura ostatnich warstw elektronowych pierwiastków VII okresu jest następująca:

87. Fr	88. Ra	89. Ac	90. Th	91. Pa	92. U	93. Np
$7s$	$7s^2$	$7s^2 6d$	$7s^2 6d 5f$	$7s^2 6d 5f^2$	$7s^2 6d 5f^3$	$7s^2 6d 5f^4$

94. Pu	95. Am	itd.
$7s^2 6d 5f^5$	$7s^2 6d 5f^6$	

Stąd wynika chemiczna analogia między następującymi pierwiastkami okresu VI i VII:

VI	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	...
VII	Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	103	104	...

Koncepcję aktynowców Seaborg wysunął w 1944 r., gdy poznano właściwości chemiczne neptunu i plutonu. Koncepcja ta pozwoliła przewidzieć właściwości dalszych transuranów i odkryć je (wytworzyć). Pierwiastka nr 96 (Cm), zdaniem Seaborga, w ogóle by nie odkryto bez oparcia się na analogii między aktynowcami i lantanowcami.

Warto przypomnieć może, jakimi ilościami transuranów rozporządzali do identyfikacji chemicznej odkrywcy. Kalifornu ($Z = 98$) otrzymano zaledwie 5000 atomów, tj. mniej niż wynosi liczba studentów Uniwersytetu Kalifornijskiego w Berkeley, jak dowcipnie zauważył Seaborg.

Ajnsztajn ($Z = 99$), odkryty w 1952 r. w produktach wybuchu próbnej bomby wodorowej „Mike” na Pacyfiku, jest — według Seaborga — ostatnim pierwiastkiem, który można otrzymać w ilości kilku tysięcy atomów. Pierwszą identyfikację fermu ($Z = 100$) przeprowadzono na 200 atomach. Mendelewu ($Z = 101$) otrzymano razem 17 atomów, wytwarzając w jednym doświadczeniu pojedyncze atomy.

Opierając się, przy przyjęciu koncepcji aktywnowców, na wynikającej z układu okresowego analogii między ajnsztajnem i holmem, fermem i erbem, mendelewem i tulem, można było mimo znikomej ilości tych transuranów zidentyfikować je chemicznie metodą chromatograficzną.

Mendelejew dał swoim układem możność przewidywania chemicznych właściwości pierwiastków jeszcze nie znanych, umożliwiając ich odkrycie. Dla uczczenia więc twórcy tego układu pierwiastek 101 odkrywcy nazwali mendelewem.

Należy zauważyć, iż mimo tryumfów koncepcji aktywnowców niektórzy badacze, a przede wszystkim M. Haïssinsky z Instytutu Radowego w Paryżu, wysuwają przeciwko niej pewne zastrzeżenia. Haïssinsky zwraca uwagę, iż całkowita analogia między pierwiastkami VI okresu i VII okresu zaczyna się dopiero od gadolinu ($Z = 64$) w VI okresie i kiuru ($Z = 96$) w VII. W związku z tym dzieli transurany na dwie grupy: uranowce od uranu ($Z = 92$) do ameryku ($Z = 95$) i kiurowce od kiuru do

T a b l i c a 4
Rozmieszczenie elektronów w atomach lantanowców i aktywnowców
wg W. Spicyna

	Lanta- nowce	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71
Warstwy elektronów	6s	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	5d	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1
	4f	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14
	7s	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	6d	2	1	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1
	5f	—	2	3	5	6	7	7	9	10	11	12	13	14	14
Akty- nowce	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	— 103	—

pierwiastka 103, przy czym ścisła analogia istnieje tylko między kiurowcami a lantanowcami 64—71. Na potwierdzenie swego poglądu Haïssinsky przytacza fakt, że u uranowców, w odróżnieniu od kiurowców i lantanowców, występuje wartościowość wyższa od 3, a mianowicie, że poczynając od fransu ($Z = 87$) aż do uranu wartościowość wzrasta regularnie od 1 do 6. Poszczególne uranowce znacznie różnią się między sobą właściwościami chemicznymi i dlatego, w odróżnieniu od kiurowców i lantanowców, można je łatwo oddzielać. W uranowcach miałyby zatem nie występować elektrony 5f, co potwierdzają wyniki badań doświadczalnych (magnetycznych, spektroskopowych i krystalograficznych) niektórych autorów,

np. W. Zachariasena. Gwoli ścisłości trzeba jednak zauważyć, że interpretacja tych wyników doświadczalnych nie jest bezsporna.

Tablica 5
Wartościowość lantanowców i aktynowców
wg W. Spicyna

Lanta- nowce	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71
Wstępująca wartościowość	3, 4	3, 4	3	3	3, 2	3, 2	3	3, 4	3	3	3	3	3, 2	3
	4, 3	5, 4, 3	6, 5	6, 5	6, 5	6, 5, 4	3, 4	3, 4	3	3	3	3		
			4, 3	4, 3	4, 3	3, (2)								
Akty- nowce	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	— 103

Zgodnie z rozważaniami B o h r a, orbitale 5f i 6d, jako bardzo oddalone od jądra, mało się różnią energetycznie. A więc w danym przypadku stan elektronów należałoby najprawdopodobniej scharakteryzować jako mieszany 6d—5f, przy czym w miarę przechodzenia od uranu do ameryku coraz wyraźniej dominuje charakter 5f.

Nasuwa się pytanie, na którym pierwiastku skończy się układ okresowy. Liczbę pierwiastków określa oczywiście granica trwałości.

F e r m i zwrócił uwagę, iż w miarę wzrostu liczby atomowej warstwa K (tj. dla $n = 1$) powłoki elektronowej coraz bardziej zbliża się do jądra, a więc coraz łatwiej odbywa się wychwyt elektronu przez jądro atomowe prowadzący do zmniejszenia liczby atomowej. Z obliczeń wynika, że jądra o liczbie atomowej wyższej niż 136 natychmiast w momencie wytworzenia przekształcałyby się w wyniku przemiany K (wychwytu elektronu) w jądra o mniejszej liczbie atomowej.

Wraz ze wzrostem liczby atomowej wzrasta też prawdopodobieństwo samorzutnego rozszczepienia; okres połowicznego zaniku szybko się zmniejsza. Przez ekstrapolację krzywej zależności okresu połowicznego zaniku od wielkości Z^2/A (gdzie A — liczba masowa, tj. łączna liczba nukleonów w jądrze atomowym), wynikającej z kropłowego modelu jądra, do zakresu natychmiastowego rozszczepienia, tj. zakresu, gdzie okres połowicznego zaniku jest rzędu 10^{-20} sec, dochodzi się do skrajnej wartości $Z^2/A = 47,8$. Musi być przy tym spełniony warunek dużej trwałości ciężkich jąder ze względu na rozpad β^- i β^+ : $N \cong 1,5Z$ (gdzie N jest to liczba neutronów w jądrze) i $A \cong 2,5Z$. Uwzględnienie tych wszystkich zależności prowadzi do skrajnych wartości: $Z = 120$, $A = 300$ i $N = 180$. A zatem jądra zawierające ponad 120 protonów i ponad 180 neutronów powinny ulegać natychmiastowemu rozszczepieniu. Układ okresowy pierwiastków powinien się więc kończyć około $Z = 120$. Należy jednak pamiętać, że wartość ta wynika z bardzo przybliżonych rachunków.

Dzięki zastosowaniu akceleratorów do przyspieszania jonów wielowartościowych (jąder pierwiastków cięższych): karbionów, nitrogenionów,

oksygenionów itd. aż do neonionów, uda się prawdopodobnie otrzymać wkrótce pierwiastek nr 103 (analog lutetu) i 104 (analog hafnu). W ten właśnie sposób otrzymano 2 lata temu nobel ($Z = 102$) przez bombardowanie kiuru karbionami. Z powodu sporów co do pierwszeństwa otrzymania pierwiastka 102 nazwa jego nie jest ostatecznie ustalona. Seaborg przypuszcza, iż w ciągu najbliższych kilku lat uda się tą drogą otrzymać pierwiastki do 108. Z tego pierwiastki do 105 powinny być dostatecznie trwałe, by można je było zidentyfikować chemicznie. Hipotetyczny pierwiastek 118 powinien być gazem szlachetnym.

Zauważmy jeszcze, że opracowano warstwowe (powłokowe) modele jąder atomowych; z modeli tych wynika periodyczność budowy jąder atomowych i trwałość pewnych ugrupowań nukleonów.

Uwzględnienie tego jeszcze bardziej wzbogaci dzieło Mendelejewa.

*

Układ okresowy pierwiastków jest wystarczającym tytułem do tego, by nazwisko jego twórcy na zawsze przeszło do literatury naukowej wszystkich narodów. Nie wyczerpuje to jednak bynajmniej bogatej działalności Mendelejewa w zakresie chemii. Badał on również roztwory, poświęciwszy tej dziedzinie więcej wysiłku niż pracom w innych dziedzinach, nie wyłączając opracowania układu okresowego. Mendelejewa fizykochemiczna teoria roztworów opierała się na założeniu o wzajemnym oddziaływaniu między substancją rozpuszczoną i rozpuszczalnikiem. Mendelejew pracował też w dziedzinie termochemii, katalizy, chemii pierwiastków ziem rzadkich, jest autorem węglkowej hipotezy pochodzenia ropy naftowej, interesował się zagadnieniami jej wydobywania, skonstruował aparat do ciągłej destylacji ropy, zajmował się materiałami wybuchowymi, fabrykacją sody, cukrownictwem, garbarstwem, olejarstwem, papiernictwem, metalurgią, górnictwem, zaproponował magnetyczną metodę poszukiwania rud żelaza, zwrócił uwagę na możliwość zastosowania amoniaku powstającego w koksośniach do produkcji nawozów sztucznych itd., itd. Na uwagę zasługuje splatanie się u niego teorii z praktyką w jednolitą całość. Do najbardziej genialnych pomysłów technologicznych Mendelejewa należy myśl zgazowania węgla pod ziemią.

Sława Mendelejewa jako chemika przyćmiła jego prace z innych dziedzin, wcale jednak nie zasługujące na lekceważenie. Mendelejew był również fizykiem, wybitnym przedstawicielem innych nauk przyrodniczych i nawet ekonomistą. Pracował w dziedzinie fizyki gazów, jest wynalazcą pewnego systemu pompy, manometru i wielu innych przyrządów.

Interesował się fizyką wysokich warstw atmosfery, położył ogromne zasługi dla rozwoju metrologii, kierując w ciągu ostatnich 15 lat swego życia Głównym Urzędem Miar i Wag w Rosji. Wszechstronny umysł Mendelejewa pociągały zarówno zjawiska zaćmienia Słońca jak i ruchy wahadła zegarowego, istota eteru kosmicznego jak i zagadnienia górnictwa i przemysłu czy zagadnienia komunikacji wśród lodów podbiegunowych. W spisie ponad 500 publikacji Mendelejewa nie brak nawet rozprawy o taryfach celnych i artykułu krytycznego o malarstwie.

Mendelejew gorąco propagował program uprzemysłowienia Rosji i modernizacji przemysłu rosyjskiego. Już na początku naszego stulecia wskazywał na konieczność wprzęgnięcia do tego celu Zagłębia Donieckiego,

Uralu i innych wschodnich okręgów. Nie tylko w dziedzinie chemii i technologii umiał wybiegać myślą daleko naprzód.

Mendelejew był całym kolektywem w jednej osobie. Wydane drukiem dzieła Mendelejewa składają się z 25 dużych tomów, nie obejmujących przy tym całej jego twórczości.

W 1876 r. został Mendelejew członkiem korespondentem Akademii Nauk w Petersburgu. W 1880 r. przepadł jednak w wyborach na członka rzeczywistego ku ogólnemu oburzeniu opinii publicznej. W 1890 r. wskutek konfliktu z ministrem oświaty zmuszony był nawet do rezygnacji z katedry na uniwersytecie w Petersburgu. Z dumą możemy za to przypomnieć, że geniusz Mendelejewa umiała wraz ze 100 największymi towarzyszami naukowymi świata ocenić Polska Akademia Umiejętności w Krakowie, która nadała genialnemu uczonemu tytuł członka rzeczywistego.

2 lutego 1907 r. w Petersburgu pełniąc funkcję dyrektora Głównego Urzędu Miar i Wag Mendelejew w wieku 73 lat zmarł wskutek zapalenia płuc.

Na wzmiankę zasługuje fakt, że jednym z asystentów Mendelejewa był Polak Józef Jerzy Boguski, późniejszy profesor Politechniki Warszawskiej. Boguski był ciotecznym bratem sławnej badaczki promieniotwórczości, Marii Skłodowskiej-Curie. Pierwsze kroki naukowe stawiała ona w Muzeum Przemysłu i Rolnictwa w Warszawie pod kierunkiem właśnie Boguskiego. Wielkie koncepcje Mendelejewa, na których oparła się w swych badaniach i które następnie pogłębiła, czerpała więc nie tylko z literatury, lecz również z barwnych opowiadań byłego asystenta Mendelejewa. Na przykład opracowana przez nią metoda wyodrębnienia radu opierała się na jego podobieństwie chemicznym do baru itd. Prawo przesunięć, pozwalając umieścić izotopy promieniotwórcze w układzie okresowym, wprowadziło jasność do świata przemian jądrowych. W dziedzinie radiochemii koncepcje Mendelejewa odgrywały i odgrywają szczególnie wybitną rolę.

Hugo Steinhaus

MATEMATYKA W CZORAJ I DZIS

(Wykład wygłoszony 6 października 1958 r. na inauguracji roku akademickiego 1958/9 Uniwersytetu Wrocławskiego)

Magnificencjo — Panie Ministrze — Wielce Szanowni Obecni!

Tradycja każe uroczystie otwierać rok akademicki, a jednym z jej wymogów jest wykład publiczny. Byłem świadkiem wielu inauguracyj, ale nigdy nie słyszałem na nich matematyka. Zwykle bowiem tę zaszczytną funkcję powierzano humanistom, najchętniej filozofom lub historykom, zwłaszcza historykom literatury, rzadziej przypadała ona prawnikom, czasem biologom lub lekarzom, nawet fizykom, ale nigdy matematykom. Kiedy Jego Magnificencja polecił mi wygłosić prelekcję inauguracyjną na ten rok akademicki, który w tej chwili rozpoczynamy, a który będzie naszym czternastym rokiem we Wrocławiu, zdałem sobie sprawę z tego, że dawne zwyczaje miały swoje racje. Dlatego wybrałem tytuł, który może się spodobać humanistom, jeżeli nie wszystkim, to przynajmniej historykom. Niestety — wyznaję to z żalem — sam nie jestem historykiem i może nigdy nie ośmieliłbym się mówić w tej auli o wczorajszej matematyce, gdyby nie to, że w lecie spotkałem za granicą młodego zoologa polskiego stypendystę, który zadał mi następujące pytanie:

„Dlaczego twierdzenia, których dowody znajdują matematycy dopiero dziś, nie zostały wprowadzone już dawno przez starożytnych?”

Z początku nie mogłem zrozumieć sensu tego pytania, ale po krótkiej wymianie zdań wyjaśniła się zagadka: Ów młodzieniec widział różnicę zasadniczą między biologią a matematyką w tym, że biologia ma coraz nowe metody: nową metodą stał się mikroskop, gdy go fizycy skonstruowali, mikrotom, gdy mechanika precyzyjna pozwoliła go zbudować, nową metodą stały się barwniki, gdy je odkryli chemicy. Toteż młody biolog, wiedząc, że matematyka nie może liczyć na taką pomoc zewnętrzną, która w biologii jest głównym motorem postępu, dziwił się, że w ciągu tysięcy lat matematyka nie wyczerpała wszystkich możliwości tkwiących w starożytnych koncepcjach i nie stała się wiedzą martwą, jak gramatyka zamierzchłego języka.

Chciałbym dziś odpowiedzieć na to pytanie, któremu pośrednio zawdzięczam tytuł wykładu, jednak wciąż obawiam się, że postawiłem sobie zadanie zbyt trudne: wykład o matematyce zaadresowany do publiczności, w której matematyce są znikomą mniejszością, nie może liczyć na rezonans audytorium — o ileż jest lepsza sytuacja humanisty już choćby dlatego, że mówi językiem powszechnym i o pojęciach mających modele

konkretnie... (Do jakiego stopnia nieznane są modele matematyczne przekonałem się z audycji pewnej stacji radiowej cieszącej się opinią poważnej. Egzaminowano w studio młodego rzemieślnika: nie wiedział, ile krawędzi ma sześcian, w odpowiedzi na co wszechwiedzący egzaminator dobrotliwie powiadomił jego i całą kulę ziemską, że jest ich 8...).

Zresztą rola matematyka jest szczególnie niewdzięczna, nie tylko, gdy mu każą mówić publicznie. I nie dlatego, żeby matematyka była zawiła i trudna, ale dlatego, że jest obca i daleka. Już fizyk lub chemik prędzej może spodziewać się oddźwięku u laików. Mamy we Wrocławiu ulicę Wróblewskiego; jeśli ktoś zapyta, czym zasłużył sobie krakowski uczony na to wyróżnienie, można mu odpowiedzieć, że to on pierwszy skroplił powietrze i że to odkrycie ma swoje praktyczne zastosowanie w dzisiejszych lodowniach, w których ogrzewa się amoniak, aby wywołać obniżenie temperatury — być może, że nie zrozumie, jakie drogi wiodą od eksperymentu Wróblewskiego do tej paradoksalnej konsekwencji praw termodynamiki, jaką jest dzisiejsza lodownia, ale zrozumie, o czym jest mowa i że słusznie dano ulicy nazwisko owego fizyka. Inaczej jest z ulicą Banacha. Z wyjątkiem nielicznych specjalistów nikt nie wie, czym się zasłużył Banach, a gdyby ktoś z przechodzących tą ulicą zapytał któregośkolwiek z matematycznych ekspertów, zapytany nie umiałby w żaden sposób znaleźć słów, które by trafiły do umysłu ciekawego przechodnia.

Wyobraźmy sobie, że ów przechodzień jest dziennikarzem i że niezrażony niepowodzeniem postanawia uzupełnić swoją kartotekę wycinkami z gazet polskich i obcych i wszelkimi informacjami przydatnymi do tego, żeby w krótkiej drodze dociec, kto i dlaczego ma prawo do tytułu matematyka — nie pogardzając, jak prawdziwy dziennikarz, żadną plotką i żadną niedyskrecją... Przeglądka „Mat.“ w jego kartotece urośnie szybko. Znajdzie się tam wiadomość oficjalna, że tego roku wszystkie uniwersytety polskie przyjmowały kandydatów na studia matematyczne bez żadnych ograniczeń, ale inne działy niemal wszystkie ograniczyły liczbę miejsc. Znajdzie się wycinek z kwartalnika *Kosmos B* informujący o liście, który wysłała z Krakowa młodzież pewnej szkoły ogólnej do Jerzego Zawieyskiego, członka Rady Państwa, z prośbą, żeby spowodował skasowanie nauki matematyki w szkołach, ponieważ matematyka zdaniem owych petentów nie jest do niczego potrzebna. A może trafi na komplet londyńskiego tygodnika *Observer* i wytnie wszystkie anonse fabryk poszukujących matematyków (znajdzie je w każdym numerze) i pomyśli sobie, że widocznie w Anglii mało jest matematyków, skoro ogłoszenia obiecują im doskonałe warunki. Wobec tego zainteresuje się podobnymi anonsami w naszej prasie i... nie napotka ani jednego. Ale znajdzie w dodatku do *Trybuny Ludu* wyjątki z traktatu Kotarbińskiego „o dobrej robocie“ i wytnie następujące zdanie: „...współczesne tendencje rozwojowe w przemyśle przesuwają wagę uzdolnień podmiotów działających w kierunku coraz większej intelektualizacji oraz supremacji bystrości myślowej i wiedzy nad sprawnościami przeważnie manipulacyjnymi“ — przeczytawszy to uczone sformułowanie, zastanowi się, czy wobec jego treści, mamy za dużo, czy za mało matematyków?

Chcąc zbadać bliżej tę zagadkę zacznie wertować informacyjne miesięczniki amerykańskie i znajdzie w *American Mathematical Monthly*

64 (1957) str. 557—566 artykuł o praktyce matematyki; R. E. Gaskell, autor artykułu powie mu, że ta praktyka zależy istotnie od publicznej opinii o tym, do czego jest matematyka i matematycy... „Na szczęście” pisze dalej p. Gaskell, „dużo matematyki dociera do rynków zbytu, ale i tak rozpowszechniona jest ignorancja co do tego, czym matematyka jest i co może. Nie tylko jest rozpowszechniona, ale u niektórych ludzi jest to intensywny, agresywny i zaraźliwy gatunek ignorancji... Można znaleźć takich, co mniemają, że matematykom łatwiej niż innym zapamiętać „co wyszło” w bridge’u, a drudzy znowu nie widzą różnicy między matematykiem a buchalterem. Inżynierowie i niektórzy specjaliści utożsamiają matematykę z wzorami, wykresami, schematami graficznymi i maszynami do rachowania...” Tyle pan Gaskell.

Idąc po tej drodze nasz szperacz napotka może przypadkiem charakterystykę Stefana Banacha, umieszczoną w r. 1946, a więc w rok po jego śmierci w *Biuletynie Amerykańskiego Towarzystwa Matematycznego* — jest ona krótka, ale trafna i ciekawa; zawiera niewiele zdań niezrozumiałych dla laika, ale właśnie te zdania kryją odpowiedź na pytanie, dlaczego po dziś dzień można w każdym miesięczniku poświęconym streszczeniom z aktualnych publikacji matematycznych znaleźć nazwisko Banacha; to dlatego, że tak zwane przestrzenie Banacha stały się koncepcją uniwersalnie przyjętą i wciąż powstają nowe prace na tle tej koncepcji. Niestrudzony dziennikarz zacznie szukać wobec tego sensacji personalnych i zainteresuje się autorem nekrologu, który umiał zebrać tyle wiadomości o lwowskim matematyku. Jeżeli będzie miał szczęście, może dotrze do felietonu w jednej z gazet amerykańskich, zatytułowanego *Scientist recognized late*, czyli *Uczony, którego uznano za późno*. Tym uczonym i autorem nekrologu jest Stanisław Ulam, uczeń Banacha; to o nim piszą że go uznano za późno. Ulam otrzymał po studiach na Wydziale Ogólnym Politechniki Lwowskiej stopień doktora, ale nie ta informacja amerykańskiej felietonistki zaciekawi naszego kolekcjonera wycinków, lecz inna — udzielona senatowi Stanów Zjednoczonych przez senatora Clintona P. Andersona, przewodniczącego komisji do badania propulsji w przestrzeni międzyplanetarnej: Ulam, a nie Edward Teller, jak mniemano dotychczas, wystąpił z pierwszą sugestią wiodącą do bomby wodorowej, a jego rolę ujawniono dopiero w roku 1957. Ci, już nieliczni, którzy widywali swego czasu w kawiarniach lwowskich Banacha z Ulamem rozmawiających całymi godzinami i objaśniających sobie nawzajem lakoniczne teksty symbolami kreślonymi naprędce ołówkiem na blacie stolika, czyż mogli przypuszczać, że jeden z nich weźmie 10 lat później odpowiedzialność za to, że pierwsza próba reakcji łańcuchowej na wielką skalę nie skończy się niczym i to dosłownie? Na pewno ani przygodni świadkowie rozmów, ani żaden z obu partnerów takiego biegu rzeczy nie przewidzieli... O czym mógł wtedy rozmawiać Banach ze swoim uczniem? Może o twierdzeniu Banacha-Tarskiego, iż można kulę tak rozłożyć na kilka części, żeby z nich złożyć większą kulę od pierwotnej? Jest to twierdzenie, które napewno dotąd nie znalazło żadnego zastosowania, a może nigdy nie znajdzie... Jakkolwiek wywołuje ono sprzeciw u każdego fizyka, to jednak da się wyprowadzić z zasad geometrii euklidesowej drogą logicznego rozumowa-

nia, nie różniącego się niczym od rozumowań używanych od wieków przez matematyków...

To przypomina nam znowu interpelację naszego zoologa; powtórzmy ją w groteskowym pytaniu: „Dlaczego Euklides nie znał twierdzenia Banacha-Tarskiego?”

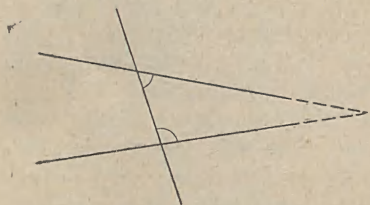
Euklides jest pierwszym matematykiem w wielkim znaczeniu tego słowa. Jest twórcą geometrii, tej geometrii elementarnej, której uczyły się dzieci rzymskich patrycjuszy od greckich nauczycieli z jego ksiąg, tej geometrii, którą w angielskich szkołach do niedawna nazywano po prostu „Euclid” (Euklides), którą nam wszystkim wbijano w głowy mniej lub więcej skutecznie i której skasowania domagają się dziś krakowskie żaki od Jerzego Zawieyskiego. Wobec tego warto zaglądnąć do ksiąg euklidesowych w oryginale, z należyтым respektem, bo spisane zostały 300 lat przed Chrystusem w Aleksandrii, która była wówczas centrum kultury hellenistycznej. Ich grecki tytuł jest *Stiocheia*, co łacińscy tłumacze oddali wyrazem *Elementa*. Zaczynają się od definicji, a potem następują aksjomaty, które dzielą się na dwie grupy: pierwsza z nich obejmuje *koinai ennoeiai*, czyli przez wszystkich uznane własności pewnych relacji zasadniczych — ta grupa przypomina podstawy dzisiejszej teorii zbiorów, druga zaczyna się od imperatywu *aitesthō*, co można wyrazić przez „należy przyjąć” albo też „przyjmijmy, że”, jak mówi się dzisiaj. Są to więc postulaty — ich wprowadzanie wykazuje, że Euklides pojął rolę konwencji, a nawet jej niezbędność u podstaw geometrii. Piętnaście ksiąg obejmuje kilkaset twierdzeń, z których każda jest logiczną konsekwencją definicji i aksjomatów: każde jest zaopatrzone w dowód. Jednak doskonałość euklidesowego systemu została wykazana dopiero przez dzisiejszą matematykę, a historia tego odkrycia jest fascynująca. Bo już starożytnym, a wśród nich wielkiemu Ptolemeuszowi, też aleksan-

dryczykowi, ojcu astronomii, nie podobał się postulat euklidesowy o równoległych: dwie proste w płaszczyźnie przecięte trzecią, z którą tworzą kąty o sumie mniejszej niż połowa kąta pełnego, przecinają się same po stronie tych kątów.

Uważano ten postulat, któremu później nadano nazwę XI-ego aksjomatu, za zbyt skomplikowany i za skazę *Elementów* —

nie był to pewnik oczywisty. To też próbowano go wywieść z pozostałych aksjomatów, ale zawsze uważni czytelnicy wykazywali błędy w tych próbach, które najczęściej polegały na wyprowadzeniu XI-ego aksjomatu dzięki nieświadomemu wprowadzeniu do układu jakiegoś nowego aksjomatu, z nim równoważnego. Aż do XIX w. trwały te bezowocne wysiłki, ale około roku 1825 trzech genialnych ludzi zdobyło, i to niezależnie od siebie, ów niedostępny szczyt geometrii. Byli to Gauss, Bolyai i młodszy Lobaczewski.

Rodzina Bolyaiów pochodziła z Siedmiogrodu i stamtąd przeniósł się na Węgry, do Maros-Vasarhely, Kaspar Bolyai de Bolya. Jego syn Wolfgang był niezwykle i uniwersalnie uzdolnionym dzieckiem. W XVIII wieku arystokracja siedmiogrodzka miała zwyczaj posyłania do Niemiec swoich synów na wyższe studia — dzięki pomocy baronów siedmiogrodz-



kich mógł zubożać Kaspar wysłać swego syna do Getyngi w królestwie hanowerskim. Wolfgang miał wtedy 21 lat, gdy tam zapoznał się z młodszym o dwa lata Gausssem. Gdy raz matka Gaussa zapytała Wolfganga, czym będzie w przyszłości jej syn Carl Friedrich, bez namysłu odpowiedział: największym matematykiem europejskim... Obydwa, Gauss i Bolyai zajmowali się już wtedy XI aksjomatem.

W kilka lat potem wrócił Gauss do Brunshwiku i pogrążył się w pracy, która zdobyć mu miała przydomek „księcia matematyków” i objęła prócz różnych dziedzin matematyki, mechanikę, teorię elektryczności, astronomię i geodezję, ale nie przyniosła mu niemal żadnego wynagrodzenia materialnego i wzbudziła niezadowolenie całej rodziny. Jego kolega Bolyai musiał wrócić do Maros-Vasarhely, żeby pracować na życie, został profesorem matematyki w tamtejszym kolegium, a potem jego rektorem. Przyjaźń z księciem matematyków trwała. Ale XI aksjomat stał się obsesją Wolfganga Bolyaia, który wciąż ponawiał próby dowodu i wciąż sam je obalał. W r. 1804 posłał Gaussowi swoją ostatnią wersję pod tytułem „Getyngieńska teoria równoległych” z prośbą o opinię. Gauss odpisał mu niebawem i bardzo przyjaźnie i szczerzotowo, że sam chciałby rozwiązać ów węzeł gordyjski, ale jego usiłowania wciąż są bezskuteczne, dowód zawarty w „getyngieńskiej teorii równoległych” uważa też za niedostateczny. Wskazuje, na czym polega błąd: chcąc dziś streścić zarzut Gaussa, wystarczy powiedzieć, że Bolyai użył tego samego rozumowania, z którego Zenon Eleata wywiódł, iż rączy Achilles nigdy nie doścignie powolnego żółwia.

Wolfgang miał syna, Jana. Z listów Wolfganga do Gaussa wiemy, że gdy 15-letni Jan ukończył kolegium w Maros-Vasarhely, już znał rachunek różniczkowy i całkowity i rozwiązywał analitycznie zadania z mechaniki. Mając 10 lat grywał pierwsze skrzypce w kwartetach klasycznych i komponował; był także doskonałym latynistą, jak ojciec. Marzeniem młodego Bolyaia było zostać w domu i poświęcić się matematyce, ale brak pieniędzy wskutek niegospodarności i różnych niepowodzeń ojca w sprawach majątkowych, zmusił Jana do skorzystania z pomocy: znowu udzielił jej jeden z możliwych siedmiogrodzkich przyjaciół rodziny obiecując płacić przez 4 lata chesne i koszty utrzymania młodzieńca w Wojskowej Akademii Inżynieryjnej w Wiedniu. Gdy Jan ją ukończył ze stopniem podporucznika, był świetnym oficerem. Wysoki brunet o ciemnoniebieskich oczach, wytrawny jeździec, najlepszy matematyk w Akademii, niezwykły fechtmistrz, co ścinał haki żelazne damasceńską szablą, był nieustanną troską ojca, który w swoich listach przestrzegał go przed pojedynkami i kobietami. Ale jeszcze usilniej przestrzegał go przed próbami dowodzenia XI aksjomatu. Oto wyjątek z listu pisanego w r. 1820: „Nie wchodź na tę drogę, ja znam ją aż do końca — ja też przemierzyłem tę noc bez dna, wszelkie światło, wszelka radość mego życia w niej zgasły — zaklinam Cię na Boga, zostaw w spokoju naukę o równoległych”. A kilka wierszy dalej: „...chciałem poświęcić się prawdzie, byłem gotów zostać męczennikiem, żeby tylko móc wręczyć rodzajowi ludzkiemu geometrię uwolnioną od tej plamy...”. A potem jeszcze: „tu tkwi korzeń moich wszystkich późniejszych błędów i niepowodzeń...”. A na końcu: „Słupy Herkulesa stoją w tych miejscach, nie idź ani o krok dalej, bo zginiesz...”

To była odpowiedź na list Jana, który właśnie w r. 1820 na wiosnę

doniósł ojcu z Wiednia o swoich próbach dowodu XI aksjomatu. Zakazy ojcowskie tylko podniecały ambicję młodego oficera, który postanowił zgłębić tajemnicę za wszelką cenę. W r. 1823 pisze na ćwiartce papieru: „...znalazłem tak wzniosłe rzeczy, że sam się zdumiewam... na razie nie mogę nic więcej powiedzieć, tylko tyle: że z niczego stworzyłem nowy, inny świat“. Gdy Jan odwiedził ojca w r. 1825 w Maros-Vasarhely, odkrycie absolutnej geometrii — tak ją nazwał Jan — było już dokonane. Potem nastąpiły rozczarowania. Pierwszym było to, że ojciec nie mógł zrozumieć, że jest nieskończenie wiele różnych geometrii, gdy się odrzuci XI aksjomat, i że pytanie, czy ten aksjomat jest prawdziwy czy fałszywy, nie ma sensu, gdyż zarówno on, jak i jego zaprzeczenie daje wraz z resztą aksjomatów system wolny od sprzeczności. Gdy Jana przeniesiono w r. 1830 z Temeszwaru, jego pierwszego garnizonu, do Lwowa, postanowił poddać swoją pracę ocenie Gaussa za pośrednictwem ojca, ale rękopis zaginął. Druga ulepszona wersja doszła w r. 1832 do Getyngi. Gauss odpowiedział, że praca zgadza się z jego własnymi medytacjami, które obejmują okres ostatnich 30 lat, i cieszy go, iż syn jego starego przyjaciela go uprzedził. W liście do innego przyjaciela nazywa Jana geniuszem pierwszej wielkości i przyznaje, że jego własne idee dalekie były od tej dojrzałości, jaką osiągnął Bolyai młodszy. Ale to nie zadowoliło nieograniczonej ambicji Jana; nie uwierzył, że Gauss pisze prawdę i podejrzewał, że własny ojciec go zdradził wydając przyjacielowi tajemnicę geometrii. To niedorzeczne podejrzenie oddaliło Jana od obu ludzi, którzy rozumieli problemat i jego doniosłość, nikt inny z otoczenia młodego Bolyaia nie mógł ich w tym zastąpić. Jan stał się samotnikiem, rosły jego pretensje do wszystkich, zwłaszcza do ojca, którego nawet wyzwał na pojedynek. W liście personalnej piszą jego przełożeni o jego wojskowej konduicie: „... w r. 1832 otrzymał wyrazy uznania za pewną broszurkę od radcy dworu Gaussa, jednego z największych matematyków... nadaje się na profesora matematyki...“ A dalej: „...skąpy w słowach, drażliwy, gwałtowny, unika towarzystwa oficerów, w służbie inżynierskiej bez gorliwości, namiętny szachista...“.

Spensjonowano go w r. 1833, dalsze jego losy, to historia samotnego człowieka, skłóconego z rodziną i otoczeniem: ze świetnego oficera stał się zrujnowanym dziwakiem, zdeklasowanym szlachcicem i awanturnikiem wytykanym palcami, a tylko skrzypce i matematyka ratowały go przed ostateczną rozpacą. Gdy umarł w Siedmiogrodzie w r. 1860, nikt tam nie wiedział, że zszedł do grobu jeden z największych bohaterów myśli.

Gdy mowa o matematyce wczorajszej i dzisiejszej, to należy uznać Wolfganga Bolyaia za reprezentanta wczorajszej, a jego syna za reprezentanta dzisiejszej matematyki podobnie jak Łobaczewskiego, który równocześnie z Gaussem i Bolyaiem młodszym odkrył nieeuklidesową geometrię; nieznanomość języka rosyjskiego na Zachodzie sprawiła, że prace Łobaczewskiego pisane w Kazaniu bardzo późno dotarły do Niemiec i dalej. Na czym polega geometria nieeuklidesowa? Nie jest to ani dowód twierdzenia, że w płaszczyźnie przez punkt obok prostej wiedzie tylko jedna do niej równoległa, ani też, że takich równoległych przez ów punkt jest więcej. Jan Bolyai wykazał właśnie w swoim dodatku do dzieła *Tentamen* Wolfganga Bolyaia, że zarówno twierdzenie o jedyności równoległej, jak o wielości równoległych jest zgodne z pozostałymi

aksjomatami Euklidesa i że słuszność miał Euklides umieszczając XI pewnik wśród postulatów. Gdyby był opuścił ów postulat, otrzymałby tak zwaną pangeometrię; gdyby go był zastąpił wielością równoległych, byłby otrzymał geometrię nieeuklidesową Bolyaia-Łobaczewskiego. Idąc dalej po tej drodze doszła dzisiejsza logika matematyczna w osobie Gödla do wykazania, że to, co Wolfgang Bolyai nazwał płamą na dziele Stwórcy wszechrzeczy, jest właściwością każdego układu aksjomatów: żaden taki układ nie jest zupełny, bo można w każdym skonstruować zdanie nierozstrzygalne.

Dlaczego odkrycie innych geometrii, które po dziś dzień nie jest znane nawet wykształconym ludziom, o ile nie są matematykami, należy uważać za decydujący stan w historii nauki?

Czy można przypisywać wagę takim odkryciom, które tylko z trudem można wytłumaczyć i to zaledwie ułamkowi procentu ludzi wykształconych? Geometria elementarna, którą skodyfikował Euklides, której można uczyć w szkołach ogólnych i przyswajać pokażnej frakcji młodzieży, nadaje się doskonale do opisywania zachowania się brył sztywnych i do tłumaczenia elementarnych zjawisk optycznych: podłożem euklidesowego dzieła jest zaczerpnięta z doświadczenia mnogich generacji lub nabyta w zaraniu życia wiedza o zachowaniu się takich brył, a aksjomaty euklidesowe są streszczeniem nabytej przez wzrok i dotyk wiedzy o przestrzeni. To główna przyczyna, dla której inną geometrię długo uważano za dziwoląg wymyślony przez uczonych w celu skomplikowania rzeczy prostych i zaciemnienia rzeczy jasnych.

Wśród nierozumiejących nowej geometrii znalazł się nawet austriacki fizyk i filozof Ernest Mach, który w ostatniej dekadzie XX wieku dał się poznać swoją krytyką pojęć i twierdzeń fizyki. To Mach pierwszy zdał sobie sprawę z tego, że sens twierdzeń fizyki redukuje się do obserwacji, a język fizyki powinien być taki, żeby każde zdanie dało się potwierdzić lub obalić doświadczalnie. O całą generację wcześniejszy od Macha Bernard Riemann w Getyndze posunął daleko geometrię nieeuklidesową i wierzył w możliwość takiej fizyki, do której stara geometria nie wystarczy. Niewątpliwie Albert Einstein był kontynuatorem Riemana i Macha. Wpływ Macha widać w odrzuceniu absolutnego czasu, to jest takiego, którego nie można określić doświadczalnie, a wpływ Riemanna objawił się w późniejszym dziele Einsteina w gotowości przyjęcia nieeuklidesowej geometrii, jeżeli ona ułatwi sformułowanie nowej fizyki. Jak wiadomo, tak zwana mała teoria względności wyjaśniła eksperyment Alberta Michelsona, który wykazał, że bieg ziemi koło słońca nie ma wpływu na zjawiska optyczne obserwowane w układach zwierciadeł i soczewek związanych z ziemią; ten eksperyment zadał cios koncepcji absolutnej przestrzeni. Ta teoria względności, której 50-lecie właśnie upływa, jest w fizyce taką rewolucją, jaką Bolyai i Łobaczewski wywołali w geometrii. Co z niej dotarło do szerokiego ogółu? Niemal nic, jeżeli pominąć pewien gatunek frazeologii: pomieszczenie czasu i przestrzeni w języku dziennikarzy, którego przykładem jest zwrot „na przestrzeni ostatnich lat“, to swoisty hołd złożony niedawno zmarłemu uczonemu, który, choć nie matematyk, zdobył sobie niezaprzeczone prawo do tego tytułu, jak to zaznaczono nadając mu nagrodę imienia Bolyaia. Ale nie tylko

w szkole ogólnej, lecz nawet na kursie uniwersyteckim fizyki trudno jest i będzie wpoić studentom zasady teorii względności.

Wiele linii wiodą od wczoraj do dziś, a my naszkicowaliśmy zaledwie zarys jednej, od Euklidesa przez Jana Bolyaia do dzisiejszej fizyki. Wśród licznych czytelników Euklidesa może najciekawszy był Blaise Pascal, którego wychowywano świadomie na wielkiego człowieka, tak jak wychowywano Turenniusza, Bolyaia młodszego i Stuarta Milla. Podobno sam doszedł jako dziecko do kilkunastu teorematów euklidesowych, za co otrzymał *Elementy* w podarunku. To w jego pismach znajdujemy alternatywę *esprit de géométrie* — *esprit de finesse*, która podkreśla różność ducha matematycznego i humanistycznego, ale on sam był przykładem spotkania się ich w jednym celu.

Pascal miał za młodu okres przebywania w towarzystwie graczy. W roku 1654 napisał do jednego ze swoich byłych kompanów list dotyczący gry w kości, dając przez to początek rachunkowi prawdopodobieństwa pomyślanemu jako teoria obliczania szans w grach hazardowych. Ten rachunek nabrał większego znaczenia dopiero wtedy, gdy użyto go do zupełnie innego modelu niż kostka do gry. Tym modelem jest rojowisko drobin, a tak właśnie wyobrażali sobie gaz J. Clerk Maxwell, Ludwik Boltzmann i Marian Smoluchowski. W ciągu półwiecza zakończonego wybuchem pierwszej wojny światowej ci trzej uczeni stworzyli tak zwaną kinetyczną teorię materii. Twierdzenia rachunku prawdopodobieństwa zastosowane do bezładu miliardów niewidocznych kuleczek materialnych dały te prawa, które znacznie wcześniej sformułowali fizycy jako właściwości gazów; otrzymali je oni bez matematyki z bezpośredniej obserwacji gazu zamkniętego w naczyniu i ściśniętego tłokiem lub ogrzewanego. O co chodziło? Po prostu o sprawdzenie termodynamiki i mechaniki, o pokazanie, że mechanika, która tak doskonale przewiduje bieg jednej olbrzymiej planety, zdoła równie dobrze przewidzieć trajektorie całego roju drobin zamkniętych w zbiorniku. Chciano od matematyki dowodu, że klasyczna mechanika Newtona jest uniwersalna. Wiadomo, że mechanika przewiduje bieg pocisku, gdy znane jest jego początkowe położenie i prędkość początkowa, ale taka informacja o każdej drobinie gazu jest nieosiągalna. Ponieważ jednak nie możemy obliczyć biegu każdej z biliona molekuł z osobna, a nawet gdybyśmy mogli, nie umielibyśmy z tego wysnuć żadnego ogólnego prawa fizyki, używamy rachunku prawdopodobieństwa do obliczenia średnich prędkości molekuł lub ich impulsu na tłok zamykający gaz w cylindrze. Ten sukces uzyskujemy dzięki tak zwanym prawom wielkich liczb i opłacamy go ukorzeniem się przed bożkiem, który z zielonego stolika graczy przeszedł na biurko teoretyki fizyki. Tym bożkiem jest tak zwany „przypadek“. W ciągu ostatnich 30 lat okazało się, że można się pokusić o wyeliminowanie owego nieokreślonego przypadku i bardzo daleko posunąć zmatematyzowanie rachunku prawdopodobieństwa. Być może, że uda się nawet ku uciesze ortodoksyjnych deterministów — całkowicie usunąć rachunek prawdopodobieństwa z fizyki klasycznej, jednak w nowej kwantowej fizyce tkwi on znacznie silniej. W każdym razie ta eliminacja jest rzeczą matematyków i ich jest rzeczą ewentualne wytłumaczenie, dlaczego jest nieosiągalna, jeżeli tak jest.

Ale od tego Pascala wywodzi się jeszcze druga linia. Są to maszyny do rachowania. Gdy Pascal zbudował taką pierwszą maszynę, była to inte-

resująca zabawka, bo nigdy nie weszła do praktyki. Słabą i to dosłownie słabą jej stroną były zęby. Nie umiano wtedy jeszcze rozwiązywać geometrycznego zagadnienia konturu metalowych zębów transmisyjnych i dlatego posługiwano się prymitywnymi kółeczkami umocowanymi w tarczy koła — takie palce łamią się przy szybkich obrotach. Gdy nauczono się wycinać zęby cykloidalne, można było zbudować maszynę rachunkową przydatną w praktyce — dziś jest to sprzęt bardzo rozpowszechniony. Ale inna technika przyszła z pomocą z nieoczekiwanej strony: lampy elektronowe. Lampka elektronowa w maszynie jest to po prostu kontakt, który przepuszcza prąd lub go przerywa. Żaden zwyczajny kontakt nie może zmienić swego stanu milion razy na minutę, ale lampka może, bo bezwładność elektronów jest znikomo mała w porównaniu z najlżejszymi elementami mechanicznymi. Do czego jest potrzebny taki pośpiech? Napewno nie jest potrzebny do rozwiązywania tych zadań rachunkowych, które wykonuje się dzień w dzień w biurach budowlanych lub w bankach. Potrzebny jest tam, gdzie istotą rachunku jest spiętrzenie. Najprostszym przykładem są tablice balistyczne. Łatwo jest obliczyć, gdzie znajduje się pocisk armatni w 1/100 sekundy po odpaleniu i jaką będzie miał prędkość przy uwzględnieniu oporu powietrza: określają to 4 liczby; używając jeszcze raz tych samych wzorów, można z tych 4 liczb znaleźć inne 4, które dają położenie i prędkość pocisku po następnej 1/100 sekundy — schemat rachunkowy jest ten sam. Powtarzając kilka tysięcy razy tę operację można podać cały tor pocisku. Ponieważ przy każdej elewacji tor będzie inny, będzie trzeba obliczać setki torów, aby uzyskać kompletną tablicę; właśnie do takiego zadania nadaje się szybka maszyna, która może w kilka godzin przeprowadzić wszystkie operacje, a to dlatego, że lampy mają zaletę szybkości, a przewody elektryczne mogą bezustannie przerzucać wyniki wyjściowe na wejście do maszyny.

Jaka jest rola matematyka, który dysponuje taką maszyną? Codziennym jego chlebem jest kodowanie takich zadań, jakie przed chwilą tu nakreślono — kodowanie jest to szyfrowanie rozkazów przez wybijanie dziurek w kartonie, bo tylko taki szyfr rozumie maszyna. Ale nowoczesne maszyny są uniwersalne — stąd powstają dla matematyka zadania innego typu, jak np. zakodowanie na maszynie instrukcyj pozwalających grać w szachy przeciw żywemu partnerowi — to zadanie zostało niedawno rozwiązane, choć niekompletnie, o czym jeszcze powiem kilka słów. Jaka problematyka rodzi się aktualnie z tych możliwości, widać z pewnego memoriału, jeszcze nieogłoszonego drukiem, a napisanego przez grupę matematyków na żądanie firmy IBM produkującej nowoczesne maszyny. Oto kilka pomysłów i sugestij, których nie cytuję zresztą dosłownie. Autorzy stwierdzają, że dotychczas używa się szybkich maszyn wyłącznie do zagadnień stawianych przez fizykę matematyczną lub przez technikę, przy czym bieg maszyny jest całkowicie zdeterminowany przez instrukcję zakodowaną i zawierającą plan postępowania. Jak wiadomo, człowiek ma inne możliwości: gdy widzi, że plan jest błędny, zmienia go w toku pracy. Memoriał wysuwa inny sposób, pośredni. Zamiast pozostawić maszynę samą sobie, możemy ją połączyć z myślącym człowiekiem, który widzi częściowe rezultaty już podczas biegu i modyfikuje dalszy bieg, a nawet logiczną strukturę problemu zmienia podczas rozwiązywania. Taką współpracę nazwano *synergesis* — jej przykładem jest współ-

praca szofera z autem, gdy dano mu plan miasta i drogę, a on patrząc na napisy zmienia szybkość jazdy, zwalniając tam, gdzie obawia się przeoczyć właściwe odgałęzienie lub numer domu... Gdy maszyna gra w szachy, można jej pozwolić na doradcę, który każe jej od czasu do czasu zbadać konsekwencje pewnego wariantu po kilku posunięciach, po czym sam wybiera definitywne posunięcie i znowu każe jej samej grać dalej. Jeden z autorów memoriału zakomunikował mi niedawno pomysł budowy maszyn, które w pewnych częściach są deterministyczne jak dotychczas, w innych probabilistyczne — niektóre lampki zmieniają zatem swój stan w sposób przypadkowy. Takie maszyny nadawałyby się doskonale do studiowania zjawisk, których przebieg zależy częściowo od sztywnych praw fizyki klasycznej, a częściowo od przypadku podlegającego prawom rachunku prawdopodobieństwa — takie sytuacje są dość częste w praktyce, np. w konstrukcjach budowlanych, których elementy podlegają zmienności losowej.

Nowoczesne maszyny są jedynym przykładem, w którym technika wywarła istotny wpływ na rozwój matematyki, a raczej na kierunek matematycznej pomysłowości. Ale jest to jedyny wyjątek, który przypomina to, co w biologii jest regułą: pomoc zewnętrzna, pomoc aparatury. Wielki nurt matematyki jest autonomiczny, a na pytanie naszego zoologa musimy odpowiedzieć, że postęp matematyki odbywa się zupełnie inaczej niż postęp nauk przyrodniczych i humanistycznych. Jej rozwój idzie wzwyż, przez spiętrzenie i podobny jest do rozwoju organizmu żywego. Toteż w niej bez porównania wyraźniej niż w innych dyscyplinach występuje rozciąganie się pochodzenia ludzkości. W tej chwili żyją równocześnie na ziemi ludzie, którzy matematycznie należą do epoki starszej od piramid egipskich, i ci są w znacznej większości; niewielki odsetek dotarł do średniowiecza, a do XVIII wieku nie doszedł ani jeden człowiek na tysiąc. Pokazuje się, że nie można liczyć na ewolucję, gdy trzeba z człowieka pierwotnego zrobić matematyka — cudowny skrót procesu rozwojowego zwany prawem biogenetycznym nie dotyczy tych zmian w mózgu, których trzeba, żeby z jaskiniowca zrobić Pascala: wciąż trzeba od nowa prowadzić pokolenia ciernistym szlakiem, który nie ma skrótów, „nie masz drogi królewskiej w matematyce“ — mawiali starożytni. Ale odległość między strażą przednią a olbrzymią masą pątników wzrasta, procesja się wydłuża i przodownicy są coraz bardziej osamotnieni. Znikają z oczu, mało kto ich zna, opowiada się o nich najdziwniejsze historie, a mógłbym wskazać takich, co nie wierzą w ich istnienie.

Sięgnijmy znowu do kartoteki. W czasopiśmie *L'École du Grand Paris* przeznaczonym dla nauczycieli ogłosił niedawno Laurent Schwartz, wybitny matematyk francuski, artykuł o tendencjach matematyki współczesnej, którego tezę najlepiej streszcza zdanie autora: „matematyka jest nauką najbardziej abstrakcyjną a jednocześnie najbardziej niezależną od świata zewnętrznego i od bieżącego życia, toteż jest rzeczą praktycznie niemal niemożliwą mówić do niematematyków o matematyce współczesnej“. Innymi słowy, profesor Sorbony wyraźnie stwierdza, że jest niemal niemożliwe wygłaszanie takich wykładów, jak niniejszy, i niemal ma rację. Ale jego pierwsza teza jest przygotowaniem do następnej, a jest nią kompletna dowolność wyboru zagadnień. Tę tezę uważam za znacznie niebezpieczniejszą od pierwszej. Autonomia nauki polega bowiem na wolności wyboru, a nie na dowolności. Gwałtowny postęp wszystkich dziedzin wie-

dzy, który zasługuje raczej na nazwę mutacji niż ewolucji, i Niemniejsze przemiany w świecie kultury materialnej wykazały zupełną fikcyjność wiary w to, że każda teoria matematyczna kiedyś się do czegoś przyda, chociaż zdumiewające tu bywają niespodzianki. Współczesny matematyk Norbert Wiener spostrzegł, że matematyczna teoria sterowania ma kapitalne znaczenie dla fizjologii, bo organizm żywy jest podobny do współczesnych automatów, które się same regulują. Nazwał tę doktrynę cybernetyką, a jej główną zasadę sprzężeniem zwrotnym (feed-back). Sprzężenie zwrotne polega na bezustannym percypowaniu odchylenia między kierunkiem ruchu a wytyczonym celem i na związaniu tego odchylenia ze sterem tak, żeby wywołać automatyczną i bezustanną korekturę ruchu. Zastosujemy tę zasadę do pochodzenia przedniej straży procesji matematyków poprzez historię — tu sprzężenie zwrotne wymaga konieczności znajomości celu i niestracenia go nigdy z oczu, ale celu dla całego pochodzenia nie może wyznaczyć jednostka: jej wolno tylko wybierać drogę do celu...

Jak już czytaliśmy, praktyczna rola matematyki zależy od tego, jaka jest opinia publiczna o matematyce i o matematykach. Ankiety takiej dotychczas nikt nie przeprowadził, a szkoda, bo jej wyniki byłyby sensacyjne. Ci ludzie, którzy stoją blisko nauk technicznych, wiedzą o roli matematyki klasycznej w inżynierii i budowie maszyn, ale uważają ją za drugorzędną; receptura matematyczna w kalendarzach technicznych umacnia ich w tym poglądzie. Bardzo ich dziwi, gdy im, na przykład, ktoś powie, że wrocławskie środowisko matematyki technicznej rozwiązało kwestię powłok i kopuł, podając optymalne ich kształty przy każdym konturze. Zdziwienie bierze się stąd, że empiria nie pojmuje tego rodzaju orzeczeń kategoriowych, i niematematyk czuje się osobiście dotknięty, gdy ktoś wyprowadza z jego założeń konsekwencje, które przekraczają jego wyobraźnię; matematycy zawodowo się tym zajmują i zyskują sobie wzajemian opinie arogantów. Ogólne jest mniemanie, że produkcja przemysłowa, górnictwo, komunikacja, handel i obrót pieniężny mają czasem trudności rachunkowe, ale nie mają nigdy żadnych zagadnień matematycznych; ulokowanie matematyka w jakiegokolwiek fabryce jest u nas niemożliwe, bo żaden dyrektor nigdy nie słyszał o czymś podobnym — mówię tu o inteligentnych dyrektorach, a nie o takich, którzy każą matematykom układać listę płac. Ci rozsądni zapytują, co ma robić matematyk cały dzień w fabryce. Odpowiedź na to znajdujemy w cytowanym już traktacie Kotarbińskiego, który mówi, że dobry organizator nic nie robi: on tylko ma oko na wszystko (dodam, że jest to właśnie to oko, które mechanicznego konia tuczy, ale żywego osła nie). Jeżeli jednak mam podać zupełnie konkretnie, co ma robić matematyk, na przykład w zjednoczeniu manufaktury, to wskażę mu skromne zagadnienie, które będzie mógł rozwiązać po roku objazdu się po fabrykach: nastawić produkcję optymalnie. Jest to zagadnienie godne matematyka, bo już rozmieszczenie 10 robotników przy 10 automatach różnorodnych, tak żeby podnieść wydajność do maksimum, nie jest szablonowym zadaniem rachunkowym. Nie należy jednak oburzać się na dyrektorów ani superdyrektorów, bo przecież stary Henry Ford uważał matematykę za zupełnie zbędny balast w wykształceniu technika. Nie dziwię się Fordowi, ale dziwię się temu przyrodnikowi, uczniowi Benedykta Dybowskiego i Nusbauma-Hilarowicza, który usłyszawszy, że można na podstawie ekspertyz serolo-

gicznych oszacować frakcję materialnie błędnych wyroków w sprawach o ojcostwo, zawołał na posiedzeniu Krakowskiej Akademii: „czucie i wiara silniej mówią do mnie niż mędrca szkiełko i oko!”

Jaka więc jest przyszłość polskich matematyków? Mówię o matematykach twórczych i samodzielnych, gdyż inni znajdują w ogólnym szkolnictwie właściwe miejsce. Ci matematycy ze straży przedniej znajdują doskonałe posady w szkolnictwie wyższym, w uniwersytetach i politechnikach, w przemyśle i w produkcji wszelkiego rodzaju... Gdzie? W Stanach Zjednoczonych. Już od dawna dostarczamy tam naszych elewów. Tam także większość dyrektorów nie wierzy w potrzebę matematyki, ale jak dotąd podaż pracy matematycznej jest wciąż za mała, bo młodzież amerykańska woli inne zawody. Eksport matematyków trwa. Warren Weaver, jeden z współtwórców cybernetyki, który nieraz bawił z ramienia Rockefeller Foundation w Polsce, a także tutaj, we Wrocławiu, wciąż dopomina się o naszych stypendystów. Matematycy polscy mają wysoki kurs na zamorskiej giełdzie pracy. Nasze państwo ich kształci, nie szczędzi wyrazów uznania, ale nie znajduje dla nich właściwej roli. Czy mamy ich eksportować jako produkt reklamowy z napisem „nie na sprzedaż”? To prawda, że zacofanie techniczne utrudnia uświadomienie sobie znaczenia dzisiejszej matematyki i przez to umniejsza rolę matematyki, ale bez matematyki nie wyjdziemy z zacofania technicznego. Jeżeli chcemy dogonić innych, musimy wzuć siedmiomilowe buty, a takie ma na składzie tylko dzisiejsza matematyka, nie wczorajsza.

Awersja do praktyki u uczonych i awersja do teorii u praktyków prowadzi do magazynowania rezultatów matematycznych w płonnej nadziei, że albo my w przyszłości, albo inne kraje już teraz te zapasy zużytkują. Ale te inne kraje już dziś skarżą się na braki w magazynach wiedzy matematycznej! Jeden z uczestników niedawnego Kongresu Międzynarodowego w Edynburgu, który nie raz dał dowody umiejętności przewidywania i uniwersalnej orientacji, pisze, że matematyka wyraźnie nie dotrzymuje kroku fantastycznemu rozwojowi fizyki, astronomii, a także biologii i technologii. Pamięamy więc, że oczekiwanie nieograniczone na odbiorców wiedzy nie jest żadną sensowną taktyką. W krajach, które zrozumiały potrzebę stosowania matematyki, spostrzeżono aktualność zagadnienia dydaktycznego; do nich należą Włochy, Belgia i Jugosławia. Za ich przykładem Francja też zastanawia się obecnie, jak zreformować nauczanie, żeby matematyka dotarła do większej części młodzieży niż to jest obecnie. Odpowiedzialne sfery zadają sobie sprawę z tego, że kraj bez matematyki nie wytrzyma współzawodnictwa z tymi, które uprawiają matematykę. Z drugiej strony, doświadczenie aktualne i znajomość historii wyraźnie wskazują na to, że większość młodzieży albo nie rozumie matematyki, albo ją rozumie, ale nie widzi w niej nic interesującego. U nas ponadto uważa się studium matematyki za mało obiecujące dla osób, które nie czują powołania pedagogicznego. Nie przypuszczam, żeby jakieś nowe chwyt dydaktyczne mogły radykalnie zwiększyć frakcję rozumiejących matematykę w szkole. Jeżeli zawiodą eksperymenty pedagogów, stanimy przed pytaniem, czy postąpić w myśl żądania żaków krakowskich i skasować matematykę (poza arytmetyką kupiecką i elementami planimetrii), czy też postąpić, jak uczy przyroda, która rozrzuca tysiące ziarn, choć tylko kilka z nich padnie na żyzny grunt; to z tych kilku ziarn wyrosną później Pascal, Gauss i Bolyai...

Olgięrd Wołczek

RAKIETY KSIĘŻYCOWE

Udane próby wyrzucenia sztucznych satelitów Ziemi, o masach dochodzących, jak w przypadku ostatniego radzieckiego obiektu 1958 *Delta*, do prawie 1¹/₂ tony, wykazały, iż dysponujemy raketami nośnymi, które, przynajmniej teoretycznie, zdolne są do wyrzucenia odpowiednich urządzeń badawczych w bezpośrednie sąsiedztwo Księżyca. Wykonania tego zadania podjęli w ciągu ostatnich miesięcy uczeni i technicy radzieccy i amerykańscy. Rakiety, wysyłane w kierunku Księżyca, nazywają się raketami księżycowymi.

Plany zbadania okolic i samej powierzchni Księżyca, opracowane w Stanach Zjednoczonych i w Związku Radzieckim, są podobne. Zgodnie z nimi w pierwszej fazie doświadczeń wysyła się obiekty, wyposażone w przyrządy pomiarowe i w radiostacje nadawcze, sprzężone z aparaturą telemetryczną — tzw. próbniki. Zadaniem takich próbników jest wykonanie badań przestrzeni otaczającej Księżyc oraz szeregu zjawisk, związanych z obecnością tego naturalnego satelity Ziemi, takich jak np. jego domniemanego pola magnetycznego. Niektóre z wysyłanych obiektów doświadczalnych są zaopatrzone w specjalne kamery telewizyjne, które samoczynnie, za pośrednictwem odpowiedniej aparatury elektronicznej przez nadajnik radiowy mają przekazywać obrazy powierzchni Księżyca na Ziemię. Chodzi w tym wypadku zwłaszcza o obrazy przeciwnej półkuli tego ciała niebieskiego, która w zasadzie zawsze pozostaje niedostępna obserwacji z powierzchni Ziemi.

Próbniki, wysyłane w pierwszej fazie badań, mają bądź to spadać z powrotem na Ziemię, bądź też podążać dalej w przestrzeń kosmiczną. W każdym wypadku, po przeprowadzeniu zasadniczych pomiarów, są one traczone na zawsze. W następnej fazie badań przewiduje się upadek próbników na powierzchnię Księżyca, przy czym początkowo ulegać one będą rozbiciu. Dopiero w dalszej kolejności mają na powierzchni Księżyca lądować pierwsze automatyczne stacje badawcze. Wreszcie po wykonaniu na dostatecznie szeroka skalę zakrojonych pomiarów i obserwacji nastąpiłoby wysłanie w okolice Księżyca pierwszych rakiet z załogą ludzką, a potem — pierwsze lądowanie człowieka na tym najbliższym Ziemi ciele niebieskim.

Tak szeroki program wykonany jednak może zostać nieprędko. Należy pamiętać o ogromnych trudnościach, jakie piętrzą się na drodze jego praktycznej realizacji. Zgodnie z wynikami dotychczasowych obserwacji Księżyc dzieli od Ziemi odległość średnio około 380 000 km. Nie jest to

wartość pewna. Ostatnie wyniki pomiarów, wykonanych z pomocą wysłanych z Ziemi a odbitych od powierzchni Księżyca, czy jego otoczenia, ultrakrótkich fal radiowych, zdają się wskazywać, iż Księżyc znajduje się dalej od naszej planety, niż dotychczas sądzono. Na dokładne wyniki trzeba jeszcze poczekać. Należy jednak pamiętać, że najprawdopodobniej przestrzeń między Księżycem a Ziemią ma swoistą strukturę, która wpływa na zniekształcenie obserwacji. Na skutek tego wyniki takich obserwacji mogą być obciążone poważnymi błędami.

Ta niepewność oceny odległości odbija się w sposób istotny na wszystkich obliczeniach torów rakiet księżycowych. Dlatego wszelkie, nawet najbardziej starannie wykonane takie obliczenia nie są dostatecznie dokładne. Trzeba jednak przyznać, że technika wykonywania wspomnianych rachunków postąpiła, szczególnie w ostatnich latach, ogromnie naprzód, zwłaszcza dzięki wykorzystaniu maszyn matematycznych. Dowodem — ogromna precyzja obliczeń i zgodność ich z istotnym położeniem rakiety w wypadku radzieckiego próbnika, wysłanego w dniu 2 stycznia 1959 r.

Do trudności we właściwym wyznaczaniu torów rakiet księżycowych dołączają się trudności techniczne. Jedną z największych jest śledzenie lotu rakiet nośnych i samych próbników. Ze względu na znaczną ich szybkość i znikome rozmiary w porównaniu z przebywaną odległością nie można obiektów tych obserwować w zasadzie przy pomocy przyrządów optycznych. Trzeba śledzić je jedynie za pomocą urządzeń radiowych i radiolokacyjnych. Z tego zaś względu wyrzucanie rakiet nośnych powinno następować jedynie w pewne, dogodnie, ściśle określone dni, praktycznie mniej więcej raz w miesiącu. Są to dni, w których Słońce znajduje się po przeciwnej stronie nieba niż Księżyc, a jego promieniowanie radiowe najmniej przeszkadza w obserwacjach położenia lecącej rakiety. Rzeczywisty start tej rakiety powinien jednak nastąpić na 2 dni przed wymienionym terminem, aby umożliwić dotarcie jej w bezpośrednie sąsiedztwo Księżyca w tym właśnie terminie.

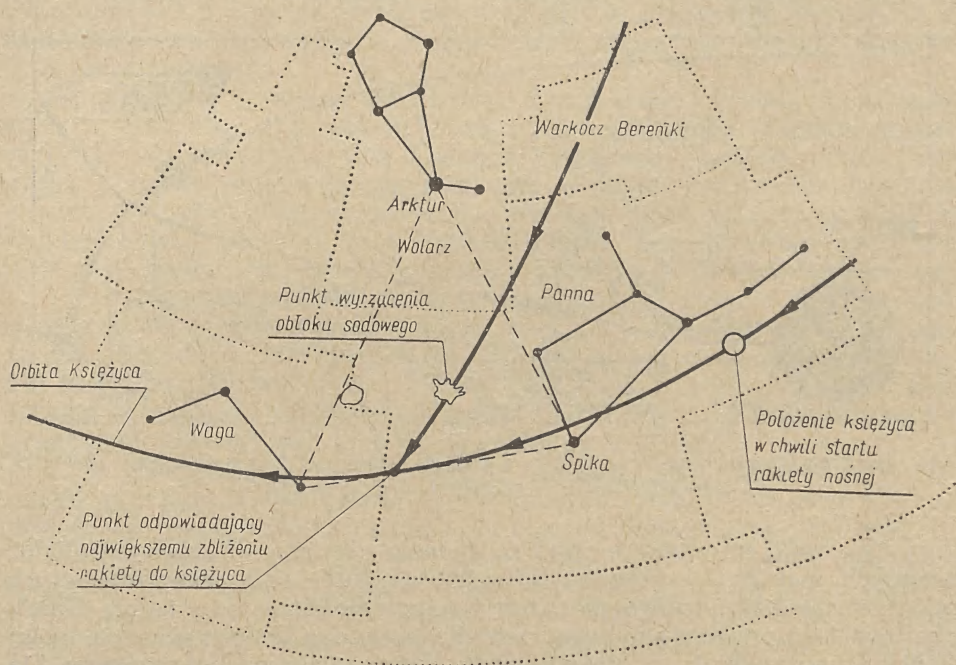
RADZIECKA RAKIETA KSIĘŻYCOWA MIECZTA

W dniu 2 stycznia 1959 r. z terytorium ZSRR wystartowała pierwsza radziecka rakietka księżycowa, której nadano nazwę *Mieczta* — Marzenie. Zadaniem jej było dotarcie w bezpośrednie sąsiedztwo Księżyca i wykonanie w sposób samoczynny, przy pomocy znajdującej się w niej aparatury, pomiarów zjawisk, zachodzących zarówno w samej przestrzeni między Księżycem a Ziemią, jak i w okolicach naturalnego satelity naszej planety.

Rakietę radziecką nazwano pierwszym statkiem kosmicznym. Jaka jest przyczyna nadania takiego oznaczenia, skoro w przestrzeń pozaziemską, na wysokość z górą 100 000 km dotarły już w 1958 r. dwie amerykańskie rakiety: *Pionier I* i *Pionier III*? Nie chodzi w tym wypadku o znacznie większą odległość od Ziemi, jaką uzyskała rakietka radziecka. Zgodnie z obserwacjami, wykonanymi w ZSRR, okazała się ona jednak pierwszym w ogóle statkiem, który osiągnął tzw. drugą prędkość kosmiczną, tzn. 11,2 km/sek, a nawet ją przekroczył. Według współczesnego stanu wiedzy

prędkość ta musiała wystarczyć, aby rakieta na zawsze opuściła Ziemię i uszła w przestrzeń kosmiczną.

Trzeba dobrze zdać sobie sprawę z tego, co oznacza uzyskanie wspomnianej szybkości, zwanej też prędkością ucieczki, przez ракетę. Wiadomo, iż masa trzeciego radzieckiego sztucznego satelity 1958 *Delta* i masa ra-



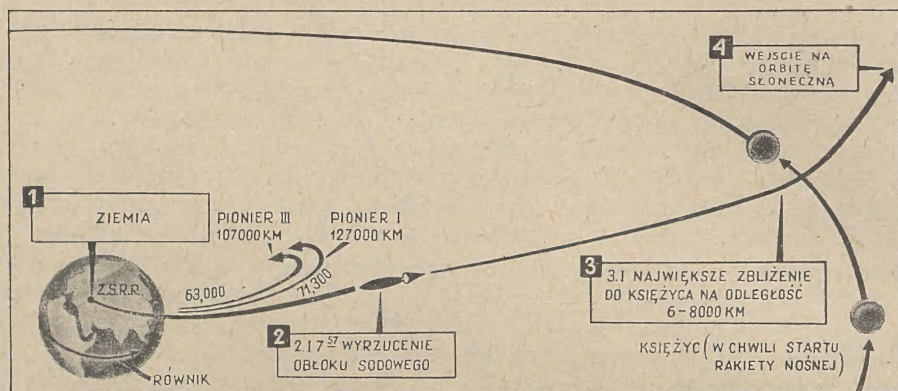
Rys. 1. Droga radzieckiej rakiety księżycowej na tle mapy nieba gwiazdowego.

dzieckiej rakiety księżycowej są ze sobą porównywalne. Pierwsza masa wynosiła 1327 kg, druga — 1462 kg. W pierwszym jednak przypadku trzeba było sztuczemu satelicie nadać prędkość ok. 8 km/sek, w drugim — prędkość ta musiała wzrosnąć do 11,2 km/sek. Różnica obu wartości na pierwszy rzut oka wydaje się niewielka — tylko 3,2 km/sek. Jednakże, aby uzyskać prędkość ucieczki z Ziemi, trzeba prawie dokładnie zużyć dwukrotnie więcej energii niż przy wprowadzaniu sztucznego satelity o takiej samej masie na jego orbitę, bliską powierzchni naszej planety. Stąd też zrozumiałe są dawne koncepcje umieszczenia nad Ziemią ogromnego sztucznego księżycza — stacji kosmicznej, stanowiącej międzyplanetarny punkt przesiadkowy. Rakiety, startujące z takiego satelity, musiałby zużywać o połowę mniej energii niż przy starcie w przestrzeń międzyplanetarną bezpośrednio z powierzchni Ziemi.

Tak więc już samo wyrzucenie ogromnej masy i nadanie jej prędkości ucieczki stanowi wielki sukces radzieckiej nauki i techniki. Jednakże jeszcze bardziej zadziwiające i istotne okazało się umieszczenie w rakiecie wielkiej ilości przyrządów naukowych i aparatury pomocniczej, o łącz-

nej masie 361,3 kg. Z punktu widzenia korzyści naukowych to właśnie wyposażenie miało decydujące znaczenie.

Aparatura radziecka umożliwiła wszechstronne zbadanie zarówno zjawisk zachodzących w samej przestrzeni pomiędzy Księżycem a Ziemią, jak i uzyskanie szeregu istotnych danych, decydujących jeżeli chodzi o możliwość praktycznej realizacji przyszłych lotów kosmicznych.



Rys. 2. Schemat porównawczy lotów 3 rakiet księżycowych radzieckiej „Mieczty” i amerykańskich — „Pioniera I” i „Pioniera III”.

Cały zespół przyrządów miał za zadanie zbadanie jednego z najistotniejszych zjawisk — poznanie charakteru i natężenia pierwotnego promieniowania kosmicznego w znacznych odległościach od Ziemi. Należy podkreślić, iż wyjaśnienie tego zjawiska napotyka na poważne trudności. Istnieją duże rozbieżności jeżeli chodzi o jego właściwą interpretację. Dotychczas przyjmowano, iż pierwotne promieniowanie kosmiczne składa się głównie z protonów i nieznacznej ilości innych, cięższych jąder. Ostatnio uczeni radzieccy ogłosili jednak nowe dane. Zgodnie z nimi na wysokościach rzędu 1000 km tylko znikoma część rejestrowanych cząstek promieniowania kosmicznego, bo zaledwie ok. 0,1%, pochodzi bezpośrednio z przestrzeni pozaziemskiej. Pozostałe protony powstają prawdopodobnie z rozpadu neutronów, wybijanych z jąder atomowych atmosfery Ziemi przez pierwotne promieniowanie kosmiczne. Prócz tego w skład promieniowania kosmicznego wchodzi również fotony. Zagadnienia te muszą zostać jeszcze wyjaśnione w sposób bezsporny i temu celowi służyły przyrządy pomiarowe, znajdujące się w radzieckim próbniku. W skład zespołu tych aparatów wchodziły: 2 liczniki Geigera-Müllera dla pomiaru ogólnego natężenia promieni kosmicznych, oraz 2 liczniki scyntylacyjne. Zadaniem tych ostatnich było: zmierzenie natężenia fotonów o energii ponad 50 keV („twarde” promieniowanie rentgenowskie), natężenia fotonów o energii ponad 500 keV (promieniowanie gamma), natężenia cząstek o energii ponad 5 MeV oraz jonizacji sumarycznej, wytworzonej przez wszystkie rodzaje promieniowań.

Poznanie promieniowania kosmicznego na znacznych wysokościach nad Ziemią ma także istotny aspekt praktyczny: duże znaczenie dla przy-

szlego lotu istot żywych, a w szczególności — człowieka, w przestrzeń kosmiczną. W przypadku gdyby okazało się, że natężenie omawianego promieniowania jest znacznie większe niż w obszarach bliskich powierzchni naszej planety, wówczas człowiek nie prędko mógłby poważyć się na dokonywanie podróży poza Ziemię. Nie będąc w możności osłonić się przed przenikliwymi promieniami kosmicznymi musiałby on przez wiele jeszcze lat ograniczać się do wysyłania w przestrzeń jedynie rakiet zautomatyzowanych, których „załogę“ w najlepszym wypadku stanowiłyby tylko zwierzęta.

W radzieckiej rakiecie księżycowej znajdowały się także urządzenia, których zadaniem było zbadanie natury ewentualnego ośrodka, wypełniającego przestrzeń pomiędzy Ziemią a Księżycem. Chodziło w tym przypadku o stwierdzenie występowania ewentualnych gazów oraz strumieni cząstek i o przybliżone wyznaczenie stężenia naładowanych cząstek we wspomnianym obszarze. Jako podstawę przy projektowaniu odpowiednich przyrządów i pomiarów przyjęto dwa modele ośrodka kosmicznego:

1. istnieje stały ośrodek gazowy, składający się głównie ze zjonizowanego wodoru, a więc z plazmy wodorowej, przy czym temperatura kinetyczna elektronów, niezbyt zresztą odbiegająca od temperatury kinetycznej protonów, wynosi 5000 — 10 000° K. Przez ten ośrodek przechodzą strumienie cząstek, obdarzonych prędkościami rzędu 1000—3000 km/sek, przy czym stężenie tych cząstek dochodzi do 1—10/cm³;

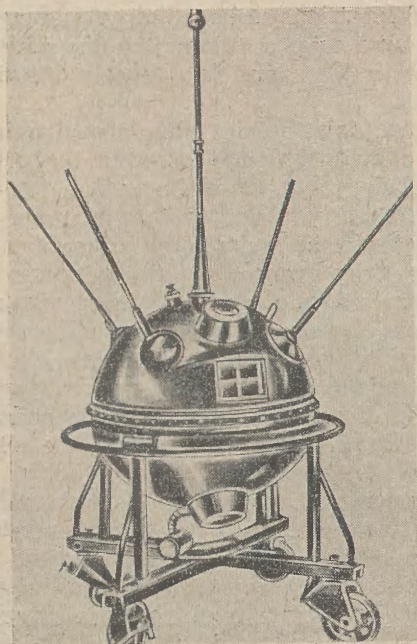
2. w przestrzeni występują jedynie okresowo strumienie cząstek, złożone z protonów i elektronów, o prędkościach rzędu 1000—3000 km/sek, przy czym maksymalne stężenie tych cząstek dochodzi do 1000/cm³.

Do odpowiednich pomiarów zastosowano 4 tzw. łapacze protonów. Każdy z tych łapaczy stanowił układ odpowiednich elektrod o różnych średnicach, do których przyłożone były właściwe potencjały. Dzięki temu dwa łapacze rejestrowały tylko stosunkowo „prędkie“ protony, o energiach co najmniej 1 eV, a pozostałe dwa — i te protony „prędkie“ (wchodzące w skład domniemanych strumieni cząstek) i „powolne“ (przynależne do ewentualnego ośrodka gazowego, wypełniającego przestrzeń pozaziemską).

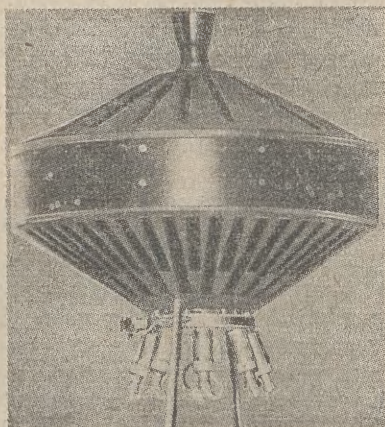
Osobny przyrząd — magnetometr, miał za zadanie zbadanie pola magnetycznego Ziemi w znacznych odległościach od jej powierzchni oraz wykrycie ewentualnego pola magnetycznego Księżyca. Samo odkrycie istnienia takiego pola miałoby doniosłe znaczenie naukowe, gdyż prawdopodobnie ułatwiłoby stwierdzenie przyczyny występowania magnetyzmu w ciałach niebieskich typu planet i ich satelitów. Jak wiadomo, pochodzenie magnetyzmu ziemskiego do dziś dnia nie zostało wyjaśnione w sposób przekonujący. Istniejące teorie wiążą występowanie tego zjawiska bądź z prądami elektrycznymi, krążącymi w skorupie ziemskiej, bądź z samym ruchem obrotowym planety, bądź też z innymi jeszcze procesami fizycznymi.

Radziecka rakietka księżycowa została również wyposażona w czujniki, których zadaniem było stwierdzenie występowania meteorytów, a zwłaszcza mikrometeorytów na trasie lotu. Zagadnienie to, jak wiadomo, jest dla sprawy przyszłych lotów kosmicznych niezwykle ważne, jakkolwiek, uwzględniając wyniki uzyskane dzięki sztucznym satelitom Ziemi, wydaje się, iż niebezpieczeństwo zagrażające ewentualnym statkom ze stro-

ny tych drobnych odłamków materii zostało w dawniejszej literaturze naukowej przecenione. Do pomiarów mikrometeorytów zastosowano 2 piezoelektryczne czujniki balistyczne. W przyrządach tych energia mechaniczna uderzających mikrometeorytów ulegała przekształceniu w elek-



Rys. 3. Radziecki próbnik — pojemnik z aparaturą pomiarową i wyposażeniem pomocniczym. Na pręcie środkowym, wystającym z pojemnika, umieszczony jest magnetometr. 4 krótsze pręty to anteny nadajnika radiowego.



Rys. 4. Amerykański próbnik „Pionier P”, o kształcie stożka podwójnego. Dwa pręty, wystające ku dołowi, to anteny nadajnika radiowego. Rozszerzająca się tuleja, widoczna od góry, to dysza wyłotowa silnika hamującego próbnika.

tryczną. Wielkość tej energii zależała od masy i prędkości uderzających cząstek materii, a ilość impulsów odpowiadała ilości napotkanych mikrometeorytów.

W osobnym zbiorniku rakiety znajdowała się aparatura, służąca do wytworzenia i wyrzucenia w przestrzeń pary metalicznego sodu. Sód ulega, jak wiadomo, łatwo pobudzeniu do świecenia przez promieniowanie słoneczne, przy czym atomy sodu wysyłają światło żółte o znanej, ściśle określonej częstotliwości. Obserwacja tego zjawiska jest więc łatwa i bardzo dogodna do przeprowadzenia. Do wytworzenia obłoku sodowego użyto 1 kg metalicznego sodu, przy czym doświadczenie to zrealizowano na wysokości 113 000 km. Proces wytwarzania obłoku trwał ok. 5—7 sek. Jego pierwotne rozmiary liniowe wynosiły mniej więcej 100 km. Obłok, nazwany popularnie „sztuczną kometą”, sprawiał przy obserwacji z Ziemi wrażenie gwiazdy 6 wielkości. Należy podkreślić, iż sama rakietka we

wspomnianej odległości od Ziemi była wówczas obiektem zaledwie 14 wielkości gwiazdowej.

Wszystkie wyniki pomiarów, wykonane przez samoczynną aparaturę radzieckiej rakiety księżycowej, były przekazywane za pośrednictwem aparatury telemetrycznej i nadajników radiowych. Trzy nadajniki wysyłały sygnały radiowe o częstotliwościach odpowiednio 19,993, 19,995 i 19,997 Mc/sek. Czwarty nadajnik, informujący o ruchu i położeniu rakiety, wysyłał sygnały o częstotliwości 183,6 Mc/sek.

Źródłem energii elektrycznej, potrzebnej do zasilania radiostacji, aparatury pomocniczej oraz przyrządów pomiarowych, były akumulatory srebrowo-cynkowe oraz baterie rtęciowe. Wszystkie one, podobnie jak cała aparatura naukowa wraz z nadajnikami radiowymi, znajdowały się w jednym pojemniku. We wnętrzu tego pojemnika, wypełnionego odpowiednim gazem, prawdopodobnie azotem, panowało ciśnienie 1,3 atm. Umieszczenie aparatury w takiej sztucznej atmosferze miało na celu zabezpieczenie jej przed szkodliwymi wyładowaniami elektrycznymi, które musiałyby nastąpić w szczególnie niskim ciśnieniu, jakie panuje już w stosunkowo nieznacznych odległościach od powierzchni Ziemi.

Ze względu na ograniczony zasób energii, zawartej w akumulatorach i bateriach, aparatura rakiety radzieckiej mogła działać jedynie przez ograniczony okres czasu. Sygnały radiowe z rakiety przestały też docierać do naziemnych stacji odbiorczych po upływie 62 godzin od chwili startu, w dniu 5.1.1959 r. o godz. 8.00. Zgodnie z danymi radzieckimi, rakietą znajdowała się wówczas w odległości 597 000 km od Ziemi — daleko poza Księżycem, a zadania na nią nałożone zostały już spełnione znacznie wcześniej.

Jakkolwiek dla nauki niewątpliwie największe znaczenie mają same wyniki pomiarów, uzyskanych z pomocą samoczynnych przyrządów próbnika, nie można pominąć milczeniem wielkiej precyzji w zachowaniu kierunku lotu rakiety. Zgodnie z danymi, opublikowanymi przez ZSRR, po 34 godzinach lotu statek ten osiągnął w dniu 4.1.1959 r. punkt najbliższy Księżycu, który znajdował się na wysokości zaledwie 6000—8000 km nad jego powierzchnią. Sukces ten stał się możliwy do osiągnięcia dzięki temu, iż ostatni stopień rakiety był automatycznie kierowany. W dotychczasowych próbach amerykańskich z raketami typu „Pionier“ ostatnie ich człony leciały „na ślepo“. Uruchomienie silników tych członów następowało jedynie w oparciu o z góry ustalony program, po upływie wyznaczonego okresu czasu. Skoro silnik *Pioniera I* czy *Pioniera III* został raz uruchomiony, działać musiał samoczynnie tak długo, aż nastąpiło wyczerpanie materiału napędowego. Tymczasem w rakiecie radzieckiej, zgodnie z opublikowanymi danymi, samoczynny układ kierujący dokonywał niezbędnych poprawek kursu, tak aby statek leciał po torze zgodnym z zaplanowanym. Układ ten przez odpowiednie oddziaływanie na silnik zapewniał też właściwą pracę tego ostatniego, tak iż ostatni stopień rakiety księżycowej, w przeciwieństwie do dotychczasowych amerykańskich, mógł rozwinąć dostateczną prędkość, konieczną do wypełnienia zadań, jakie na niego nałożono.

Uczni radzieccy stwierdzili też, że rakietą minawszy Księżyc poleciała dalej w przestrzeń kosmiczną i w dniach 7/8.1.1959 r. weszła na orbitę oko-

łosłoneczną. Orbita ta w punkcie przysłonecznym zbliża się do Słońca nieco bardziej niż orbita Ziemi, gdyż odległość tego punktu od Słońca wynosi 146,4 mln. km. W punkcie odsłonecznym orbita radzieckiego próbnika jest dość bliska orbity Marsa, gdyż odległość tego punktu od Słońca wynosi 197,2 mln. km. Okres obiegu nowego, sztucznego ciała niebieskiego dookoła Słońca został określony na 450 dni.

RAKIETY AMERYKAŃSKIE TYPU PIONIER

Próby z amerykańskimi raketami księżycowymi zostały zapoczątkowane w jesieni 1958 r. Pierwsze z nich zostały wykonane pod egidą Sił Powietrznych USA, przy czym do doświadczeń wykorzystano trójstopniowe rakiety „Thor-Able”. Statki te miały nadać próbnikowi, noszącemu oficjalną nazwę *Pionier*, na wysokości niewielu set kilometrów nad Ziemią prędkość ponad 10 km/sec.

Prędkość ta nie wystarcza do dotarcia nawet tylko w okolice Księżyca. Dlatego też raketę nośną wyrzucono w kierunku zgodnym z kierunkiem ruchu obrotowego Ziemi, wykorzystując tym samym dodatkową prędkość, z jaką obrót ten następuje. Prędkość ta jest największa na równiku, gdzie wynosi ona prawie 0,5 km/sec. Ośrodek Cape Canaveral, skąd startowały amerykańskie rakiety księżycowe, nie jest zbyt oddalony od równika i dlatego statki te uzyskiwały dzięki ruchowi obrotowemu Ziemi dodatkową prędkość nieco ponad 0,4 km/sec. Łączna prędkość maksymalna, jaką powinien w tym wypadku uzyskać próbnik, przekracza więc 10,5 km/sec. Musi on ją uzyskać na wysokości kilkuset kilometrów nad Ziemią. W miarę dalszego wznoszenia się prędkość próbnika maleje jednak na skutek działania siły ciężenia Ziemi. W odległości np. 40 000 km od powierzchni naszej planety w wypadku *Pionierów* powinna ona wynosić już tylko ok. 5,3 km/sec, a w pobliżu Księżyca — zaledwie 1—2 km/sec.

Same próbniki typu *Pionier* były również wyposażane w silnik raketowy, można je więc traktować jako 4 stopień rakiety księżycowej. Silnik ten służył jednak w tym wypadku nie do dalszego zwiększania, a do zmniejszenia prędkości. Prędkość, z jaką próbnik poruszałby się w pobliżu Księżyca, jest bowiem zbyt duża, aby urządzenie to mogło spełnić swoje zadania. Zachowując ją *Pionier* przeleciałby w zbyt wielkiej odległości od naszego naturalnego satelity. Z drugiej jednak strony nadmierna, jak by się wydawało, początkowo prędkość okazuje się konieczna, gdyż w przeciwnym wypadku próbnik nie mógłby w dostatecznym stopniu przezwyciężyć przyciągania Ziemi i dotrzeć w bezpośrednie sąsiedztwo Księżyca.

Z trzech prób, wykonanych przy użyciu raket „Thor-Able”, jedynie druga może być uważana za — częściowo zresztą — udaną. W czasie tej próby trzeci stopień statku osiągnął, zgodnie z opublikowanymi danymi, wysokość zaledwie ok. 127 000 km. Start tego próbnika nastąpił w dniu 11.10.1958 r., a po upływie 43 godzin i 19 minut lotu urządzenie to z powodu nieuzyskania dostatecznie dużej prędkości uległo zniszczeniu w czasie spadku na Ziemię, w najwyższych warstwach jej atmosfery.

Próbnik, któremu nadano nazwę *Pionier I* miał kształt zbliżony do stożka podwójnego, z którego ku górze (w kierunku lotu) wystawał silnik

Tabela 1
Rakiety księżycowe

		<i>Pionier</i> I.	<i>Pionier</i> II.	<i>Pionier</i> III.	<i>Mieczta</i>	<i>Pionier</i> IV.
Data wyrzucenia	17.8.58	11.10.58	8.11.58	6.12.58	2.1.59	3.3.59
Data zniszczenia	17.8.58	13.10.58	8.11.58	8.12.58		
Rakieta nośna	Thor-Able*	Thor-Able	Thor-Able	Juno II.**		Juno II
Czas lotu	77 sek	43 godz 19 min	45 min	38 godz 6 min		
Odległość max. od Ziemi km	15	ok. 127000	1600	ok. 107000		
Prędkość max. km/sek		10,3	7,2	10,42	11,2	11,07
Długość cm		87 (z rak. hamującą)		55		50,8
Średnica cm		72		24		
Kształt		stożek podwójny		stożek	kula	stożek
Masa kg		38,25		6,1	1462	6,03
Masa aparatury naukowej kg		11,25			361,3	
Częstotliwość sygnałów radiowych Mc/sek		108,06		960,05	1. 19,993 2. 19,995 3. 19,997 4. 183,6	960,05
Aparatura		1. magneto-metr 2. czujniki meteoryt. 3. mierniki temp. wew. 4. licznik prom. korpuskular. 5. urządzenie telewizyjne		1. 2 liczniki natężenia prom. korpuskular. 2. urządzenie sygnalizacyjne	1. magneto-metr 2. 2 czujniki meteoryt. 3. 2 liczniki GM 4. 2 liczniki scyntylac. 5. 4 łapacze protonów 6. aparatura z sodem	1. 2 liczniki natężenia prom. korpusk. 2. urządzenie fotoelektryczne sygnalizacyjne
Zasilanie		ogniwa rtęciowe		ogniwa rtęciowe	ogniwa rtęciowe i akumulatory Zn/Ag.	ogniwa rtęciowe

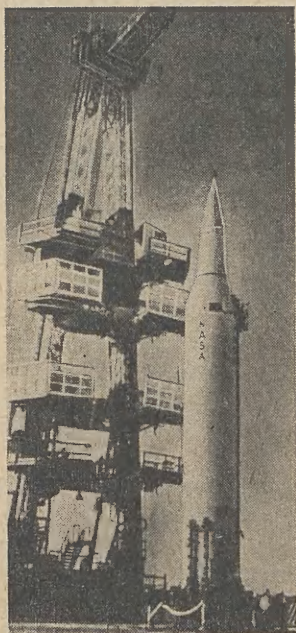
* „Thor-Able” dł. 26,9 m; masa 52 t:

- 1.st. „Thor”, masa—45 t, siła ciągu—67,5 T
- 2.st. zmodyfik. „Vanguard”, masa—1,8 t, siła ciągu—3,4 T
- 3.st. zmodyfik. „Vanguard”, masa—0,18 t, siła ciągu—1,13 T
- 4.st. rak. hamująca, siła ciągu—1,35 T

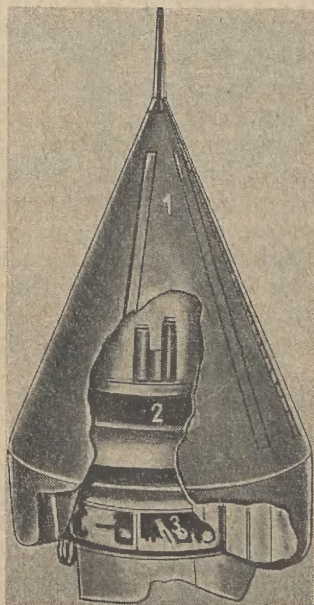
** „Juno II.” dł. 23 m, masa 60,5 t:

- 1.st. „Jupiter”, siła ciągu—60 T
- 2.st. 11 zmniejszonych w skali rakiet „Sergeant”
- 3.st. 3 zmniejszonych w skali rakiet „Sergeant”
- 4.st. 1 zmniejszona w skali rakiet „Sergeant”

hamujący czwartego stopnia. Wysokość tego stożka wynosiła 87 cm, a średnica w najszerszym miejscu 72 cm. *Pionier I* miał masę 38 kg, z czego 11 kg przypadało na przyrządy pomiarowe, radiostację nadawczą i chemiczne baterie zaasilające urządzenia w energię elektryczną. W skład wspomnianej aparatury badawczej wchodziły: przyrządy do pomiaru na-



Rys. 5



Rys. 6

Rys. 5. „Juno II.” — rakieta nośna „Pioniera III.”

Rys. 6. Amerykański próbnik „Pionier III”. Nadajnik radiowy znajduje się w podstawie stożka, liczniki promieniowania korpuskularnego umieszczone są wyżej. Antenę radiową stanowi sama powłoka metalowa próbnika.

tężenia pola magnetycznego Ziemi i ewentualnie Księżyca, czujniki do rejestracji uderzeń meteorytów, miernik temperatury wewnątrz próbnika, licznik natężenia promieniowania kosmicznego oraz specjalna, miniaturowa kamera telewizyjna do wykonywania zdjęć powierzchni Księżyca. Wszystkie wyniki pomiarów (oraz ewentualne obrazy telewizyjne) były przekazywane na Ziemię przez aparaturę telewizyjną za pośrednictwem nadajnika radiowego, wysyłającego sygnały o częstotliwości 108,06 Mc/sek.

W dniu 6.12.1958 r. dokonana została pierwsza próba z rakietą księżycową typu *Juno II*, przeprowadzona pod egidą Armii Lądowej USA. Pomimo uzyskania nieco większej prędkości niż w wypadku *Pioniera I*, grudniowy próbnik, noszący oficjalną nazwę *Pionier III* dotarł, zgodnie z danymi amerykańskimi, na wysokość jedynie ok. 107 000 km. Spadając

z powrotem na Ziemię próbnik uległ zniszczeniu w atmosferze po 38 godzinach i 6 minutach lotu.

Pionier III miał kształt stożka o wysokości 55 cm i średnicy podstawy 24 cm. Masa jego wynosiła 6,1 kg. W skład wyposażenia próbnika wchodziły 2 liczniki do pomiarów natężenia promieniowania korpuskularnego nad Ziemią, oraz urządzenie sygnalizacyjne, które drogą radiową miało nadać specjalne sygnały rozpoznawcze po zbliżeniu się *Pioniera III* na najmniejszą odległość do Księżyca. Nadajnik próbnika nadawał sygnały o częstotliwości 960,05 Mc/sek. Wszystkie urządzenia elektryczne *Pioniera III* były zasilane przez chemiczne baterie rtęciowe.

Jakkolwiek loty księżycowe pierwszych *Pionierów* zakończyły się niepowodzeniem¹, próbniiki te, a w szczególności *Pionier III*, dostarczyły cennych informacji na temat tzw. promieniowania pierścieniowego. Jak wykazały już badania, przeprowadzone z pomocą przyrządów, umieszczonych w radzieckich i amerykańskich sztucznych satelitach Ziemi, część cząstek promieniowania kosmicznego, a mianowicie te o najmniejszych energiach są chwytywane przez pole magnetyczne Ziemi. Nie docierają one do samej powierzchni naszego globu, lecz zostają zmuszone do krążenia nad planetą na znacznych wysokościach jako zupełnie mikroskopijne, naturalne „satelity”. Pierwsze pomiary wykazały, iż cząsteczki te tworzą rodzaj pasa, otaczającego Ziemię głównie nad równikiem. Jest to po prostu pierścień naładowanych elektrycznie cząstek i dlatego nazywa się go promieniowaniem pierścieniowym.

Nowe światło na istotę i własności promieniowania pierścieniowego rzuciły ostatnie wyniki pomiarów, wykonanych z pomocą liczników, znajdujących się w próbniku *Pionier III*. Przyrządy te wraz z aparaturą pomocniczą zostały skonstruowane pod kierownictwem znanego amerykańskiego fizyka, dra J. A. van Allena, głównego odkrywcy omawianego promieniowania. Interpretując wyniki pomiarów, wykonanych z pomocą przyrządów *Pioniera III*, van Allen doszedł do wniosku, iż Ziemię otaczają nad równikiem dwa pasy złożone z cząstek naładowanych, a nie jeden taki pas.

Pierwszy pierścień cząstek zaczyna się na wysokości ok. 2250 km. Van Allen sądzi, iż grubość tego pasa wynosi mniej więcej 3200 km, tak że sięga on na wysokość ok. 5450 km. Wyżej znajduje się obszar stosunkowo słabego promieniowania. Dopiero na wysokości prawie 12 800 km zaczyna się drugi pierścień, który jest prawdopodobnie dwukrotnie grubszy od pierwszego i sięga na odległość ok. 19 200 km od Ziemi. Jeszcze wyżej natężenie promieniowania wydaje się znów stosunkowo słabe.

Ilość cząstek, przebiegających w ciągu jednostki czasu przez jednostkę powierzchni przekroju każdego pierścienia zmienia się wraz z wysokością. Ilość ta jest najmniejsza w częściach zewnętrznych obu pierścieni, a największa — w ich środku. Rzecz ciekawa, iż największe natężenie strumienia cząstek w jednym i w drugim pasie jest takie samo. Liczniki, umieszczone w *Pionierze III*, zarejestrowały w centrum jednego i drugiego pierścienia po z górą 26 000 cząstek naładowanych na sekundę.

¹ 3.3. 1959 zgodnie z danymi amerykańskimi przeprowadzono udaną próbę z amerykańską rakieta *Pionier IV* (p. tabl. I).

Zgodnie z współczesnymi poglądami ilość cząstek, wchodzących w skład niższego i wyższego pasa, jest mniej więcej stała. Ciągłe jednak pewne cząstki, obdarzone dostatecznie dużą energią, którą uzyskały chociażby na skutek przypadkowych zderzeń, opuszczają oba pierścienie. Na ich miejsce natomiast dochodzą nowe cząstki promieniowania kosmicznego, świeżo wychwyteane przez pole magnetyczne Ziemi.

Nie ma na razie zgodności odnośnie natury cząstek, wchodzących w skład promieniowania pierścieniowego. Van Allen skłania się do przypuszczenia, iż są to raczej elektrony. Znany fizyk amerykański, dr F. Singer, twórca teorii omawianego zjawiska, uważa jednak, iż są to protony. Jeżeli cząstki, o które chodzi, są elektronami, to stwierdzone maksymalne natężenie promieniowania pierścieniowego odpowiada dawce promieniowania 10 rentgenów/godz. Jeżeli jednak są to protony, to dawka wynosi wówczas aż 100 rentgenów/godz. Ponieważ za zupełnie bezpieczną dla zdrowia ludzkiego uważa się dawkę zaledwie 0,0075 rentgena/godz, odkryte fakty mają doniosłe znaczenie dla przyszłości lotów rakiet i sztucznych satelitów z załogą ludzką.

Jerzy Minczewski

CHEMIA ANALITYCZNA W PROBLEMATYCE ENERGII JĄDROWEJ,

(Na marginesie III Międzynarodowej Konferencji Narodów Zjednoczonych na temat Pokojowego Wykorzystania Energii Jądrowej, Genewa 1—13 września 1958 roku).

Redakcja Kosmosu B zwróciła się do mnie o napisanie moich wrażeń, czy refleksji, jakie odniosłem z II Konferencji Genewskiej jako chemik-analytyk. Prace z zakresu chemii analitycznej zgłoszone na tę konferencję omówiłem już wcześniej dość dokładnie w artykule dla „Nukleoniki” (w druku).

Wydało mi się natomiast, że dla czytelnika może być również interesujące naświetlenie przy tej okazji innego tematu, mianowicie wykazanie związku, jaki istnieje między chemią analityczną, a problemami energii jądrowej, związanymi zwykle w potocznym ujęciu głównie z pracami fizyków.

Nieco uwag na ten temat, dalekich zresztą od jego wyczerpania, zilustrowanych tematyką analityczną II Konferencji Genewskiej, zawiera niniejszej artykuł.

Chemia analityczna jest to gałąź chemii, która zajmuje się ustalaniem składu jakościowego i ilościowego badanej substancji. Rozwój jej związany jest z samymi początkami chemii, kiedy głównym zadaniem chemików było właśnie ustalanie składu substancji spotykanych w otaczającej nas naturze. Ten okres zainteresowań głównie materią nieożywioną, nieorganiczną, doprowadził do opracowania, z czasem bardzo szczegółowego i precyzyjnego, klasycznych metod jakościowej i ilościowej analizy nieorganicznej.

Dalszy rozwój chemii w kierunku ustalania podstaw praw chemicznych oraz syntezy nowych związków popchnął naprzód głównie chemię nieorganiczną, fizyczną i organiczną.

Chemia analityczna, ograniczona wówczas niemal do klasycznej analizy nieorganicznej uznana została za dziedzinę z punktu widzenia naukowego prawie zakończoną, samo zaś wykonawstwo analiz określono, i nie bez pewnej słuszności, mianem rzemiosła, którym zajmował się personel pomocniczy — technicy, laboranci.

Okres ten nie był pozbawiony oczywiście całkiem postępu naukowego w tej dziedzinie, w tych bowiem czasach zaczęto wprowadzać do chemii analitycznej szereg metod fizyko-chemicznych i fizycznych, takich jak ko-

lorymetria, spektrografia emisyjna, metody elektrochemiczne (potencjometria, konduktometria).

Sytuacja w chemii analitycznej uległa pierwszy raz generalnej zmianie w latach dwudziestych naszego wieku i to wskutek wielkiego rozwoju przemysłu na całym świecie. Trzeba zauważyć, że laboratorium analityczne stanowi integralny składnik każdego, niemal bez wyjątku, zakładu przemysłowego. I to składnik, mimo pozorów podrzędności, bardzo istotny. Każdy zakład przemysłowy nabywa surowce i materiały pomocnicze, zbywa produkty. Każdy zakład musi znać zupełnie dokładnie jakość nabywanych materiałów, ich skład, czystość itp. własności, a odpowiedź na to daje mu w większości przypadków właśnie laboratorium analityczne.

Rozwój przemysłu chemicznego i metalurgicznego związany był z wprowadzaniem coraz to nowych i coraz trudniejszych procesów technologicznych, których przeprowadzenie wymagało stałego, bardzo dokładnego śledzenia ich przebiegu, obserwacji przereagowania reagentów, ustalania właściwego kierunku reakcji.

Narzędziem badającym w zakładzie przemysłowym bieg produkcji jest również laboratorium analityczne. Wreszcie z analizą spotykamy się stale we wszystkich badaniach chemicznych w chemii nieorganicznej, fizycznej i organicznej, kiedy wyniki analiz dostarczają nam danych, z których dopiero wyciąga się właściwe wnioski odnośnie przebiegu badanego zjawiska czy reakcji. Rozwój chemii, badania coraz to bardziej skomplikowanych i trudnych obiektów wymagały też rozwoju chemii analitycznej.

Te właśnie przemysłowe laboratoria kontroli produkcji i ich żądania stały się bodźcem olbrzymiego rozwoju chemii analitycznej w latach dwudziestych i trzydziestych naszego wieku. Chemicy-analitycy zaczęli wprowadzać do praktycznego zastosowania liczne metody fizyczne i fizykochemiczne, udoskonalać aparaturę i metodykę.

Wszystkie te prace opierały się na bardzo szeroko zakrojonych pracach podstawowych, naukowych. Równolegle zaczęto prowadzić badania nad wyjaśnieniem naukowych podstaw różnych empirycznych metod analitycznych. Chemia analityczna odżyła jako pełnoprawna gałąź nauk chemicznych. Można oczywiście dyskutować, czy podstawowe badania tego typu należy zaliczyć do chemii analitycznej, czy do chemii fizycznej (np. badania kompleksów ważnych w analizie), lub do chemii organicznej (np. wpływ budowy odczynnika organicznego na jego właściwości analityczne), są to jednak dyskusje raczej akademickie wykazujące tylko, że nauki są dziś ze sobą tak ściśle powiązane, iż niemożliwa prawie jest praca w bardzo wąskim zakresie w oderwaniu od nauk pokrewnych.

W tym stanie bujnego rozwoju chemii analitycznej, z trudem nadszającej za wymaganiami innych nauk i przemysłu, świat wkroczył w dziedzinę badań atomowych, jądrowych — dziedzinę techniki na najwyższym poziomie.

O roli chemii analitycznej i analityków w tej dziedzinie mówi się mało, a przecież i ta nauka ma swój wkład w problematykę energii jądrowej. Wynika on przede wszystkim z bardzo wielkich wymagań, jakie stawia przemysł jądrowy wszelkim surowcom i materiałom pomocniczym stosowanym w konstrukcji i eksploatacji reaktorów.

Pierwsze amerykańskie prace z tej dziedziny zostały wydane w postaci zbiorowego wielotomowego wydawnictwa pt. *National Nuclear Energy Series*.

Przeglądając nazwiska związane z pracami składającymi się na VIII—1 tom tego wydawnictwa, pt. *Analytical Chemistry of the Manhattan Project*, widzimy, że do prac analitycznych związanych z pierwszym programem atomowym zostali wciągnięci wszyscy najwybitniejsi specjaliści analitycznej chemii USA. Najlepszy to dowód wagi, jaką przywiązywano do tego problemu.

Głównym zadaniem, jakie prace związane z energią jądrową postawiły przed chemią analityczną, było opracowanie metod analitycznych oznaczania paliw jądrowych: uranu, toru, plutonu oraz rzadkich składników materiałów pomocniczych, takich jak np. cyrkon, oraz oznaczanie śladowych zanieczyszczeń tych i innych materiałów. Ten drugi kierunek zaważył szczególnie na ogólnym rozwoju chemii analitycznej. Konieczność oznaczania w materiałach reaktorowych zanieczyszczeń rzędu 10^{-6} — 10^{-8} wymagała w wielu przypadkach opracowania nowych metod, zastosowania nowych odczynników. Kierunek analizy śladowej dominuje w ostatnich latach wyraźnie w chemii analitycznej.

Pierwsze prace analityczne związane z energią jądrową zaczęły ukazywać się w 1955 r.

Na I-ej Konferencji Genewskiej opublikowano główne osiągnięcia w tej dziedzinie we wszystkich krajach, które miały już w tej dziedzinie coś do powiedzenia. W Polsce rozpoczęto prace w tym kierunku niedługo przed I Konferencją Genewską, na której weszły one do zbiorowego komunikatu poświęconego technologii grafitu reaktorowego. Prace te dotyczyły oznaczania śladów boru w jądrowo-czystym graficie i surowcach do jego wyrobu.

Po I Konferencji Genewskiej prace analityczne związane z energią jądrową ukazują się systematycznie w prasie fachowej i każdy numer pism analitycznych przynosi nowe rozwiązania tych trudnych problemów.

Przegląd polskich prac z tej dziedziny wykonanych do roku 1957 włącznie znaleźć można w referacie autora niniejszego artykułu, opublikowanym w czasopiśmie *Nukleonika*.

*

We wrześniu 1958 roku odbyła się w Genewie II Międzynarodowa Konferencja poświęcona pokojowemu wykorzystaniu energii jądrowej. Chemia analityczna była na niej reprezentowana dość obszernie, mimo że, jak wspomniałem wyżej, w okresie między konferencjami prace analityczne były systematycznie publikowane.

Chemii analitycznej poświęcona była sesja C-11 (III część problemu „Chemia podstawowa w energii jądrowej”) oraz połowa sesji E-7a (II część problemu: „Przerób rud i metody analityczne”).

Na sesji C-11 pod przewodnictwem Akademika prof. dr. A. P. Winogradowa, dyrektora Instytutu Geochemii i Chemii Analitycznej im. Wernadskiego w Moskwie, zebrali się analitycy, związani z problematyką energii jądrowej na świecie z takimi znawcami tych zagadnień na czele, jak Palej z Instytutu Wernadskiego z Moskwy, Lédicotte z Oak Ridge w USA, Milner z Harwell w Anglii, Mackintosh z Kanady, Athawale z Indii.

Referaty z chemii analitycznej zgłoszone na II Konferencję z zakresu omawianych wyżej zagadnień wskazują, że prace w kierunku zarówno oznaczania paliw jądrowych, jak i badania czystości ich i materiałów pomocniczych prowadzone są wszędzie bardzo intensywnie. W krajach przodujących w energetyce jądrowej weszły już one w stadium dalsze — w stadium automatyzacji kontroli przemysłu uranu i toru. Wykorzystuje się w tym celu metody radiometryczne, kolorymetryczne i polarograficzne. Dużo prac poświęca się bezpośredniemu oznaczaniu uranu w roztworach w rozpuszczalnikach organicznych, z jakimi spotykamy się w toku produkcji uranu. Tego zagadnienia dotyczy I komunikat polski zgłoszony przez Zakład Chemii Analitycznej Instytutu Badań Jądrowych w Warszawie (P/1596, Minczewski J., Kołyga S., Wódkiewicz L., *The Reductometric Determination of Metals in Non-Aqueous Media*).

Drugi polski komunikat z tego samego ośrodka podał metodę spektrograficznego oznaczania uranu w rudach i pozostałościach po ich ługowaniu, w której pracownikom naszym udało się znacznie polepszyć wykrywalność uranu osiągając 0,001‰. (P/1595, Czakov J., Radwan Z., Strzyżewska B., *The Spectrographic Determination of Uranium in Ores and in Residues from Leaching by the Powder Sifting Method in the A. C. Arc*).

Kilka prac poświęconych było metodom analitycznym badania paliwa naświetlonego, problemowi badań najtrudniejszemu w tej dziedzinie. Trzeba oznaczać bardzo małe zawartości różnych pierwiastków powstałych w paliwie w toku pracy reaktora, obok masy uranu, czy toru, operując próbkami o wielkiej aktywności promieniowania.

Prace zmierzają do opracowania metod najczulszych, pozwalających oznaczać możliwe najmniejsze ilości, co pozwala zmniejszyć ogólną masę badanej próbki, a tym samym aktywność, z którą trzeba pracować.

Przedstawiono nowe metody oznaczania berylu, cyrkonu, badania zanieczyszczeń wody ciężkiej stosowanej jako spowalniacz, oznaczania śladów gazów w metalach.

W dziedzinie oznaczania zanieczyszczeń śladowych osiągnięto bardzo znaczny postęp w dziedzinie fotometrii płomieniowej. W ośrodku w Harwell w Anglii opracowano metodę opartą na fotometrii płomieniowej, pozwalającą oznaczać 0,0005 części na milion litu, 0,004 cz. n. m. wapnia. Wyniki te wykazują czułości o dwa rzędy wielkości większe od uzyskiwanych uprzednio.

Naszkicowane powyżej kierunki prac chemii analitycznej dotyczyły usług, jakie oddała chemia analityczna w rozwoju energii jądrowej. Powiązanie chemii analitycznej z tą dziedziną nie ogranicza się wyłącznie do tego. Drugim wielkim węzłem łączącym te dwie dziedziny jest wykorzystanie zjawisk radiochemicznych w chemii analitycznej.

ZASTOSOWANIE METOD RADIOMETRYCZNYCH

Metody te, jak wiadomo, wykorzystują zjawisko stosunkowo łatwego i bardzo czułego wykrywania pierwiastków promieniotwórczych za pomocą wszelkiego rodzaju liczników promieniowania. Na tej zasadzie oparte są głównie metody radiometryczne w chemii analitycznej stosowane od dość dawna, a rozwijające się w wielkim tempie w ostatnich latach.

Główne z tych metod to metoda aktywizacji neutronowej i rozcieńczenia izotopowego.

Pierwsza polega na możliwości otrzymania sztucznych izotopów promieniotwórczych pod wpływem naświetlania badanych substancji strumieniem neutronów w reaktorze.

Jeżeli naświetlaniu takiemu poddamy substancję zanieczyszczoną nawet bardzo małymi ilościami pierwiastków łatwo dających izotopy promieniotwórcze, to mierząc promieniowanie tych izotopów, możemy określić zawartość zanieczyszczeń w próbce. Metoda ta pod względem czułości jest zupełnie bezkonkurencyjna wśród innych metod chemii analitycznej. Niektóre pierwiastki można tym sposobem oznaczać w stężeniu 10^{-10} do 10^{-15} , czyli o kilka rzędów poniżej najczulszych dotychczas metod fizycznych i fizyko-chemicznych.

Metoda rozcieńczenia izotopowego pozwala bardzo uprościć zwykle postępowanie analityczne, pozwala bowiem oznaczyć składnik próbki bez konieczności całkowitego wydzielenia go z badanej mieszaniny, który to zabieg stanowi zawsze największą trudność w toku analizy.

Metody te były również przedmiotem prac zgłoszonych na I i na II Konferencję Genewską. Na II Konferencji rewelacyjny wręcz był referat Ledicotte'a i współpracowników z ośrodka w Oak Ridge (USA), w którym podano zastosowania metody aktywacji neutronowej do badania zanieczyszczeń wielkiej liczby produktów i surowców przemysłowych i użytkowych. Ośrodek ten wykonuje tysiące analiz dla całych Stanów Zjednoczonych i wykazuje dobitnie, jaki postęp wprowadzenie tej metody dało chemii analitycznej. Jest ona w szeregu przypadków zupełnie bezkonkurencyjna, gdy chodzi o czas wykonania oraz czułość i dokładność wyników.

Pisząc o powiązaniach chemii analitycznej z problemami energii jądrowej nie można wreszcie pominąć użyteczności stosowania sztucznych izotopów promieniotwórczych w toku opracowywania metod analitycznych. Sprawdzanie całkowitości ekstrakcji, sprawdzanie metod rozdzielania za pomocą jonitów, czy chromatografii bibułowej, sprawdzanie zjawisk współstrącania i wielu, wielu innych najłatwiej przeprowadza się właśnie przy zastosowaniu izotopów dzięki wspomnianej łatwości ich ilościowego oznaczania. Prace takie referowane były na konferencji genewskiej zarówno w dziale samej chemii analitycznej, jak i w pracach geochemicznych, geologicznych i radiochemicznych.

Metody radiometryczne w chemii analitycznej stanowią niewątpliwie poważny odcinek w pokojowym wykorzystaniu energii jądrowej i oddadzą przede wszystkim przemysłowi wielkie usługi.

Pisząc powyższe uwagi na temat związku między chemią analityczną i problemami energii jądrowej, daleki jestem od stawiania chemii analitycznej wśród naczelných problemów energii jądrowej, sądzę tylko, że mogą one raz jeszcze podkreślić wielką złożoność problemów najwyższych technik, mogą wykazać, jak wiele wielostronnych wysiłków umysłu ludzkiego składa się na prawdziwie wielkie osiągnięcia i jak wielkie efekty dają takie osiągnięcia w najrozmaitszych dziedzinach nauki, przemysłu i życia.

FIZYKA REAKTOROWA NA KONFERENCJI GENEWSKIEJ R. 1958

W przeciwieństwie do zagadnień termonuklearnych, stanowiących na II Międzynarodowej Konferencji Pokojowego Wykorzystania Energii Atomowej w Genewie chyba najbardziej atrakcyjny fragment sesji ogólnych i technicznych — zagadnienia reaktorów rozszczepieniowych oraz związane z nimi zagadnienia fizyki reaktorowej nie były tak fascynujące jak trzy lata temu na I Konferencji Genewskiej. Takiego stanu rzeczy spodziewano się, a dla uczestników Konferencji — żadnych nowych sensacji naukowych — przebieg Konferencji, jeśli chodzi o zagadnienia reaktorowe, był rozczarowaniem. Niemniej jednak obiektywnie można chyba dojść już teraz do wniosku, że fizyka reaktorowa w minionym trójleciu rozwinęła się bardzo intensywnie, że jesteśmy w fazie pośredniej między fizyką czystą, badającą zjawiska nuklearne same w sobie (okres od 1939 do odtajnienia na I Konferencji 1955), a konwencjonalnymi, klasycznymi rozwiązaniami technicznymi, których należy oczekiwać w najbliższych kilkunastu latach. Jest to już faza mniej burzliwej koncepcyjnie, a zato bardziej systematycznej pracy tysięcy uczonych, technologów i techników nuklearnych w jasno już wyłaniającym się kierunku opanowania energii, pochodzącej ze zjawiska rozszczepienia.

Rozmiar prac prowadzonych w zakresie fizyki reaktorowej w minionym trzyletnim okresie między obiema konferencjami trafnie scharakteryzował znany fizyk amerykański Wigner, występując na jednej z sesji fizycznych ostro przeciw rozpowszechnianym przez niektórych fizyków nianiemaniu, że fizyka reaktorowa przestała już być dyscypliną fizyczną, a zatem całość zagadnień wchodzących w zakres jej działalności może z powodzeniem być rozwiązana przez technikę. Wigner zwrócił uwagę przede wszystkim na trzy najbardziej żywe i płodne w osiągnięcia naukowe kierunki pracy fizyki reaktorowej, które rozwinęły się szybko od 1955 r., a mianowicie:

- 1) spektrometrię neutronową,
- 2) fizykę rozszczepienia,
- 3) fizykę ruchu neutronów w materii, szczególnie w zakresie energii niskich, porównywalnych z energią wiązań chemicznych środowiska dyfuzyjnego.

Poniżej przedstawimy kilka informacji odnośnie osiągnięć w tych dziedzinach (*Parametry nuklearne materiałów reaktorowych*), następnie omówimy przedstawione na Konferencji metody pomiaru strumienia neutronów w zależności od ich energii kinetycznej i miejsca w układzie

reaktorowym (*Widmo i rozkład przestrzenny neutronów w układach reaktorowych*) i zakończymy nasze sprawozdanie zreferowaniem prac prowadzonych na zestawach wykładniczych, stanowiących najbardziej syntetyczną formę badań z zakresu fizyki reaktorowej (*Doświadczenia całkowite i wykładnicze*).

PARAMETRY NUKLEARNE MATERIAŁÓW REAKTOROWYCH

Tą nazwą oznaczamy dane, dotyczące prawdopodobieństwa oddziaływania (czyli reakcji) neutronu o określonej prędkości (a zatem odpowiedniej energii kinetycznej E) z jądrami substancji, przez którą neutron ten przechodzi, czyli tzw. *przekroje czynne* danego typu jąder na daną reakcję z neutronami; dalej — np. ilość neutronów wyrzucanych przez jądro w wyniku jego rozszczepienia, charakterystyki zachowania się resztek jądra rozszczepionego, tzw. fragmentów rozszczepieniowych, rodzaju promieniowania gamma wysyłanego przez jądro w wyniku pochłonięcia neutronu i szereg innych podobnych lub jeszcze bardziej finezyjnych informacji o zachowaniu się danego jądra atomowego. Znajomość tych wielkości w połączeniu z odpowiednio finezyjną teorią reaktorów przy zastosowaniu zaawansowanych maszyn matematycznych (szybkoliczące maszyny cyfrowe) ma podstawowe znaczenie dla prawidłowego, coraz bardziej precyzyjnego i bardziej zbliżonego do rzeczywistości fizycznej projektowania reaktorów nuklearnych. Ponadto informacje te odgrywają dużą rolę w poznaniu samego mechanizmu tych reakcji nuklearnych, co oznacza duży wkład w rozwój takich dziedzin fizyki czystej, jak teoria struktury jądra lub teoria reakcji nuklearnych, w szczególności fizyka reakcji rozszczepienia.

Głównym referatem podsumowującym wyniki doświadczalne w zakresie przekrojów czynnych był amerykański referat Hughes'a (2483) ze słynnego centrum opracowywania przekrojów czynnych Brookhaven. W porównaniu z rokiem 1955 w zakresie przekrojów czynnych zaznaczył się olbrzymi postęp, nagromadzono sporą ilość materiału doświadczalnego, co umożliwia już teraz sprawdzenie tych wielkości doświadczalnych pod względem ich dokładności i wzajemnej zgodności.

W tym miejscu musimy rozszerzyć nieco nasze wyjaśnienia: reakcja neutronu z danym jądrem może być różnego rodzaju. Tak więc neutron może zderzyć się z jądrem i odbić się od niego sprężysto (tzw. rozproszenie sprężyste), może stracić w tym zderzeniu część energii (która wzbudza jądro i „każe“ mu wysyłać promienie gamma), czyli rozprószyć się niesprężysto; może ulec całkowitemu pochłonięciu i nadmiar uzyskanej energii stracić bądź w postaci wysyłania promieni gamma (tzw. wychwyt radiacyjny, czyli reakcja n -gamma) lub też o ile energia kinetyczna neutronu padającego jest większa — przez wysyłanie cząstek, np. protonów lub alfa (reakcja n , p lub n , α). Całkowity przekrój czynny danego jądra jest zatem sumą przekroju czynnego na rozpraszanie i na pochłanianie.

Reakcje jąder jakiegś substancji z neutronami powstającymi w reaktorze rozciągają się na obszar poniżej $1/40$ eV — gdzie energia ta jest dla temperatury 20°C energią neutronów znajdujących się w stanie równowagi termicznej z atomami środowiska, w którym się poruszają — aż do

około 15 Mev, inaczej mówiąc reakcje te mogą zachodzić w zakresie około 8—9 rzędów wielkości energii neutronu. Ze względu na różnorodne zachowanie się jądra w różnych zakresach energii — przyjęto dzielić energetyczny zakres reakcji na termiczny (do ok. 0,3 eV), rezonansowy (od 0,3 eV do 100 000 eV) oraz prędkie (powyżej ok. 100 000 eV). W zakresie rezonansowym idąc od 0,3 eV w kierunku wzrastających energii zaczyna się nierównomierność w przebiegu krzywej przekroju czynnego: dla określonych energii neutronu jądro ma olbrzymie prawdopodobieństwo reakcji, które dla najbliższych energii sąsiadnych spada do wielkości minimalnych — czyli że w tych punktach mamy do czynienia z tzw. rezonansami nuklearnymi. W miarę przechodzenia w zakres prędkie rezonanse zmniejszają się co do swej wielkości i zacieśniają się. Ostatecznie zachodzą one na siebie i w zakresie prędkim tworzą gładką krzywą.

Omówmy najpierw przekroje całkowite:

W zakresie termicznym informacje doświadczalne zawsze były obfitsze niż w pozostałych zakresach energetycznych (patrz referaty 666 oraz 2494). W ostatnim okresie wysiłek naukowy koncentrował się przede wszystkim na zwiększeniu dokładności pomiarowej dla pierwiastków cechujących, jak złoto lub bor, oraz na uzyskaniu bardzo dokładnych wartości dla materiałów rozszczepialnych i strukturalnych.

W zakresie rezonansowym nasza wiedza o parametrach nuklearnych pozostawia jeszcze wiele do życzenia (2483, 204, 1186). Znaczenie natomiast tych informacji jest szczególnie ważne ze względu na to, że uzysk powielania materiału rozszczepialnego w reaktorze, a także stabilność temperaturowa reaktora zależy w silnym stopniu od oddziaływań neutronowych w tym zakresie.

W zakresie prędkim (referaty 2494, 666, 2030, 2220) przekroje czynne materiałów reaktorowych są już dość dobrze znane, ale ze stosunkowo małą dokładnością.

Przejdźmy teraz do przekrojów czynnych na niektóre (najważniejsze dla fizyki reaktorowej) reakcje nuklearne.

Do wyznaczenia tych przekrojów czynnych potrzeba o wiele większego strumienia neutronów niż w przypadku przekrojów całkowitych, ponadto uzyskanie dobrych wyników doświadczalnych jest w znacznym stopniu uzależnione od bezwzględnego pomiaru strumienia neutronów lub ich energii (patrz następny rozdział). Jak dotąd mamy nieporównalnie mniej wyników niż dla całkowitych przekrojów czynnych, wyteżony wysiłek ostatnich lat doprowadził już jednak do pewnej poprawy sytuacji, i tak:

a) Przekrój czynny na wychwyt radiacyjny (referaty 667, 2029, 2219, 655). Dotychczas uzyskane wyniki tej bardzo ważnej wielkości nuklearnej nie odznaczały się dużą zgodnością. Do pomiaru tego przekroju czynnego stosuje się następujące metody: 1) analizę aktywności, — o ile produktem wyjściowym jest radioizotop, 2) analizę spektrometrem masowym — dla produktów wyjściowych stałych, 3) pomiar zmiany strumienia w reaktorze np. metodą oscylacyjną, 4) wykrywanie promieniowania gamma wysyłanego w wyniku wychwytu neutronu. Ta ostatnia metoda, której przeprowadzenie wymaga zastosowania techniki scyntylatorów, okazała się szczególnie płodna i była na Konferencji dyskutowana bardzo żywo.

b) Przekrój czynny na rozpraszanie niesprężyste: te parametry są bardzo trudne do zmierzenia ze względu na konieczność wyznaczania rozkładu energetycznego neutronów rozproszonych dla każdej wartości energii neutronów padających. Istnieje kilka metod bezpośrednich, jak np. pomiar neutronów rozproszonych metodą czasu przelotu lub pomiar promieni gamma związanych z rozpraszaniem niesprężystym oraz pośrednia metoda kulek przy zastosowaniu detektorów prógowych.

c) Przekrój czynny na rozszczepienie: pomiary tego przekroju czynnego uległy w ubiegłym okresie widocznej poprawie (2483, 1599, 204, 1186), zarówno jeśli mowa o zakresie rezonansowym, gdzie udało się znacznie polepszyć zdolność rozdzielczą, jak i w zakresie przedkim, gdzie uzyskano polepszenie wartości bezwzględnych. Tak więc np. dla U-233 szereg wyników z laboratoriów całego świata zgadza się bardzo dobrze ze sobą mimo trudnych zagadnień związanych z wydajnością licznika i pomiarem bezwzględnym strumienia. Podobne polepszenie wykazują wyniki dla U-238. Można zauważyć wyraźną strukturę przekroju czynnego na rozszczepienie; przy około 0,7 Mev, jak również przy wyższych energiach (około 7 Mev) widoczne jest na krzywej przekroju na rozszczepienie rozpoczęcie reakcji (n , $2n$).

Dużym wydarzeniem naukowym, a jednocześnie niespodzianką w tej dziedzinie była praca młodego tureckiego naukowca Saplakoglu (1599) wykonana w amerykańskim Ośrodku Nuklearnym Argonne, dotycząca bezpośredniego pomiaru przekroju czynnego na rozszczepienie U-235. Dotychczasowe wielkości światowe wynoszą 587 ± 5.10^{-24} cm², zaś Saplakoglu wykazał, że wielkość ta powinna wynosić 605 ± 6.10^{-24} cm², czyli że otrzymał wielkość o 4% wyższą od wielkości dotychczas powszechnie przyjmowanej.

Zagadnienie fizyki rozszczepienia (patrz: referaty 2467, 663 i 665, 2221, 1633, 688, 198, 551, 691, 187, 1188) było w Genewie omawiane bardzo szeroko, czego dowodem jest fakt, że z tą tematyką wiąże się około 100 prac przedstawionych na Konferencję. Nad fizyką rozszczepienia dyskutowano nie tylko z punktu widzenia przekrojów czynnych, lecz również pozostałych bardzo złożonych zjawisk. Referat zbiorczy na temat procesu rozszczepienia z punktu widzenia mechanizmu reakcji wygłosił Leachman ze Stanów Zjednoczonych (2467), wskazując na obfitość nowych odkryć w tej dziedzinie. Jednym z najtrudniejszych aspektów rozszczepienia jest zrozumienie zjawisk przy przejściu pękającego jądra przez tzw. „punkt siodłowy” tj. moment przewężenia się jądra na dwie części, co prowadzi do jego pęknięcia. Niewyjaśniony pozostaje dotąd fakt, że jądra rozszczepiają się na niesymetryczne, nie identyczne fragmenty.

Zagadnienie termalizacyjne. Do tej pary mówiliśmy o reakcjach neutronu o energii kinetycznej E z jądrami, które w pierwszym przybliżeniu uważaliśmy za nieruchome. Taki obraz jest słuszny wtedy, gdy energia neutronu jest większa od energii drgań lub obrotów atomu czy drobin w danym środowisku materiałowym. W zakresie termicznym i leżącym niżej w skali energetycznej zakresie neutronów zimnych ma miejsce rozpraszanie niesprężyste neutronu na atomach środowiska, przy czym neutron może oddać swą energię, albo ją od atomu uzyskać (tzw. oddziaływanie neutronu z fononami lub rotonami). Dla uzyskania infor-

macji tego typu konieczne jest wyznaczenie przekroju czynnego na rozproszenie oraz jego wartości różniczkowej dotyczącej określonego kąta bryłowego, a także wyznaczenie średniej energii rozproszonej w funkcji energii neutronu padającego. Wiązania chemiczne atomów środowiska, w którym występuje taka dyfuzja neutronów, odgrywają w tych oddziaływaniach szczególną rolę. Rozwiązanie zagadnień powyższego typu, zwanych zagadnieniami termalizacji, ma podstawowe znaczenie dla fizyki reaktorowej przy realizacji układów, w których występują duże różnice temperatury środowiska, np. między rdzeniem a reflektorem (patrz ref. 1839, 18, 1638, 2148).

WIDMO I ROZKŁAD PRZESTRZENNY NEUTRONÓW W UKŁADACH REAKTOROWYCH

O ile w poprzednim rozdziale zwracaliśmy uwagę na pomiary wielkości nuklearnych, to teraz musimy poświęcić parę słów zagadnieniu uzupełniającemu poprzedni cykl tematów, tzn. zagadnieniu wyznaczenia strumienia w zależności od energii i miejsca w rdzeniu i reflektorze. Na Konferencji przedstawiono bądź to opierano się na następujących metodach pomiaru widma neutronów:

- 1) analiza stałej wiązki neutronów przy pomocy selektora neutronów lub spektrometru krystalicznego;
- 2) analiza wiązki impulsowanej przy pomocy analizatora czasu przeletu;
- 3) analiza stałej wiązki przy pomocy pomiarów na przepuszczanie neutronów przez znane absorbenty i liczenie na wycechowanym detektorze;
- 4) analiza tzw. stosunków kadmowych uzyskanych przy pomocy całkowego detektora znajdującego się w danym środowisku;
- 5) pomiar zmiany reaktywności w reaktorze krytycznym w wyniku włożenia do układu absorbentów o różnych przekrojach czynnych.

O ile pierwsza metoda jest już dobrze znana i powszechnie stosowana, to druga jest szczególnie interesująca. Była ona przedstawiana przez Anglików (Poole, Campbell ref. 10), którzy zastosowali do tych celów elektronowy akcelerator liniowy, w którym jony deuteru bombardują tarczę uranową impulsami szerokości 1 μ sec powtarzanymi co 20 milisekund. Trzecią metodę zastosowali Belgowie (ref. 1673) badając rozkład przy pomocy folii złota. Metoda czwarta jest powszechnie znana, zaś metoda piąta jest bardzo ciekawa, polega ona na zastosowaniu tzw. oscylatora reaktorowego, tj. urządzenia poruszającego badaną próbkę w sferze oddziaływania reaktora w sposób okresowy (ref. 14).

DOŚWIADCZENIA CAŁKOWE I KRYTYCZNE

Następnym, bardziej syntetycznym etapem doświadczalnym są doświadczenia całkowite, które rozumiemy jako pomiary pewnych przekrojów czynnych, strumieni lub ich iloczynów — nie dla poszczególnych energii E neutronu lecz dla pewnego przedziału energii leżącego np. między 0 a granicą zakresu termicznego i rezonansowego. Uzyskanie takich da-

nych pozwala nam zastosować bardzo proste, choć żmudne równania różniczkowe opisujące przebieg zjawisk w reaktorze i przez ich rozwiązanie, tj. przez znalezienie warunku krytycznego, uzyskać informacje, w jakich warunkach zrealizowanie samoistnej reakcji rozszczepienia jest możliwe.

Ostatnim natomiast etapem jest urzeczywistnienie tzw. doświadczenia krytycznego, które bez żmudnych rachunków teoretycznych daje wprost odpowiedź na to, jakie jest k , lub też jak to częściej się stosuje — jaka jest różnica $k-1$, tzn. jaki jest nadmiar współczynnika mnożenia, czyli reaktywność reaktora.

Doświadczenie krytyczne może nam dać nie tylko na powyższe zagadnienie ostateczną syntetyczną odpowiedź, daje ono także informacje z fizyki parametrów nuklearnych, oraz wskazania o współczynnikach bezpieczeństwa, które należy stosować w przypadku materiałów rozszczepialnych. Ograniczymy się poniżej do informacji o zastosowaniu doświadczeń krytycznych do projektowania reaktorów.

Dla projektu reaktora zestaw krytyczny odgrywa rolę podobną do roli tunelu aerodynamicznego przy projektowaniu samolotów. W zasadzie pełna wiedza o wszystkich neutronowych przekrojach czynnych, wydajnościach reakcyj w funkcji energii E neutronu pozwoliłaby projektantowi obliczenie rozkładu neutronów w zależności od położenia i energii, a zatem umożliwiłaby szczegółowe opracowanie konfiguracji reaktora. Takie też jest znaczenie badań, o których była mowa w rozdziałach poprzednich. Jak wynika jednakże z dotychczasowych osiągnięć, w naszej wiedzy o parametrach reakcyj nuklearnych istnieje jeszcze tyle luk, zaś uzyskane dane mają zbyt ograniczoną dokładność, co powoduje, że nawet dokładne teorie nie mogą być jeszcze w pełni wyzyskiwane. W tej sytuacji eksperymentator szuka definitywnej odpowiedzi, kiedy reaktor stanie się krytyczny przy orientacyjnym stosowaniu bardziej przybliżonych teorii reaktorowych.

Doświadczenia krytyczne dają informację o nuklearnym zachowaniu się rdzenia i reflektora reaktorowego, przyczym umożliwiają dokonywanie zmian celem uzyskania optymalnego rozwiązania zadań postawionych przez projekt. Pełny program tych badań jest zwykle trójstopniowy, a mianowicie: a) doświadczenie wykładnicze, b) doświadczenie krytyczne i c) doświadczenie mocy zerowej.

a) Doświadczenie wykładnicze. — W przypadku dużych reaktorów budujemy najpierw zestaw z materiałów takich, z jakimi mamy do czynienia w projektowanym reaktorze, jednakże przy ich zastosowaniu w o wiele mniejszych ilościach. Seria doświadczeń wykładniczych daje możliwość przewidywania wymiarów gotowego reaktora i to dla różnych parametrów siatki, dla różnych wzbogaceń paliwa itp. O ile eksperymentator dysponuje silnym źródłem neutronów, można również wykonać pomiary parametrów nuklearnych podstawowej komórki reaktora oraz widma neutronów.

b) Doświadczenie krytyczne. — Po próbnym wyznaczeniu wielkości zestawu przy pomocy obliczeń lub doświadczenia wykładniczego następuje wyznaczanie dokładnych charakterystyk nuklearnych reaktora serią doświadczeń krytycznych. Najpierw przeprowadza się typowy już obecnie program badań z zakresu statyki reaktora, jak np. wyznaczenie masy krytycznej, zmniejszenie wymiarów rdzenia przez otoczenie go reflektorem.

rem, wyznaczenie współczynnika mnożenia k oraz długości wędrówki neutronu od chwili jego utworzenia do chwili zniszczenia. Następnie bada się kinetykę reaktora, którą określa się współczynnikiem reaktywności w funkcji czasu, temperatury itp., oraz mierzy się efektywność prętów sterowniczych układu.

c) Ostatnim punktem programu są zwykle doświadczenia na zestawach mocy zerowej (tj. kilku do kilku tysięcy watów mocy cieplnej), przy pomocy których szczegółowo mierzy się np. rozkład strumienia dla różnych położeń prętów sterowniczych, bada się np. splaszczanie strumienia powstające w wyniku nierównomiernego załadowania paliwem itp. Do dalszych ważnych informacji należy ustalenie zależności między położeniem i wydajnością źródła rozruchowego, znajdującego się w reaktorze, a znaczeniem neutronów o danej energii w danym punkcie reaktora. Na zestawach mocy zerowej można następnie wyznaczać natężenie promieniowania gamma i neutronów dla wykrycia największej efektywności osłon oraz określać współczynnik wypalania paliwa.

Konferencja Genewska przedstawiła bogaty materiał informacyjny o zestawach krytycznych. Bardzo szczegółowo omówiono zagadnienia fizyki zestawów prędkich (Ref. 39, 637, 598, 592 oraz 2038), jak również pokazano szereg rozwiązań konstrukcyjnych (Stany Zjedn., W. Brytania, ZSRR). Prace z zakresu zestawów pośrednich były stosunkowo fragmentaryczne, świadczące o tym, że w tej dziedzinie nie jesteśmy jeszcze bardzo zaawansowani. Największą ilością publikacji cieszyły się zestawy termiczne, które podzielono przy ich przedstawianiu według rodzaju moderatora, a więc: zestawy ciężkowodne — Szwecja, Kanada, Francja, Stany Zjedn., Jugosławia, ZSRR (Ref. 151, 160, 212, 336, 590, 491, 2036); zestawy wodne — Stany Zjedn., Indie, Francja (1067, 1894, 1203, 593); zestawy berylowe — Francja, Indie, ZSRR (2146, 1192, 1945) oraz zestawy grafitowe — W. Brytania, Francja, Stany Zjednoczone (15, 40, 1191, 2408). Obrady nad tymi urządzeniami nuklearnymi były bardzo żywe i wniosły duży wkład w zrozumienie budowy i działania reaktorów doświadczalnych i energetycznych, którym na Konferencji poświęcono bardzo dużo uwagi.

Roman Teisseyre

WSPÓŁPRACA POLSKO-WIETNAMSKA W BADANIACH GEOFIZYCZNYCH

Polska wyprawa naukowa do Wietnamu zorganizowała wspólnie z Wietnamskim Komitetem MRG i służbą meteorologiczną Wietnamu dwa obserwatoria geofizyczne w Cha-Pa i Phulien, które rozpoczęły prace badawcze od sierpnia 1957 r.¹. Obserwatoria w Cha-Pa i Phulien posiadające początkowo głównie usługowy program dla celów MRG oraz tylko bardzo ramowe założenia tematyczne, zyskały w ciągu minionego okresu pracy własną problematykę badawczą. Problematyka ta skryształizowała się w trakcie opracowywania pomiarów i obserwacji, a rozwinęła się przy współpracy z szeregiem obserwatoriów geofizycznych w strefie równikowej.

Równocześnie w ciągu minionego okresu MRG strona techniczna i zaplecze gospodarcze obserwatoriów w Cha-pa i Phulien zostały zorganizowane w sposób odpowiedni dla permanentnie pracujących i samodzielnych placówek naukowych. Należy tu nadmienić, że obserwatorium w Cha-Pa, położone w górach północnego Wietnamu, posiada własną agregatornię elektryczną, akumulatornię, radiostację, pracownię mechaniczną i fotograficzną, bibliotekę oraz szereg innych komórek, a ponadto nawet małą poliklinikę (obsługującą głównie ludność miejscową okolic Cha-Pa).

Obserwatorium w Phulien położone w gęsto zaludnionej delcie rzeki Czerwonej ma oczywiście z punktu widzenia funkcjonalno-gospodarczego zupełnie inny charakter. Obie placówki odznaczają się dobrymi warunkami do pracy i dobrymi warunkami mieszkalnymi dla swych pracowników.

Przy zorganizowaniu i doprowadzeniu do obecnego stanu obu obserwatoriów bardzo poważny był wkład strony wietnamskiej. Najwyższe czynniki ze strony R D Wietnamu śledziły z zainteresowaniem prace w Cha-Pa i Phulien i udzielały najdalej idącej pomocy.

Praca obserwacyjna i pomiarowa w Cha-Pa i Phulien dotyczy następujących dziedzin:

Cha - Pa (N 22° 21', E 103° 49' h = 1570 m, WMO N-o 48802, IGYN-o E 528).

Magnetyzm — rejestracja ciągła D, H, Z, oraz codzienne pomiary absolutne, rejestracja prądów tellurycznych (nie przez cały okres). Wykonano pomiary porównawcze w Obserwatorium w Kantonie.

¹. O początkach prac wyprawy patrz: *Kosmos B*, zesz. 3 (11), 1957.

Jonosfera — obserwacje poziomu słyszalności i zaników fal radiowych wybranych stacji.

Aerologia — radiosondaże oraz pilotaże optyczne.

Meteorologia — pełny zakres pomiarów i obserwacji przyziemnych.

Aktynometria — rejestracja promieniowania rozproszonego i całkowitego oraz pomiary natężenia promieniowania w różnych częściach widma (filtry Schotta zalecone przez CSAGI²).

Radioaktywność — pomiary radioaktywności, opady i zanieczyszczenia atmosfery.

Elektryczność atmosferyczna — pomiary ilości jonów lekkich, przewodnictwa powietrza, gradientu potencjału, radiotrzasków oraz pomiary specjalne, jak np. wyładowania z ostrza.

Phulien (N 20° 48', E 106° 38', h = 113 m, WMO No 48826):

Sejsmologia — prowadzono badania przy użyciu sejsmografów z normalną rejestracją galwanometryczną.

Meteorologia — pełny zakres pomiarów i obserwacji przyziemnych.

Aktynometria — rejestracja promieniowania rozproszonego i całkowitego oraz pomiary natężenia promieniowania w różnych częściach widma (przy użyciu filtrów zaleconych przez CSAGI), jak również pomiary promieniowania długofalowego i albedo. Wykonano pomiary porównawcze w Obserwatorium w Kantonie.

Obserwatoria w Cha-Pa i Phulien są obecnie prawie całkowicie obsługiwane przez personel wietnamski liczący około 50 pracowników naukowych i naukowo-technicznych. Nieliczna przebywająca tam jeszcze grupa Polaków (5 osób) ogranicza się do wykonywania pomiarów specjalnych, do pracy przy opracowywaniach naukowych i do kierownictwa naukowego, jak również do pomocy przy trudniejszych problemach technicznych i aparaturowych. Niewątpliwym osiągnięciem polskiej wyprawy jest wyszkolenie personelu wietnamskiego i przygotowanie go do samodzielnej pracy obserwacyjnej. Osiągnięto to dzięki systematycznie prowadzonym wykładom i praktycznemu instruktażowi w czasie pracy na stacjach.

Materiały pomiarowe i obserwacyjne w okresie MRG były przysyłane i rozpowszechniane wg instrukcji MRG głównie do centrów B i C³.

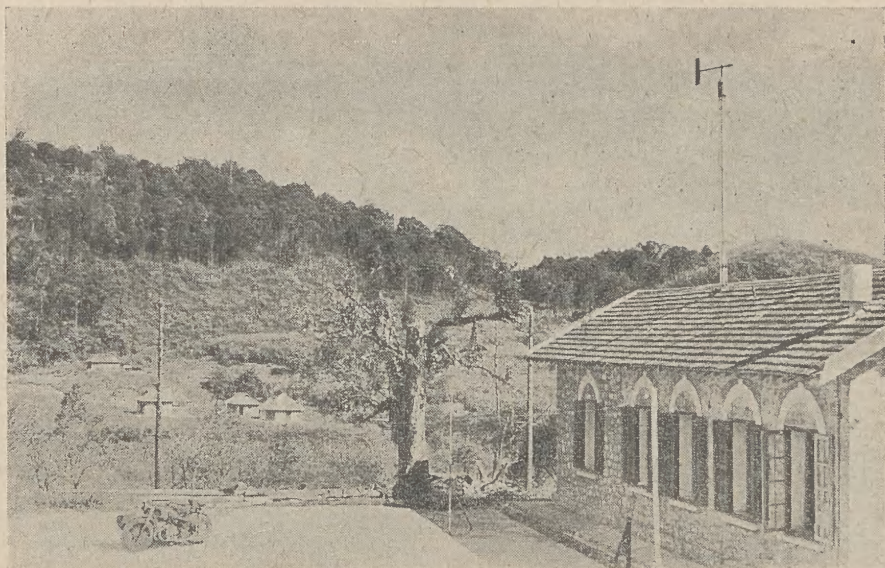
Materiały sejsmologiczne (biuletyn wstrząsów i biuletyn mikrosejsmiczny) przysyłano również do szeregu stacji sejsmologicznych. Przy końcu roku 1958 wysłano mikrofilmy magnetogramów, ich opracowania do B i C centrów i do ważniejszych stacji magnetycznych. Materiały aerologiczne, meteorologiczne i aktynometryczne wysyłano do centrów B i C. Materiały z badań jonosfery, elektryczności atmosferycznej i radioaktywności są w opracowaniu.

Zgodnie z rozmowami przeprowadzonymi z wietnamskim Komitetem MRG całość materiałów pomiarowych i obserwacyjnych z okresu MRG zostanie wydana pod wspólnymi hasłami w Wietnamie. Natomiast publikacje o charakterze naukowym będą ogłaszane zgodnie z życzeniem autora w Polsce lub w Wietnamie, względnie w obu krajach.

Opracowane tematy z zakresu sejsmologii dotyczą budowy skorupy ziemskiej i mechanizmu tworzenia się trzęsień Ziemi oraz dyslokacji

² Comité Spécial L'Année Scientiphique Internationale.

³ Centra Światowe służące jako zbiornice materiałów pomiarowych z okresu MRG.



Rys. 1. Cha-pa. Pawilon meteorologiczny. W głębi stacja magnetyczna.

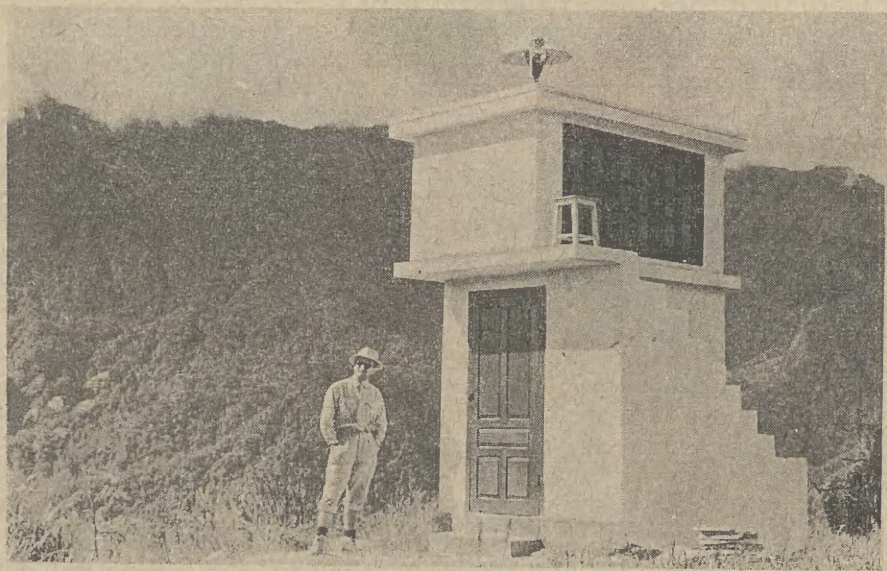
w rejonie dalekowschodnim. Zapisy trzęsień Ziemi w różnych odległościach od stacji Phulien umożliwiły opracowanie hodografów lokalnych fal P i S. Są to pierwsze hodografy dla rejonu indochińskiego. Jedno z trzęsień filipińskich wraz z replikami posłużyło do obliczenia hodografu regionalnego na podstawie zapisów szeregu stacji sejsmologicznych Dalekiego Wschodu. Bliższa analiza materiału statystycznego pozwoliła na stwierdzenie istnienia w rejonie Indochin anomalii 20° (tzn. odpowiadającej odległościom epicentralnym ok. 20°). Anomalia tego typu była wcześniej odkryta dla Europy i Azji Środkowej. Szczegółowe badania mechanizmu trzęsień Ziemi z rejonów wielkich głębin pacyfistycznych dostarczyły wiele cennych danych. Posłużą one m.in. do porównania z wartościami wynikającymi z dyslokacyjnej teorii ognisk.

Tematyka prac badawczych z zakresu rejestracji mikrosejsmicznych obejmuje korelacje z rozchodzeniem się i trasami tajfunów oraz obliczanie kierunku przyjsicia fal mikrosejsmicznych.

Tematyka związana z pracami magnetycznymi w Cha-Pa rozbudowuje się wokół badań nad burzami magnetycznymi, nad pulsacjami i zatokami oraz nad zmianami dobowymi pola magnetycznego w strefie równikowej. Wartość naukowa opracowywanych zagadnień nabiera szczególnego znaczenia ze względu na położenie stacji w pasie równikowym w miejscu bardzo odległym od najbliższych stacji magnetycznych. Studia nad przebiegiem burz magnetycznych i ich faz składowych nasuwają pewne nowe koncepcje dotyczące rozwoju i przebiegu prądów odpowiedzialnych za te zaburzenia. Opracowania zmian dobowych z Cha-Pa dostarczyły już pierwszych niezmiernie interesujących danych o amplitudzie zmian i potwierdziły zjawisko jej zwiększonej wartości w strefie równikowej.



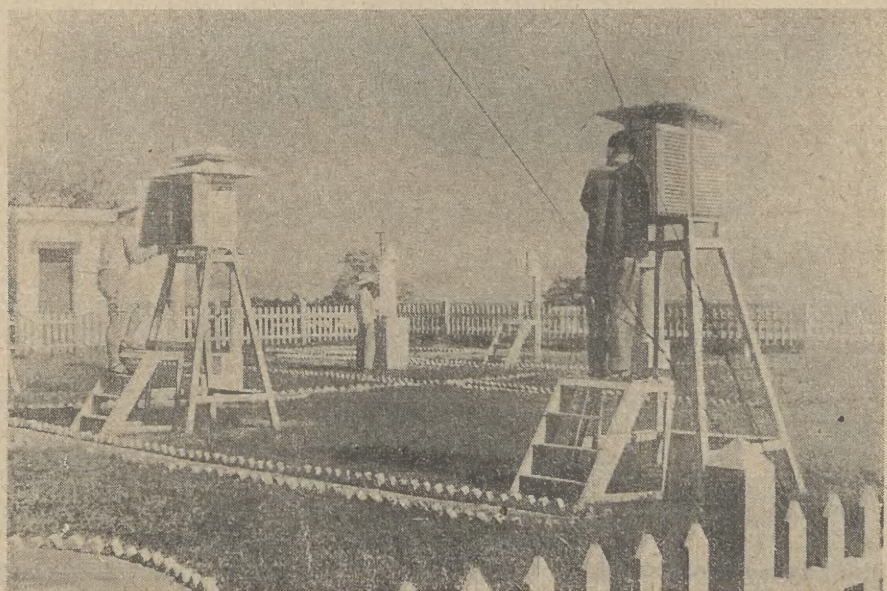
Rys. 2. Cha-pa. Budynek radiostacji i pracowni naukowej.



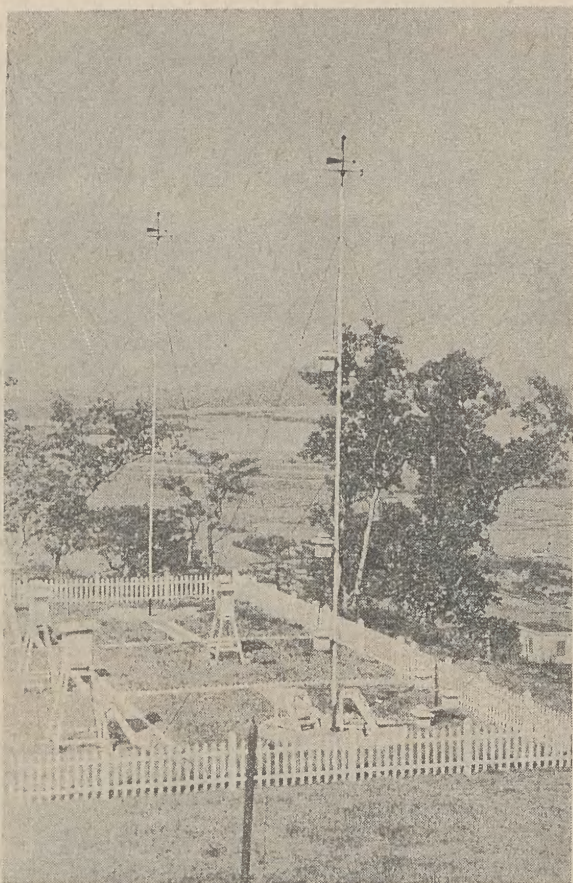
Rys. 3. Cha-pa. Autor na tle pawilonu do pomiarów radioaktywności.



Rys. 4. Cha-pa. Pawilon do magnetycznych pomiarów absolutnych.



Rys. 5. Phulien. Ogródek meteorologiczny. W głębi pawilon sejsmologiczny.



Rys. 6. Phulien. Praca na stacji meteorologicznej.

Obserwacje jonosferyczne dotyczące poziomu słyszalności i zaników fal radiowych wybranych stacji dostarczyły materiału, charakteryzującego rozchodzenie się fal i zaburzeń w jonosferze.

W zakresie badań elektryczności atmosferycznej i radioaktywności zarysowało się już obecnie szereg tematów związanych po części z ogólną problematyką MRG jak też i związanych ze specjalnymi zjawiskami, zaobserwowanymi w Cha-Pa. Jakkolwiek rezultaty z wymienionych dziedzin zapowiadają się bardzo interesująco, to jednak opracowanie materiału nie jest jeszcze specjalnie zaawansowane.

Obserwacje meteorologiczne w Cha-Pa i Phulien oprócz wartości statystyczno-porównawczej dostarczyły szeregu bardzo cennych spostrzeżeń dotyczących zjawisk specjalnych. Rozpoczęto prace nad warunkami klimatu lokalnego w obu stacjach w porównaniu z innymi stacjami w Wietnamie.

Tematyka prac z zakresu aktynometrii koncentruje się na badaniach związków między zachmurzeniem a intensywnością promieniowania rozproszonego, a dalej na związkach między osłonecznieniem a energią całkowitego promieniowania i wielkością jego osłabienia w różnych częściach widma. W szczególności opracowany jest przebieg dzienny przeźroczystości.

Niezmierzalnie interesująco przedstawiają się wyniki obserwacji aerologicznych, a tematy, które się w tej dziedzinie zarysowały, mają duże znaczenie dla poznania ogólnej struktury dynamicznej atmosfery. Dużo wniosła tu współpraca z chińskimi stacjami aerologicznymi. Tematy dotyczą warunków powstawania drugiej tropopauzy obserwowanej od czasu do czasu na wysokości 150 mb (normalna tropopauza występowała na poziomie około 100 mb). Ciekawego opracowania można oczekiwać z badań częstych i silnych oscylacji temperatury (poziomy 200—300 mb), jak i inwersji połączonych ze spadkiem wilgotności na poziomie ok. 600 mb.

W roku 1959 zakres prac badawczych w Cha-Pa i Phulien nie ulegnie zasadniczym zmianom. Przewiduje się ograniczenie prac aerologicznych do problemów specjalnych wyżej wymienionych, a ponadto do badań nad pionową strukturą przepływowej fali ciśnienia. W roku 1959 nastąpi dalsze zwiększenie zakresu prac personelu wietnamskiego, szczególnie w obserwatorium Phulien, gdzie udział grupy polskiej ograniczony będzie tylko do konsultacji i pomocy naukowej.

Głównym natomiast zadaniem stojącym obecnie przed polskimi uczestnikami wyprawy jest opracowanie materiałów i dalsza praca nad problemami związanymi z działalnością Obserwatoriów w Cha-Pa i Phulien. Niektóre problemy doczekały się już opracowania i publikacji.

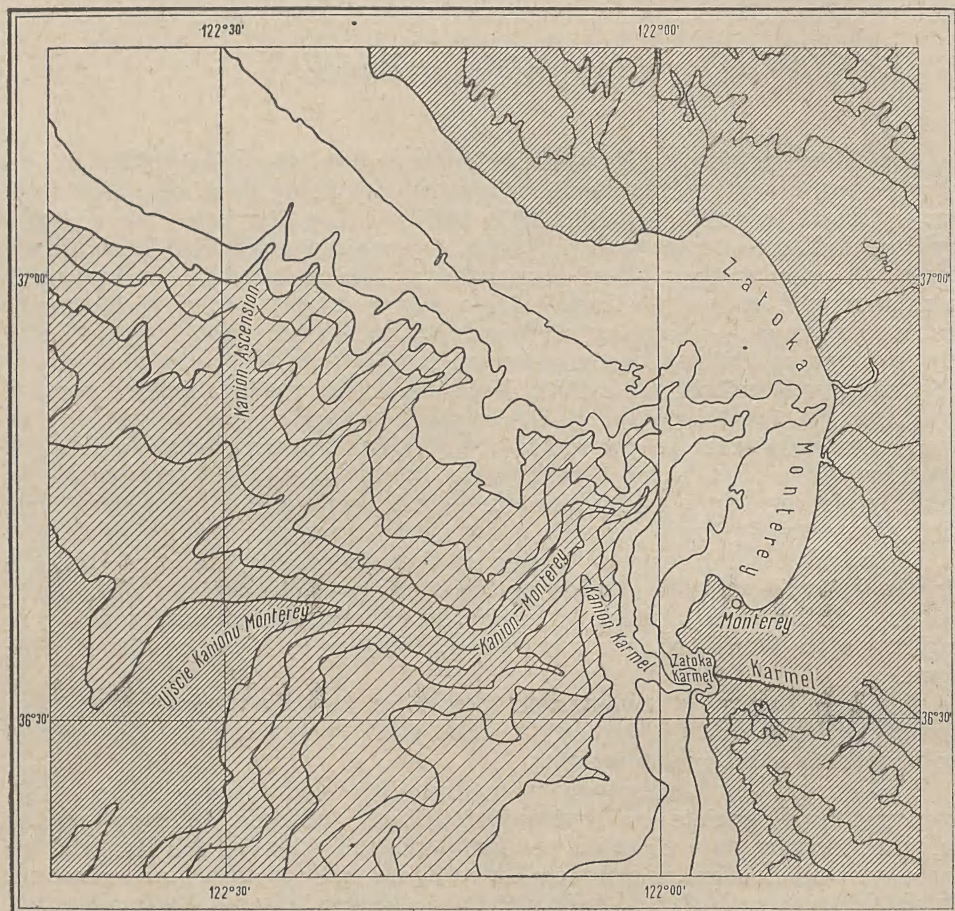
KANIONY PODMORSKIE

Problemy związane z genezą kanionów podmorskich wywołały już od chwili stwierdzenia ich istnienia, niezwykle ożywione dyskusje. Można by zaryzykować twierdzenie, że ilu było badaczy tego zjawiska, tyle również było poglądów na temat jego przyczyn. Jednakże wszystkie te liczne hipotezy i poglądy można zebrać i umieścić w trzech zasadniczych grupach, a mianowicie: grupa pierwsza — hipotezy o subakwalnym pochodzeniu kanionów, druga — hipotezy o ich subaeralnym pochodzeniu, grupa trzecia to hipotezy starające się wytłumaczyć powstanie kanionów zjawiskami tektonicznymi (uskoki, fleksury). Naturalnie jest szereg hipotez pośrednich, jak np. ostatni pogląd F. P. Shéparda stwierdzający, że kaniony są wynikiem nałożenia się procesów podmorskich na poprzednio działające procesy lądowe. Najlepiej rozbudowane zostały i najwięcej zwolenników zyskały pierwsze dwie grupy hipotez. Między zwolennikami obu grup toczą się najgorętsze dyskusje. Trzecia grupa reprezentowana jest mniej licznie.

Największe zainteresowanie, a co za tym idzie, dużą ilość prac badawczych, doświadczalnych i publikacji notujemy w USA. Jest to zrozumiałe ze względu na to, iż wzdłuż wybrzeży Stanów Zjednoczonych kaniony są najliczniejsze i tam też jako pierwsze zostały one odkryte, zbadane i opisane.

Istnienie kanionów stwierdzone zostało w wyniku sondowań przeprowadzonych dla celów rybołówstwa oraz prac związanych z układaniem podmorskich kabli telefonicznych.

Pod koniec dziewiętnastego wieku było już wiadome, że szelfy i stoki kontynentalne pocięte są kanionami. Ciągłe badania przeprowadzane w tym kierunku dają możliwość poznania coraz to większej ich ilości. Przełomowym momentem w pracach badawczych było zastosowanie echosond, dzięki którym w badaniu wschodniego wybrzeża Stanów Zjednoczonych na odcinku około 740 km stwierdzono istnienie przeszło dwudziestu kanionów. Pierwszymi badaczami, którzy zwrócili uwagę na to zjawisko, byli J. W. Spencer i E. Hull. Wydali oni nawet mapy tych kanionów, lecz były one bardzo niedokładne ze względu na małą ilość punktów pomiarowych dotyczących tego zjawiska. Pierwszą dokładną mapę izobatyczną kanionów podmorskich wydaje dopiero w roku 1932 P. A. Smith. Opiera się on o prace Brzegowej Służby Geodezyjnej prowadzącej badania od Georges-Bank do Cape-Henry (G-Bank — stan Maine, C-Henry — stan Virginia). Podobne mapy wydał też A. C. Veatch w oparciu o te same materiały. Wcześniej, a mianowicie już w 1887 r. odkryte zostały ka-



Rys. 1. Kanion Monterey z dopływem Karmel.

niony u wybrzeży Kalifornii. Uwagę na nie zwrócił Dawidson, który dziesięć lat później wydał ich mapę wraz z opisami, nie komentując jednak genezy danego zjawiska. Mapy Veatcha, Smitha i Dawidsona pozwoliły dokładnie zorientować się co do rozmiarów i charakteru opisywanego zjawiska, jak i całej rzeźby stoku kontynentalnego. Dowiedzione zostało, że stoki kontynentalne porożcinane są dolinami o różnej wielkości. Nazwę kanionów otrzymały formy największe, zaczynające się już na szelfie wąskimi i płytkimi kanałami, które po przekroczeniu krawędzi szelfu osiągały rozmiary w wielu wypadkach porównywalne z kanionem Colorado. Podane poniżej opisy kilku kanionów będą najlepszym ich zilustrowaniem.

KANION OCEANOGRAFA

Kanion ten znajduje się przy wybrzeżu Nowej Anglii. Jego przebieg zbadano do głębokości 2012 m. Podobnie jak i wszystkie kaniony wschodnich wybrzeży Stanów Zjednoczonych jest on V-kształtny. Zaczyna się na szelfie na głębokości 110 m w odległości 21 km od krawędzi szelfu. Jego głębokość poniżej dna morskiego wynosi 1527 m.

KANION MONTEREY (Kalifornia)

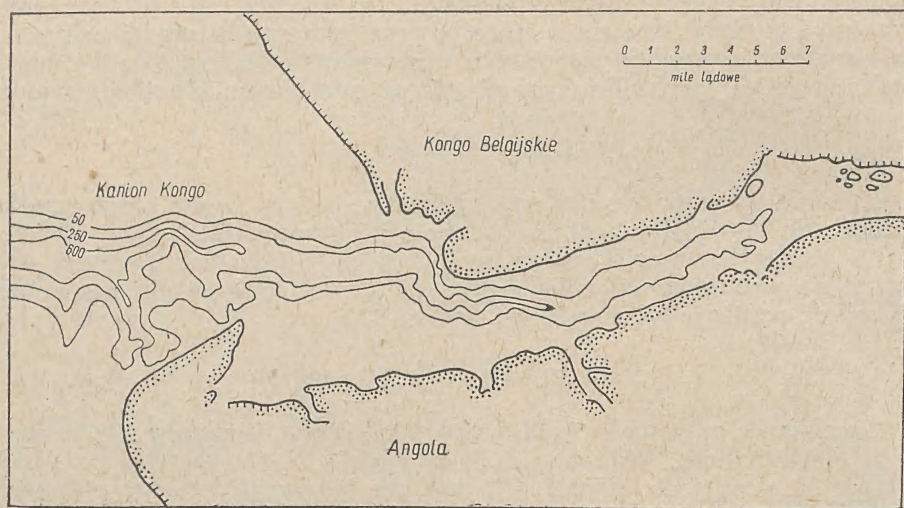
Zaczyna się on w Zalewie Monterey, do którego jeszcze w 1908 r. wpływała rzeka Salinas. W kierunku ładu ciągnie się on prawie do samego brzegu. Długość jego wynosi 80,5 km, zaś głębokość, do której schodzi, 2743 m. Do głębokości 1555 m jest on V-kształtny, poniżej zaś dno jego staje się płaskie. Profil poprzeczny tego kanionu jest prawie identyczny z profilem kanionu Colorado. Kanion Monterey posiada kilka dopływów, z których najważniejszy jest kanion Karmel (rys. 1). W ścianach obu kanionów — Monterey i Karmel na głębokości 914 m znaleziono granit. Z mniejszych głębokości wydobyto ily pliocenские. Reszta kanionów w Kalifornii jest podobna do wyżej omówionego, lecz żaden nie dorównuje mu wielkością. Niemniej jednak, niektóre kaniony południowej Kalifornii są bardzo efektowne, gdyż posiadają one prawie pionowe ściany, jak np. kanion Dume.

KANION BERINGA

Jest to najbardziej wysunięty na północ kanion Oceanu Spokojnego. Znajduje się on na północ od Aleutów. Kanion ten mógłby być uważany za formę pochodzenia tektonicznego, lecz posiada kręte koryto, nachylone łagodnie w jedną stronę, oraz liczne dopływy. Na mapie Smitha jest zaznaczone około 200 dopływów, zaś na mapie Emery'ego mamy ich 50. Głębokość, do której dochodzi kanion, wynosi 2378 m. Jedna z jego ścian posiada 1800 m wysokości, druga 900 m. Nachylenia tych ścian są łagodne, co powoduje dużą szerokość kanionu dochodzącą do około 32 km.

Ze względu na ograniczoną objętość artykułu nie mogę omówić wielu innych kanionów równie ciekawych i nasuwających mnóstwo problemów. Należy wspomnieć jednak o kanionach: Kongo, który wykazuje bardzo wyraźny związek z rzeką tej samej nazwy (rys. 2), kanionach Morza Śródziemnego, a w szczególności otaczających Korsykę, oraz kanionach wy-

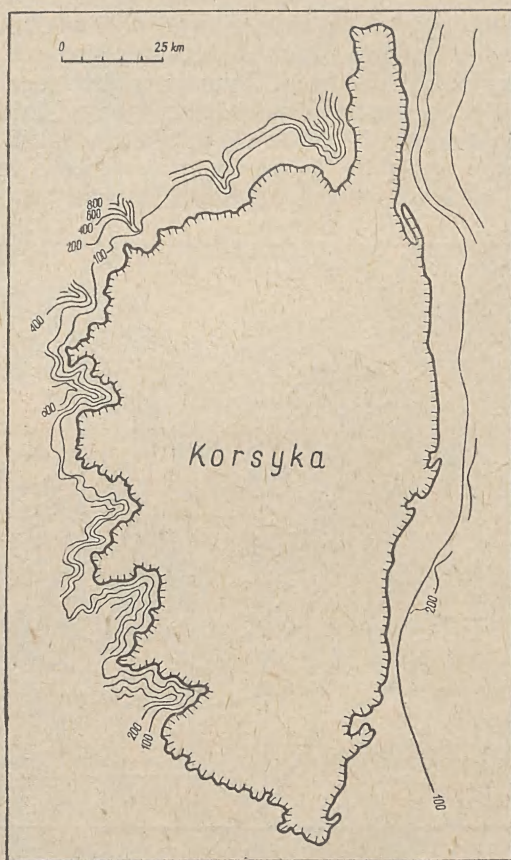
stępujących u wybrzeży Langwedocji i Prowansji. Kaniony Korsyki skupione są po jej zachodniej stronie i wszystkie zaczynają się w zatokach (Rys. 3). Kaniony te są również V-kształtne. Jeden z nich wcina się do głębokości 950 m poniżej dna. Głębokość, do której dochodzą, wynosi 900 m (głębiej nie było pomiarów). Kąt ich spadku wynosi około 5° . Dolne części



Rys. 2. Kanyon Kongo, widać wyraźny związek kanyonów z rzeką Kongo (izobaty co 50 sążni; 1 sążeń = 1,828 m.).

dna pokryte są łem, wyżej znajduje się piasek, a zupełnie u góry żwir i głaziki. Po wschodniej stronie wyspy brzeg jest prostoliniowy a szelf szeroki. Kanyonów po tej stronie nie stwierdzono. Dla kanyonów Langwedocji i Prowansji charakterystyczne jest ich wzajemne przecinanie się. U południowo-zachodnich brzegów Francji (Zatoka Biskajska) spotykamy duży kanyon Kap-Breton. Zaczyna się on w miejscu, gdzie jeszcze w XV wieku wpadała rzeka Adur. Szerokość jego w tym miejscu wynosi 0,4 km — taka sama jest szerokość ujścia rzeki. Kąt spadku części początkowej jest dość duży i wynosi 6° . Długość tego kanyonów wynosi 18 km, a głębokość, do której schodzi, wynosi 1096 m. W niektórych punktach ścian stwierdzono istnienie litej skały, dno jednak pokryte jest przeważnie łem.

Podane wyżej opisy pozwolą wyobrazić sobie kanyon podmorski jako formę V-kształtną w przekroju poprzecznym, opadającą w kierunku oceanu. Zaczynać się ona będzie na szelfie i często stanowić bezpośrednie przedłużenie rzeki (Kongo, Indus, Hudson). Jej profil podłużny posiada czasem załamania i bardzo często forma ta ma dopływy jak typowa rzeka. Charakterystyczne też dla niej są znaczne rozmiary. W większości przypadków kanyon pokryte są grubą pokrywą osadów, mogących leżeć na pochyłościach dochodzących do 45° . Końcowe partie kanyonów są mniej zbadane, wiadome jest jednak, że dochodzą do podstawy stoku kontynentalnego, a w niektórych wypadkach ciągną się jeszcze na dnie głębi oceanicznej. Znany jest jeden przypadek, kiedy kanyon wygasa na skłonie.



Rys. 3. Kanyony Korsyki. Należy zwrócić uwagę na ich jednostronne rozmieszczenie oraz związek z zatokami.

Rysunek 4 przedstawia nam ciekawe, podobne do delty zakończenie kanionu. Inne formy w swych dolnych partiach przechodzą od V-kształtnych do rowów o płaskich dnach. Za regułę jednak przyjąć można, że kaniony o przekroju typowym dla rzeki osiągają głębokość conajmniej 1600 m poniżej poziomu morza. Dolne partie kanionów są zwykle mniej wcięte aniżeli górne. Zjawisko to można tłumaczyć mniejszym nachyleniem stoku kontynentalnego w dolnych jego częściach. W niektórych wypadkach kształt i przebieg zakończenia kanionu przemawiałby za jego pochodzeniem tektonicznym.

W celu pełnego scharakteryzowania kanionów podmorskich należy chociaż w kilku słowach powiedzieć o ich rozmieszczeniu na kuli ziemskiej, oraz powiązaniu z typem i historią wybrzeża. Otóż z reguły kaniony występują przy brzegach o wąskim szelfie, natomiast nieliczne są tak przy brzegach o szerokim szelfie jak i o łagodnym stoku kontynentalnym. Nie obserwujemy kanionów przy brzegach o przebiegu prostolinijnym i bardzo

stromym stoku wskazujących na tektoniczne pochodzenie danego odcinka wybrzeża. Nie występują one również przy wybrzeżach, wzdłuż których ciągną się łańcuchy wysp lub rafy. Jako przykład tego ostatniego przypadku mogą służyć brzegi południowej Burmy oraz Malajów, wzdłuż których ciągną się Andamany i Nikobary. Istnieje tendencja do przypuszczeń, że kaniony powinny wyraźnie występować w pasie o szerokości geograficznej około 30° . Ich brak w tych obszarach można przypisać małej ilości

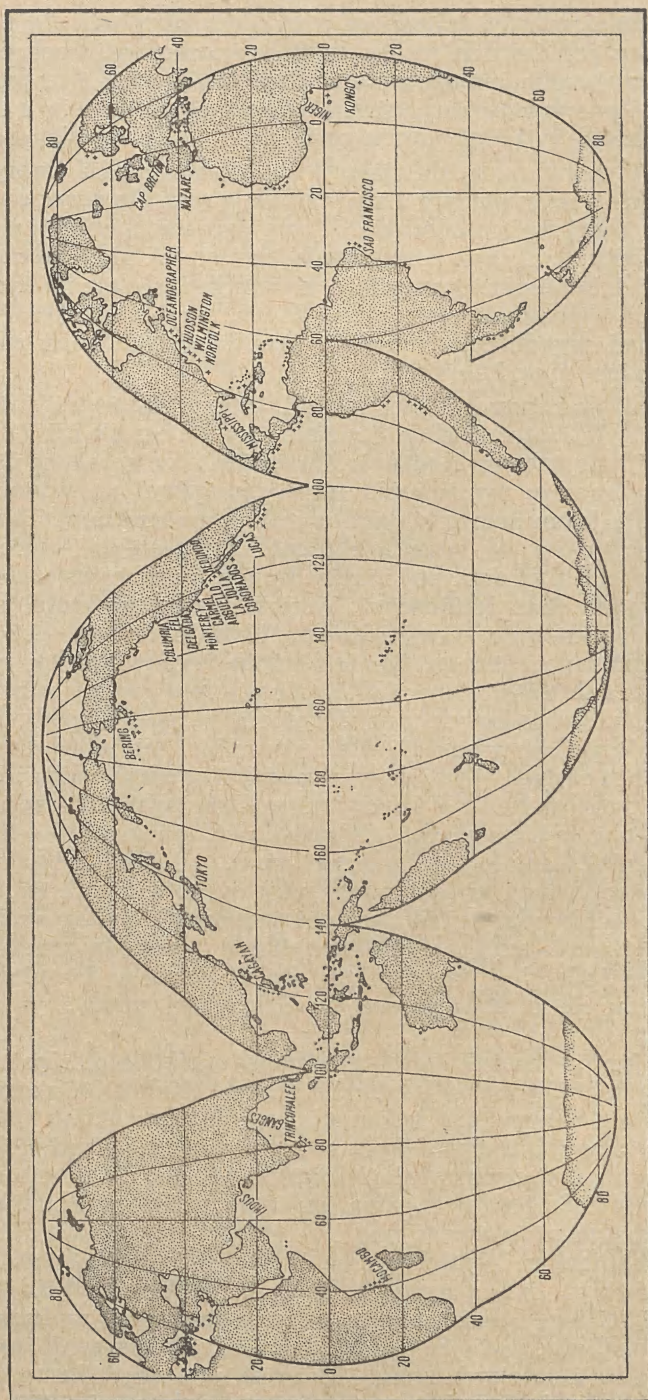


Rys. 4. Deltopodobne zakończenie kanionu Redondo.
(Izobaty w sążniach).

pomiarów. Faktem jest jednak; że nie spotkano ani jednego większego kanionu na stokach kontynentalnych przyległych do pustynnych części lądu. Rozmieszczenie kanionów na kuli ziemskiej obrazuje załączona mapa (rys. 5). Należy zwrócić uwagę na grupowość ich rozmieszczenia.

Powiązanie zagadnienia występowania kanionów z historią wybrzeża jest na ogół rzeczą trudną do stwierdzenia. W przeważającej mierze kaniony występują tam, gdzie nie było regresji, a miąższość osadów morskich dochodzi tysięcy metrów, lub w miejscach, gdzie nastąpiło wynurzenie się brzegów, jak np. Kalifornia, lub Alpy Nadmorskie. Z drugiej strony występują też tam, gdzie nie było młodych orogenez, jak Cejlon, wschodnie wybrzeża USA, Wyżyna Brazylijska. Spotykamy je również u brzegów podległych zlodowaceniu, brzegów dyluwialnych, jak również przy deltach. Nieznaczne ilości kanionów występują na stokach pochodzenia tektonicznego, u wybrzeży rafowych i form pochodzenia wulkanicznego.

Na rzeźbę stoku kontynentalnego składają się nie tylko kaniony podmorskie. Między poszczególnymi kanionami występuje duża ilość form mniejszych, tzw. *slope furrows*, lub po prostu *furrows*. Rowy te



Rys. 5. Rozmieszczenie kanionów na kuli ziemskiej.

są znacznie mniejsze od kanionów i wszystkie zaczynają się na krawędzi szelfu lub nieco poniżej. Ich zasięg dolny jest znaczny i dochodzi do około 2000 m poniżej poziomu morza. Pomiędzy każdą parą tych rowów znajduje się długi pas wyniesiony, tzw. *interfurrow ridge*. Grzbiety te, podobnie jak rowy i kaniony, są prostopadłe do krawędzi szelfu.

Tak mniej więcej przedstawiałyby się rzeźba stoku kontynentalnego z jej najbardziej uderzającym i zaciekawiającym elementem, jakim niewątpliwie są kaniony podmorskie. Spory na temat genezy tej rzeźby, a w szczególności na temat powstania kanionów nie słabną od chwili stwierdzenia ich istnienia. Szczególnie ożywiona dyskusja na ten temat rozwinęła się po ogłoszeniu przez P. H. Kuenena (1937) wyników swych prac nad zagadnieniem prądów zawieszinowych i ich znaczenia dla powstania kanionów podmorskich.

Pierwszymi badaczami i pierwszymi interpretatorami interesującego nas zjawiska byli James Dana i później Lindenkohl. Obaj oni byli zwolennikami lądowego pochodzenia kanionów, tłumacząc, że powstały one w okresie chwilowego wyniesienia partii brzegowej na wysokość 1700—3900 m ponad poziom oceanów, jako wynik erozji rzecznej. Następnie wyniesione i pocięte partie brzegowe uległy zatopieniu. Późniejsi badacze w podobny sposób tłumaczą powstanie rowów nieznanych jeszcze Lindenkohlowi. Zagadnieniem kanionów Kalifornii pierwszy zajął się, jak już wspomniano we wstępie, Davidson. Wydaje on jednakże tylko ich mapę nie komentując genezy. Na ten temat wypowiada się w 1891 Le Conte twierdząc, że kaniony Kalifornii wycięte zostały przez rzeki pod koniec pliocenu. Za lądowym pochodzeniem kanionów podmorskich wypowiada się również w roku 1897 Fairbanks. Nie może on jednak wytłumaczyć braku związku kanionów z topografią przyległego lądu. W 1941 roku F. Shepard i K. O. Emery przypisują powstanie kanionów plejstocenijskiemu obniżeniu się poziomu oceanów o około 2500—3000 m. Jednakże obliczenia glaciologów przeczą temu, jakoby uwieżenie pewnej ilości wód oceanicznych w lądolodach mogło spowodować aż tak znaczne obniżenie się linii brzegowej. Wobec powyższego F. Shepard występuje z nową hipotezą złożonego charakteru kanionów podmorskich. Twierdzi on mianowicie, że kaniony wycięte zostały na lądzie w dawniejszych okresach geologicznych, a uzupełnione do dzisiejszej postaci w plejstocenie i później.

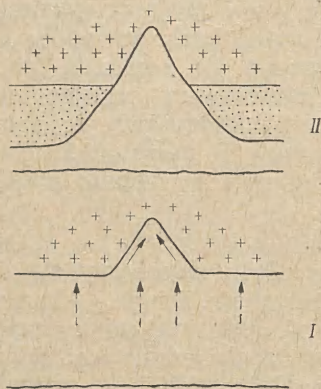
Przystępując do bardziej szczegółowego omówienia hipotez traktujących o lądowym pochodzeniu kanionów podmorskich należy zwrócić uwagę na zarzuty, jakie stawiane są wspomnianym poglądom. Jak już niewątpliwie czytelnik zauważył, największe zastrzeżenia musi budzić konieczność przyjmowania zbyt dużych wyniesień lądów lub też obniżenia się poziomu oceanów. Dostarczenie dowodów na istnienie w przeszłości takich wyniesień jest głównym problemem, nad którym pracują zwolennicy lądowego pochodzenia kanionów. Wydaje się, że dowodów tych jest dużo. Wystarczy tu wymienić wiercenie na przykładzie Hatteras w Północnej Karolinie, które na głębokości 2200 m poniżej obecnego poziomu morza wykazało istnienie kredy lądowej. Podobnych dowodów dostarczają wiercenia na Florydzie, jak i wokół Zatoki Meksykańskiej. Badania oceanograficzne przy południowych brzegach Kalifornii stwierdziły na głębokości 1000 m istnienie ławic z materiałem wybitnie nerytycznym.

Również ostro atakowano hipotezy lądowe za przyjmowanie tak znacznych ruchów partii brzegowych kontynentów bez podawania mechanizmu i przyczyn tych ruchów. Nie do przyjęcia okazał się również pogląd, jakoby powstanie lądolodów okresu glacialnego mogło spowodować obniżenie się poziomu oceanów o 1000 lub nawet, jak to zakładają niektóre hipotezy, więcej metrów. Według obliczeń glaciologów różnica poziomów wynosiła około 100 m. Na to, że obniżenie nie było tak wielkie, wskazują i inne obserwacje. Między innymi próby wydobyte z dnia Morza Śródziemnego nie wskazują na to, aby było ono w czwartorzędzie zbiornikiem słodkowodnym, w który niewątpliwie zamieniłoby się przy proponowanym 1000 m obniżeniu się linii brzegowej. Również brak dowodów na drastyczniejsze zmiany temperatury czy zwiększenia się zasolenia przemawia przeciwko omówionemu pogładowi. Ostatecznym argumentem przeciwko plejstocénskiemu pochodzeniu kanionów podmorskich jest fakt, że nawet przyjęcie obniżenia się poziomu oceanów o mocno wątpliwe 1000 m nie wytłumaczy istnienia kanionów pomiędzy tą izobatą a głębokością 3300 m.

Pozostały trzy alternatywy. Pierwsza — kaniony powstały w czasie wyniesienia się partii brzegowych kontynentów. Jeśli skłaniamy się do tego poglądu, musimy wyjaśnić mechanizm tych ruchów. Druga — kaniony powstały całkowicie pod powierzchnią oceanów. Jest tutaj wiele punktów trudnych do wyjaśnienia, jak oczywisty związek wielu kanionów z obecnie istniejącymi rzekami lub rzeźbą przyległego wybrzeża, typowy dla dolin rzecznych poprzeczny profil kanionów i dyskusyjna jeszcze sprawa siły erozyjnej prądów zawieszinowych. Zaznaczam, że punktów tych jest znacznie więcej i są nie mniej zasadnicze. Ostatnią możliwością jest przyjęcie złożonego charakteru kanionów. Jest to sygnalizowany już przeze mnie pogląd F. Sheparada z 1949 roku. Według tej hipotezy środkowe części kanionów powstały w wyniku erozji subaeralnej w okresach przedglacialnych sięgających być może nawet górnego mezozoiku. U ujścia rzek wpadających do oceanów powstały delty. Po tym etapie następuje obniżenie się brzegów i zalanie istniejącej rzeźby. Część kanionów — poprzecznie dolin rzecznych — zostaje zasypana, lecz wiele z nich nie podziela tego losu. Zawdzięcza to działalności czynników subakwalnych, jak prądom zawieszinowym czy też ruchom masowym usuwającym materiał ze ścian (zasuwy) i den (zasuwy i prądy zawieszinowe) kanionów. Resztki tych osadów już scementowanych można obecnie spotkać na ścianach niektórych kanionów. Poza utrzymaniem kanionów w stanie „otwartym“ czynniki erozji podmorskiej działały jeszcze w innym kierunku, modelowały one mianowicie zatopione utwory deltowe. Prądy zawieszinowe po wyjściu z lądowej części kanionu żłobiły w miękkich osadach zatopionych delt kanały stanowiące obecnie przedłużenie właściwego kanionu. W ten sposób znacznie zwiększały się podłużne profile kanionów i to w kierunku ich dolnej granicy, co jak wiemy, jest trudne do wytłumaczenia, gdy przyjmuje się jedynie wahania poziomu oceanów.

Dalsze wydłużenie się kanionów miało wg Sheparada miejsce w plejstocenie, w wyniku obniżenia się oceanów w tym okresie. Odslonięte szelfy poddane zostały erozji subaeralnej, a doliny rzeczne przedłużyły zasięg kanionów w kierunku ładu. Zrozumiałe jest, że te części kanionów rozcinają bardzo młode osady, co może prowadzić do mylnych wniosków od-

nośnie wieku całego kanionu. Podobnie młode osady w ścianach kanionów nie koniecznie muszą dowodzić ich młodego pochodzenia. Obecność ich w tym miejscu stanie się zrozumiała, jeśli prześledzimy mechanizm sedymentacji na skłonie kontynentalnym w okolicach kanionów i w samych kanionach. Materiał osadzający się na ścianach ulegał w przeważającej części zsunięciu na dno kanionu, z którego został wyniesiony, i najprawdopodobniej wynoszony jest obecnie przez prądy zawieszinowe w dół skłonu kontynentalnego. Naturalnie, osad spoczywający w bezpośrednim sąsiedztwie kanionu pozostaje na miejscu, nadbudowując w ten sposób w górę jego profil poprzeczny. Bliżej zasadę tę ilustruje rys. 6.

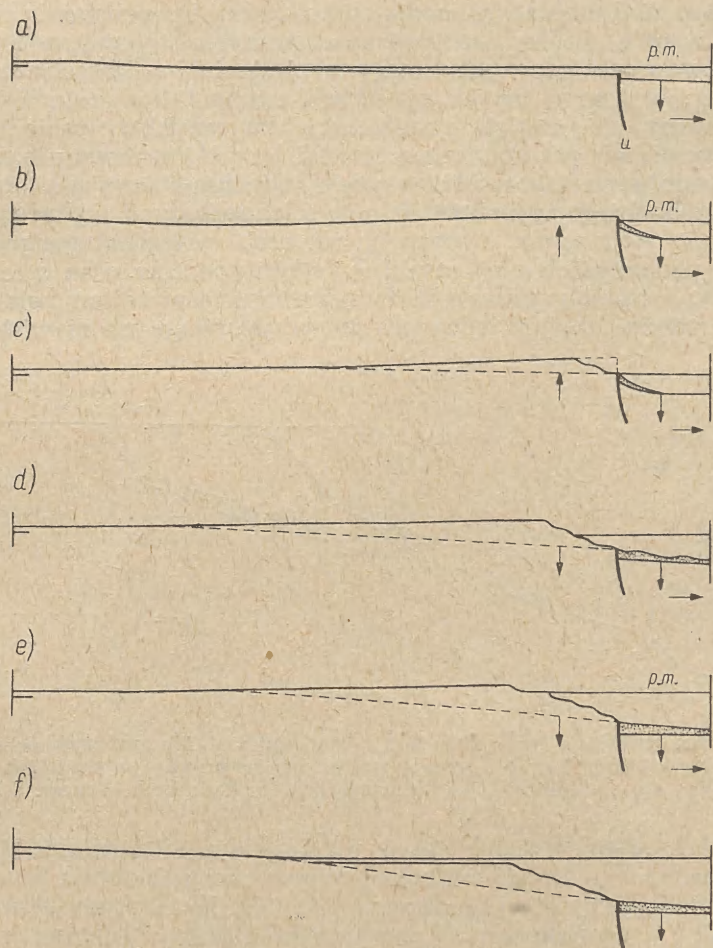


Rys. 6. Rozwój kanionu w warunkach podmorskich wg Sheparda. Krzyżyki — skała zwięzła, pierwotna; kropki — sedyment morski.

W konkluzji chciałbym jeszcze raz podkreślić główną myśl przewodnią wyżej omówionej hipotezy, a mianowicie: kanion podmorski w postaci, jaką obserwujemy obecnie, tylko w części górnej i środkowej jest formą lądową, lecz powstałą w różnych okresach, natomiast partia dolna oraz górna część profilu poprzecznego są wynikiem działalności procesów subakwalnych. Wnioskiem płynącym z tego poglądu jest możliwość przyjęcia o wiele mniejszych zmian w położeniu linii brzegowej. Dla większości kanionów wystarczą wyniesienia około 300—350 m. W niektórych wypadkach, gdzie stwierdzenie istnienia litych skał w ścianach kanionów na znacznych głębokościach zmusza nas do przyjęcia znacznie większych wyniesień, możemy założyć to przyjąć z dużym prawdopodobieństwem opierając się na licznych dowodach takich ruchów. Niektóre z nich już podawałem. Zwolennicy lądowego pochodzenia kanionów nie ograniczyli się jedynie do głoszenia hipotez o takim a nie innym pochodzeniu i podawaniu dowodów na istnienie znacznie większych ruchów brzegowych partii kontynentów. Mamy liczne prace starające się wytłumaczyć możliwość i mechanizm tych ruchów. Jedną z nich jest orogeniczna hipoteza A. L. Du Toita (1940).

Zgodnie z poglądami autora tej hipotezy, w partii brzegowej kontynentów tworzy się uskok lub seria uskoków tensyjnych. Tną one utwory trzeciorzędowe i starsze. Skrzydło wiszące, w tym wypadku krawędź kontynentu ulega wyniesieniu (rys. 7-a). Nadmienić należy, że wyniesienie skrzydeł wiszących obserwujemy również w wypadku dużych rowów tektonicznych. Rzeki wcinają się w wynoszącą się partię lądu (rys. 7-b). Wynoszenie trwa nadal. Konsekwentna sieć rzeczna odprowadza wody w kierunku lądu. Rzeki główne wcinają się coraz głębiej i płyną w dalszym ciągu w kierunku oceanów. Materiał rzeczny i abrazyjny przykrywają strefę uskokową (rys. 7-c). Maksimum wyniesienia wg Du Toita wyraża się cyfrą 4000 stóp (około 1300 m). Rzeki wcinają się do głębokości 2000—3600 stóp (660—1200 m). Wyniesiona krawędź pocięta jest równoległą siecią rzeczna spływającą w kierunku oceanu. Dalsza tensja i opadanie dna powodują zapoczątkowanie procesu opadania wyniesionej partii kontynen-

tu. Zgodnie z poglądami autora tej hipotezy, w partii brzegowej kontynentów tworzy się uskok lub seria uskoków tensyjnych. Tną one utwory trzeciorzędowe i starsze. Skrzydło wiszące, w tym wypadku krawędź kontynentu ulega wyniesieniu (rys. 7-a). Nadmienić należy, że wyniesienie skrzydeł wiszących obserwujemy również w wypadku dużych rowów tektonicznych. Rzeki wcinają się w wynoszącą się partię lądu (rys. 7-b). Wynoszenie trwa nadal. Konsekwentna sieć rzeczna odprowadza wody w kierunku lądu. Rzeki główne wcinają się coraz głębiej i płyną w dalszym ciągu w kierunku oceanów. Materiał rzeczny i abrazyjny przykrywają strefę uskokową (rys. 7-c). Maksimum wyniesienia wg Du Toita wyraża się cyfrą 4000 stóp (około 1300 m). Rzeki wcinają się do głębokości 2000—3600 stóp (660—1200 m). Wyniesiona krawędź pocięta jest równoległą siecią rzeczna spływającą w kierunku oceanu. Dalsza tensja i opadanie dna powodują zapoczątkowanie procesu opadania wyniesionej partii kontynen-



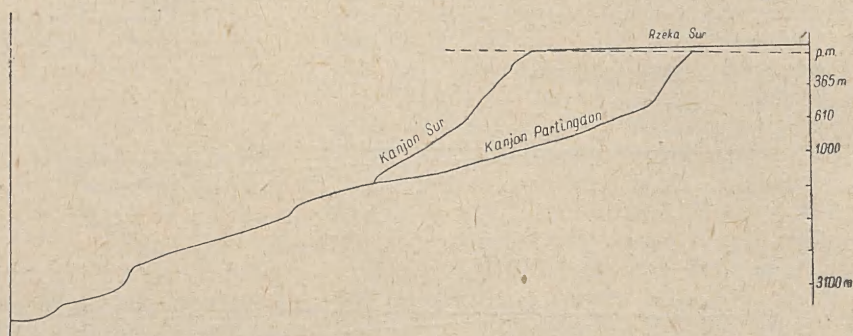
Rys. 7. Hipotetyczne stadia rozwojowe kanionów podmorskich wg A. L. Du Toita. Linia przerywana — dno kanionu, U — uskoki.

tu (rys. 7-d). Jako przykład takich peneplen mogą służyć południowe wybrzeża Afryki. Rys. 7-e obrazuje nam ostatni etap omawianego cyklu. Zanurzanie się wyniesionego pasa i zamiana dolin rzecznych w kaniony podmorskie przedstawia rys. 7-f.

Du Toit zauważa, że podobny skutek może być wywołany również kompresją. Japonię oraz zachodnie wybrzeża Stanów Zjednoczonych uważa za brzegi takiego basenu kompresyjnego, a liczne kaniony tam występujące za wynik wyniesienia partii brzegowych kontynentów.

Za kompresją jako przyczyną wyniesienia brzegów, a za tym i wycięcia kanionów w warunkach lądowych opowiada się także K. O. Emery. Prace swoje oparł on na wynikach badań głębokości ognisk trzęsień ziemi w partiach brzegowych oraz badań grawimetrycznych tych rejonów. Ze względu na ściśle określony temat niniejszego artykułu nie omówię bliżej poglądów Emery'ego, lecz zaznaczę jedynie, że według niego szelf oraz

obecny skłon kontynentalny, na skutek kompresji i przesuwania się bloków skorupy ziemskiej wzdłuż płaszczyzn ułożonych, jak w przypadku kompresyjnych rowów tektonicznych, uległy wyniesieniu i w konsekwencji erozji subaeralnej. Emery uważa, że skłon kontynentalny może być również interpretowany jako zagięta peneplena. Jako przykłady takich peneplen podaje wspomniane już południowe brzegi Afryki, wschodnie brzegi Ameryki Północnej oraz Zatokę Maksykańską. Według Emery'ego i innych peneplena wschodniego wybrzeża Stanów Zjednoczonych wykazuje obecnie tendencje do wynoszenia. Zwraca on również uwagę na zgrupowanie się kanionów podmorskich na krawędziach kontynentów oraz strefach tektonicznych, co miałyby przemawiać za słusnością wyżej omówionych rozważań. Oponenci hipotez lądowych zwracają uwagę na zjawiska klima-

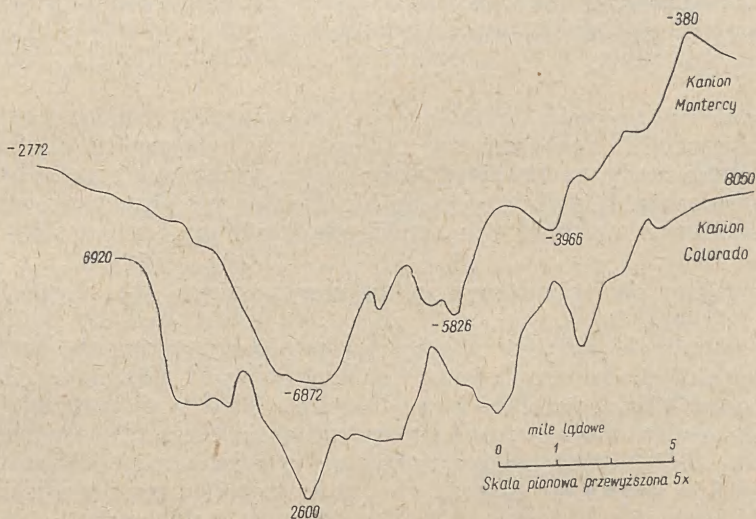


Rys. 8. Profile podłużne kanionów Sur i Partington i ich porównanie z profilem podłużnym rzeki Sur. Zwrócić uwagę na liczne załamania w profilach kanionów trudne do wytłumaczenia z pozycji hipotez lądowych. Przew. 5 ×.

tyczne, które powinny towarzyszyć tak dużym wyniesieniom. Między innymi, twierdzą oni, że tak znaczne pionowe ruchy dodatnie musiały spowodować zlodowacenie wyniesionych terenów. W odpowiedzi na ten zarzut D u T o i t sugeruje w swej pracy, że niektóre zjawiska na wschodnim wybrzeżu USA, przypisywane zlodowaceniu pleistoceniowskiemu, mogły być właśnie spowodowane zmianami klimatycznymi związanymi z wynoszeniem tego obszaru. Za zmianami klimatycznymi na tym terenie może przemawiać również gęste, równoległe pocięcie stoku kontynentalnego spowodowane zwiększoną ilością opadów. Na to, że stok kontynentalny w swej przeszłości zajmował inne położenie, wskazuje obecność tarasów poniżej obecnego poziomu usytuowanych na różnych głębokościach, co wskazywałoby na okresowość ruchów pionowych brzegowych partii kontynentów. Jednym ze spornych punktów jest również obecność delt, które przy założeniu lądowego pochodzenia kanionów na pewno tworzyłyby się u ich ujść, a których obecności stwierdzenie jest bardzo trudne. Ich obecny brak można tłumaczyć rozmyciem lub zmodyfikowaniem przez prądy brzegowe. Mogą też one być niewyraźne ze względu na obecność utworów deltowych innych mniejszych rzek płynących w sąsiedztwie kanionu. A zatem delty mogą istnieć, ale są tak zmienione, że trudno jest stwierdzić ich istnienie. Dużo wątpliwości budzi punkt, traktujący o zmianach linii brzegowej, a szczególnie trudna do przyjęcia jest „sy-

metria“ tych ruchów, mianowicie to, że jeśli miało miejsce wyniesienie, to obniżenie wyniosło idealnie tę samą ilość metrów. Fakt rozmieszczenia kanionów na całej kuli ziemskiej i ich ewentualna jednowiekowość zakłada jednocześnie tych ruchów, co również wydaje się bardzo wątpliwe. Słabym punktem hipotez lądowych jest interpretacja profilu podłużnego kanionów. Ich znacznie większe spadki w porównaniu z rzekami lądowymi, jak i obecność załamań i „progów“ jest właściwie nie wyjaśniona (rys. 8). Profile poprzeczne natomiast są prawie identyczne z odpowiednimi profilami kanionów lądowych (rys. 9).

Jest rzeczą zrozumiałą, że przeciwnicy hipotez o lądowym pochodzeniu kanionów podmorskich nie ograniczyli się jedynie do zarzutów pod adresem tych poglądów, a opracowali hipotezy, mające dowiesć, że inte-



Rys. 9. Porównanie profili poprzecznych podmorskiego kanionu Monterey i kanionu rzeki Colorado. (Głębokość i wysokość w stopach).

resujące nas formy związane są z innymi procesami. Większość z nich uważa, że to procesy podmorskie spowodowały powstanie obecnie obserwowanej rzeźby stoku kontynentalnego.

Pierwszą z hipotez, mówiących o procesach subakwalnych jako o przyczynie powstania kanionów podmorskich, był pogląd D. W. Johnsona, ogłoszony przez niego w roku 1939. Stara się on dowiesć w nim, że kaniony są wynikiem erozji wstecznej przy źródłach podmorskich. Wywody swoje opiera na trzech założeniach, a mianowicie:

- a) skłon zbudowany jest ze struktur osadowych,
- b) warstwa wodonośna wychodzi na skłon,
- c) w warstwie tej jest dostateczna ilość wody, aby wyerodować kaniony.

Założenia te nie mają jednak mocnej podstawy, gdyż nie mamy pewności, czy skłon ma zawsze budowę warstwową w stopniu wystarczającym do wytłumaczenia wszechobecności kanionów na kuli ziemskiej. Mało prawdopodobne jest również założenie, że wychodnie warstw wodo-

nośnych są aż tak liczne. Poważne zastrzeżenia budzi strona hydrostatyczna tego zjawiska. Ażeby źródło mogło wpływać na skłonie, musi ono przezwyciężyć ciśnienie wody morskiej w tym punkcie. Tak duże ciśnienie w warstwie wodonośnej było wg Johnsona spowodowane różnicą poziomów wypływu i infiltracji. Przyjmując obecny poziom terenów ewentualnej infiltracji, otrzymamy ciśnienie wynoszące ułamek ciśnienia koniecznego do spowodowania wypływu. W odpowiedzi na ten zarzut D. W. Johnson zakłada, że erozja kanionów podmorskich miała miejsce wówczas, kiedy obszary infiltracji były położone znacznie wyżej w stosunku do ich wychodni na stoku, aniżeli obserwujemy to obecnie. Ich obecny poziom jest wynikiem długotrwałej erozji. W dalszym ciągu, mówiąc o brakach wyżej wspomnianej hipotezy, należy również zaznaczyć, że nie tłumaczy ona zupełnie istnienia kanionów w miejscach, gdzie trudno znaleźć odpowiadający im obszar infiltracji wód opadowych. Przypadek ten odnosiłby się w szczególności do kanionów Georges Bank (stan Maine).

Poważne zastrzeżenia budzi tutaj również mechanizm usuwania oberwanego materiału. Ponieważ nie mamy w tym wypadku do czynienia z przepływem wody, czynnikiem usuwającym gruz skalny może być jedynie rozpuszczanie. Widzimy więc, że hipoteza ta nie tłumaczy wszystkich zaobserwowanych faktów. Nie zgodzi się z nią ani geolog, ani hydrogeolog.

Za morskim pochodzeniem kanionów wypowiada się również W. H. Bucher (1940). Opracował on hipotezę, wg której kaniony miałyby powstać w wyniku erozyjnej działalności prądów wstecznych, tworzących się przy uderzeniu tsunami o brzegi kontynentów. Wiadomo, że siła prądu wstecznego zależy od wielkości fali tworzącej ten prąd. Z drugiej strony wiemy, że tsunami wielokrotnie przewyższają rozmiarami największe fale sztormowe, dlatego też prądy wsteczne wywołane nimi charakteryzują się szczególnie dużą siłą. Bucher przypuszcza, że prąd ten jest na tyle silny, aby porwać z dna muł i piasek i, płynąc w dół stoku kontynentalnego, materiałem tym erodować kaniony. Jednakże badania wykazały, że szybkość prądu wstecznego gwałtownie maleje wraz z głębokością. Stwierdzono, że nawet największa fala nie jest w stanie wytworzyć prądu wstecznego, zdolnego do erodowania interesujących nas form morfologii stoku kontynentalnego, szczególnie w jego dolnych partiach, gdzie, jak wiemy, kaniony występują w całej swej okazałości. Hipotezę tę podważa również fakt, że tsunami nie są zjawiskiem częstym, a wręcz przeciwnie, bardzo rzadkim. Podobnie i czas ich działania ogranicza się najwyżej do jednej godziny, co przy częstotliwości występowania, wyrażającej się dziesiątkami lat, wydaje się niewystarczające do wyerodowania form o tak poważnych rozmiarach. Znamy również obszary, jak np. północny Atlantyk, gdzie w ogóle nie zanotowano występowania tego rodzaju falowania, a w których kaniony są zjawiskiem dość częstym. Chcąc wytłumaczyć tę sprzeczność, Bucher zakłada możliwość intensywnej działalności sejsmicznej na tych obszarach w dawniejszych okresach geologicznych.

Hipoteza ta nie może być przyjęta z dwu względów. Szybkość prądu jest niedostateczna w dolnej partii stoku kontynentalnego, poza tym zjawisko to jest zbyt rzadkie zarówno w czasie jak i w przestrzeni, by mogło być uważane za przyczynę powstania kanionów podmorskich.

W roku 1936 R. A. Daly występuje z hipotezą, w której opowiada się również za subakwalnym pochodzeniem kanionów, a za przyczynę ich powstania uważa prądy zawiesinowe. Oparł się on na obserwacjach rzek górskich wpływających do jezior i na doświadczeniach laboratoryjnych. Szczególnie bogatego materiału dostarczyły mu doświadczenia P. H. Kuenena. Badacz ten dążył do dokładniejszego ujęcia zjawisk, związanych z prądami zawiesinowymi.

Ważnym zagadnieniem dla udowodnienia związku kanionów z prądami zawiesinowymi było określenie szybkości, siły nośnej i okresu trwania prądu gęstościowego. Na pierwsze dwa pytania w znacznym stopniu odpowiedziały doświadczenia Kuenena, gdyż w swym laboratorium mógł on mierzyć czas trwania i miąższość prądu. Miał także dane nachylenie płaszczyzny, po której płynął prąd. Znając te wartości można było określić zależności między tymi wielkościami, a nawet ująć je we wzór.

$$W = c \sqrt{msd}$$

gdzie:

V — szybkość prądu

c — stała, określona dla pracy erozyjnej prądu

m — promień hydrauliczny

s — nachylenie płaszczyzny spływu

d — gęstość prądu zawiesinowego

Z obserwacji poczynionych w jeziorach, szczególnie w jeziorze Mead (na rzece Colorado), Kuenen określił stałą c . Mając te wszystkie dane, można, oczywiście z dużym przybliżeniem, wyliczyć szybkości prądów płynących w dół stoku kontynentalnego. Już $s = 1/15$, $m = 50$, $d = 1,005$, i $c = 400$ (prąd eroduje) daje szybkość prądu równą 5,75 km/h. Jest to szybkość dostateczna do wyniesienia grubego materiału, a zaznaczyć należy, że wartości podane w omówionym przykładzie, są wartościami minimalnymi. Prądy zawiesinowe, powstające w morzu w czasie burzy, w szczególności przy brzegach ilastych, napewno miały gęstości większe od 1,005. Wzburzona woda przy współczesnych brzegach i to wcale nie ilastych, posiada gęstości większe od 1,01. Ważnym również jest fakt, że przy pewnej szybkości prąd staje się turbulentny i w takim stanie jest on zdolny do porywania materiału z podłoża, po którym płynie, a zatem do zwiększania gęstości, co znowu z kolei zwiększa szybkość prądu i wzmacnia jego zdolność erozyjną. Zjawisko to zachodzi już przy szybkości około 3 km/h, a szybkość ta, widzimy, jest łatwo osiągalna dla prądu zawiesinowego.

Na pytanie, jak długo prądy zawiesinowe zachowują swe własności, odpowiedziały obserwacje poczynione na sztucznym jeziorze Mead, powstałym przez spiętrzenie wód Colorado. Długość jego wynosi ok. 190 km. Dokładne pomiary wykazały istnienie wody zawierającej zawiesinę jeszcze przy samej tamie, to znaczy 190 km od ujścia rzeki do zbiornika. Miąższość prądu wahała się w zależności od miejsca pomiaru od 4 do 33 m. Woda nad prądem, miąższości kilkudziesięciu metrów, była zupełnie wolna od zawiesiny. Pomiary szybkości dały wynik 800 m/h, co przy minimalnym nachyleniu 7/10 000 jest wielkością znaczną.

Prąd denny w Elephant Butte Reservoir w New Mexico w okresie powodzi osiąga szybkość 1,5 *mili/h* przy nachyleniu 1/1000 i miąższości prądu tylko 1,5 m. Jeśli zauważymy, że nachylenie stoku kontynentalnego wynosi około 1,5 i że zjawisko to zachodzi na znacznie większą skalę, otrzymane szybkości, a zatem i efekty będą odpowiednio większe.

Daly twierdzi, że najodpowiedniejsze warunki dla pracy erozyjnej prądów zawiesinowych istniały w okresie lodowcowym. W okresie tym obniżenie poziomu oceanów, w wyniku uwiecznienia znacznych ilości wody w czasach lodowych, spowodowało wystawienie na działalność abrazyjną niższych partii szelfów, zbudowanych głównie ze skał ilastych, nieskonsolidowanych. Do tego należy również dodać wzmocnienie falowania na skutek surowych warunków klimatycznych, a co za tym idzie znaczne obniżenie jego podstawy. Obniżenie linii brzegowej jeszcze w inny sposób wzmogło działalność prądów zawiesinowych, a mianowicie, zmniejszyło odległość, dzielącą przybrzeżną strefę powstawania zawiesiny od krawędzi szelfu, a zatem strefę najmniejszych szybkości prądów (ze względu na nieznaczny spadek). W strefie tej, właśnie na skutek małych szybkości, prąd traci na własnościach przez stopniowe opadanie zawieszonego materiału. Zrozumiałe jest, że skrócenie tego odcinka zmniejsza tę możliwość. Po osiągnięciu skłonu prąd nabiera szybkości i materiałem, który niesie, oraz dużymi jego ilościami, porwanymi z dna wskutek turbulencji, może, wg Daly'ego, wykonywać przypisywaną mu przez tego badacza pracę, a mianowicie erodować interesujące nas formy morfologiczne stoku kontynentalnego. Hipoteza ta tłumaczyłaby młodość interesujących nas zjawisk i ich światowe rozprzestrzenienie. Zrozumiały byłby też fakt współczesnego wypełniania się kanionów osadami ilastymi. Powyższe nie dotyczyłoby jednak kanionów Kalifornii, gdzie wąski szelf być może jeszcze obecnie sprzyja tworzeniu się prądów zawiesinowych, a co za tym idzie uniemożliwia gromadzenie się osadów na ścianach i dnach kanionów.

Z jeszcze innym poglądem wystąpił w roku 1951 J. C. Crowell. Uważa on, że kaniony są wynikiem erozyjnej działalności materiału niesionego przez prądy brzegowe, a zarzucanego przez nie na skutek utraty siły nośnej. Zmniejszenie siły nośnej prądu następuje wg Crowella wówczas, gdy napotka on na przykład, lub inny występ linii brzegowej i zostanie przez niego odchylony w kierunku pełnego oceanu. Prąd traci wówczas na szybkości, zrzuca niesiony materiał, a ten zsuwając się po stoku kontynentalnym łączy kaniony.

Autor tej hipotezy wymienia trzy konieczne warunki, które muszą być spełnione, aby miała miejsce erozja podmorska, a mianowicie: konieczne jest źródło sedymentu, stromy stok blisko linii brzegowej (wąski szelf) oraz w pewnym miejscu musi następować zanik prądu brzegowego niosącego materiał. Crowell uważa, że kilka ze znanych nam kanionów powstało w czasach obecnych, inne są głównie wieku plejstocenskigo i powstawały sto metrów poniżej obecnego poziomu oceanów. Wreszcie niektóre z nich mogły wg Crowella powstać jeszcze wcześniej i przetrwać do chwili obecnej.

Poglądem Crowella można by zakończyć omawianie grupy hipotez, mówiących o subakwalnym pochodzeniu kanionów. Jednakże, chociaż po

krótce należało by wskazać na słabe punkty wyżej wspomnianych poglądów.

Otóż obserwacje i badania materiału, zalegającego u ujść kanionów, jak i obserwacje samych prądów brzegowych nie zawsze są zgodne z poglądami J. C. Crowella, a mianowicie: kanion nie zawsze zaczyna się w miejscu, gdzie stwierdzamy zanik prądu. Istnieją również kaniony, dla których nie można znaleźć źródła materiału, który mógłby wykonać przypisywaną mu przez Crowella pracę.

Bardzo wątpliwa wydaje się również możliwość, ażeby materiał, zawarty w prądzie zawieszinowym, był zdolny do erodowania kanionów w skałach krystalicznych, co ma miejsce na przykład w przypadku kanionów Kalifornii. Daly sam przyznaje słabość jego teorii odnośnie tego punktu i przychyła się do poglądu, że kaniony Kalifornii są wynikiem erozji subaeralnej. Jednakże i w przypadku osadów nieskonsolidowanych hipoteza Daly'ego budzi zastrzeżenia, gdyż obserwacje delt wykazują, że nawet w najdogodniejszych warunkach dla erozji podmorskiej niewątpliwie panujących, w ich obrębie, przeważa sedymentacja.

Teorię Daly'ego i Kuenena mocno podważyły wyniki badań na stoku kontynentalnym Alaski, a opublikowanych przez J. A. Carsole (1954). Wiemy, że obszary te w plejstocenie pokryte były grubym płaszczem lodowym, a szelfy w szczególności. Fakt ten wyklucza falowanie jako czynnik wzbudzający prądy zawieszinowe, a w dalszej konsekwencji dyskwalifikuje hipotezy o całkowicie subakwalnym pochodzeniu kanionów podmorskich, jeśli nie wogóle, to przynajmniej w odniesieniu do form, stwierdzonych we wspomnianym regionie.

Tabela gradientów

Region	Liczba kanionów	Gradient kanionu %
Wsch. Stany Zjedn.	14	5,5
Zach. „ „ „ „	29	4,83
Azja wsch.	28	7,0
Ocean Indyjski	5	9,8
Morze Śródziemne	12	10,9
Wyspa Oceaniczna	4	13,8
Kan. związ. z rzekami	9	1,7
Rzeka Colorado		0,2
„ „ Snake		0,25

Dla pełnego zobrazowania rozwoju poglądów należy, chociaż pokrótce, wspomnieć o hipotezach, wysuwających na plan pierwszy zjawiska tektoniczne, jako przyczynę powstania głównych form morfologicznych stoku kontynentalnego, jakimi niewątpliwie są kaniony podmorskie.

Znany liczne przykłady dolin rzecznych przywiązanych do linii tektonicznych. Charakteryzują się one zwykle prostoliniowym przebiegiem i są przeważnie U-kształtne. Nie można jednak tego powiedzieć o kanio-

nach podmorskich. Mało kiedy są one prostolinijne, a poza tym są V-kształtne, szczególnie w górnych partiach stoku kontynentalnego.

Pierwszy z poglądem o tektonicznym pochodzeniu kanionów podmorskich wystąpił w roku 1893 Lawson odnośnie kanionów Kalifornii. Z podobnym poglądem, lecz dla kanionów śródziemnomorskiego wybrzeża Francji, wystąpił Bourcart. Swoje twierdzenie oparł on na fakcie, że wspomniane kaniony są w niektórych wypadkach równoległe do linii brzegowej, a w kilku innych stwierdzono ich wzajemne krzyżowanie się. Również kanion Beringa mógłby być uważany za wynik procesów tektonicznych. Przemawiałoby za tym stwierdzenie na południe od Aleutów rowów tektonicznych biegnących równoległe do tego łuku wysp, a więc podobnie jak wyżej wymieniony kanion. Z drugiej jednak strony zarówno zmienność biegu koryta kanionu jak i obecność licznych dopływów, zdaje się mocno podważać hipotezę o jego tektonicznym pochodzeniu. Hipotezy te nie spotkały się z ogólniejszą aprobatą i jak dotychczas nie odegrały one większej roli w kształtowaniu się poglądów na genezę kanionów podmorskich.

Pragnę złożyć podziękowanie dr Zbigniewowi Kotańskiemu i prof. dr Edwardowi Passendorfowi za nadzwyczaj życzliwą opiekę i pomoc przy opracowaniu niniejszego artykułu jak również podziękować wszystkim kolegom, a w szczególności S. Rudowskiemu za pomoc i zainteresowanie.

SYMPOZJUM TEORII TRANSPORTU NEUTRONÓW WARSZAWA 10—15 LISTOPAD 1958 R.

W dn. 10—15 listopada ub. roku odbyło się w Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie Sympozjum teorii transportu neutronów zorganizowane przez Zakład Inżynierii Reaktorowej IBJ PAN. Poza pracownikami Zakładu w Sympozjum uczestniczyli dr M. Ribarić i inż. R. Kładnik z Instytutu „Józef Stefan” w Lublianie (FLRJ) oraz dr J. Čermak i inż. J. Pfann z Ustavu Jaderne Fysiky w Pradze (ČSR).

Przedmiot Sympozjum, teoria transportu neutronów, stanowi gałąź fizyki statystycznej, której podstawy zostały ustalone już pod koniec XIX wieku przez Boltzmanna, gdy formułował swe słynne równanie. Aż do lat czterdziestych teoria transportu, stanowiąca po prostu teorię rozwiązywania liniowej postaci różniczkowo-całkowego równania Boltzmanna, stosowana była jedynie do problemów związanych z rozproszeniem i pochłanianiem światła w atmosferach gwiazdnych i stanowiła przedmiot wąskiej specjalizacji astrofizyki teoretycznej. W okresie prowadzonych pod koniec II wojny światowej wytyczonych prac nad zużytkowaniem energii rozszczepienia ciężkich jąder, ogólną teorię transportu neutronów zastosowano z powodzeniem do opisu oddziaływania gazu swobodnych neutronów z materią. Od tego czasu teoria transportu neutronów, niezbędna do interpretacji zjawisk zachodzących w reaktorach jądrowych, osłonach przed promieniowaniem itp., stała się obszerną gałęzią fizyki statystycznej i matematycznej i rozwija się nadal w sposób bardzo żywy, mimo że należy do teorii klasycznych.

Jedyny w Polsce ośrodek zajmujący się teorią transportu neutronów znajduje się w Zakładzie Inżynierii Reaktorowej IBJ PAN, gdzie w Pracowni Teorii Reaktorowej mała grupa fizyków pracuje w tej dziedzinie od kilku lat. Sympozjum zostało zorganizowane z inicjatywy tej grupy i miało za zadanie nawiązanie współpracy z ośrodkami w Lublianie i Pradze. Z dziewięciu wygłoszonych referatów cztery miały charakter prac oryginalnych, zaś pozostałe pięć stanowiły rodzaj wykładów wygłoszonych na podstawie obcych publikacji w celu usystematyzowania i wymiany poglądów na praktyczne aspekty teorii.

Poniżej omówimy pokrótce wszystkie referaty i ich charakter.

M. Ribarić (Ljubljana): *O pewnej klasie transformacji całkowych*. Referat dostarczył pewnych wyników otrzymanych przez referującego w problemie konstruowania odwrotnej do zadanej transformacji całkowej. Praca ta jest słabiej związana z tematyką pozostałych referatów, chociaż jej wyniki pozwalają ściśle i ogólnie sformułować pewne warunki brzegowe występujące w teorii transportu.

M. Ribarić (Ljubljana): *Warunki brzegowe w oddziaływaniu ciał dyfuzyjnych*. Autor sformułował tu w sposób ogólny oddziaływanie pól neutronowych w dowolnym układzie środowisk dyfuzyjnych (tzn. takich, w których dyfundują neutrony) oddzielonych próżnią. Otrzymane wyniki mogą być wykorzystane praktycznie np. w zagadnieniu bezpiecznego magazynowania materiałów rozszczepialnych.

J. Čermak, L. Trlifaj (Praga): *Obliczenie współczynnika wykorzystania ciepłego w reaktorze o płytowych elementach paliwowych*. W referacie podany jest sposób stosunkowo prostego obliczenia interesującego współczynnika przez rozłożenie strumienia neutronów na szereg wielomianów Legendre'a wg. współrzędnej przestrzennej.

J. Miła, R. Żelazny (Warszawa): *Rozwiązanie równania transportu neutronów metodą wielomianów Jacobiego*. Referat omawia pierwszą część pracy poświęconej optymalnemu doborowi wielomianów klasy Jacobiego. Celem pracy jest znalezienie takich wielomianów ortogonalnych względem zmiennej kątowej, które dawałyby najlepszą aproksymację rozwiązania dokładnego przy jak najmniejszym rzędzie przybliżenia.

J. Arkuszewski (Warszawa): *Modyfikacja metody sferycznych harmonicznych Yvona i Sauera*. Referat zawierał przegląd idei Yvona i Sauera polegających na rozłożeniu funkcji rozkładu neutronów na szeregi wielomianów ortogonalnych (Legendre'a), w dwu połowach pełnego kąta bryłowego zamiast w całym. Innymi słowy wyróżnia się tu neutrony zmierzające z lewej strony układu na prawą i odwrotnie, co daje duże korzyści rachunkowe. W referacie zasygnalizowano także możliwość rozszerzenia tej metody na przypadek geometrii kulistej.

Zb. Weiss (Warszawa): *Metoda sferycznych harmonicznych w różnych geometriach w ujęciu Marka i Davisona*. Sposób rozkładu gęstości katowej neutronów na funkcje sferyczne harmoniczne znany jest w dwu ujęciach: tensorowym Marka i wektorowym Davisona. Referat zawierał usystematyzowanie obu metod i powiązanie ich z sobą.

J. Mika (Warszawa): *Francuska metoda obliczenia współczynnika wykorzystania ciepłego*. Referujący podał charakterystyczne cechy mowej metody opracowanej przez francuską grupę teoretyczną z Saclay i opierającej się na interesującym probabilistyczno-całkowym ujęciu teorii transportu, dającym niezwykle dokładność obliczeń przy małym nakładzie pracy.

W. Baran (Warszawa): *Metoda Carlssona*. Referat omawiał jedną z najlepszych obecnie metod rozwiązywania równania transportu na maszynie cyfrowej i wprowadzał uczestników Sympozjum w problematykę nowoczesnej techniki rachunkowej.

M. Greniewski (Warszawa): *Zastosowanie maszyn cyfrowych do obliczania reaktorów*. Referat ten, podobnie jak poprzedni, podawał w sposób niezmiernie skomplikowany zarys problemów stojących przed fizykiem przystępującym do automatycznych obliczeń maszynowych. Druga część referatu zawierała ogólne informacje o przydatności do celów teorii transportu neutronów będącej obecnie w IBJ PAN na ukończeniu maszyny cyfrowej EMAL-2.

Obrazy prowadzone były w językach angielskim, rosyjskim i polskim. Wszystkie referaty wywołały ożywioną dyskusję, nieraz bardzo zaciętą, i ze względu na szczupłe grono uczestników — bardzo bezpośrednią. Dzięki tej dyskusji oraz innym, prowadzonym w czasie trwania Sympozjum na nieporuszone w referatach tematy, nawiązały się między uczestnikami zagranicznymi i polskimi ściśle kontakty naukowe i osobiste. W podsumowaniu wyników podkreślono pożyteczność tego rodzaju spotkań o charakterze roboczym, a nie oficjalnym.

Zagraniczni uczestnicy Sympozjum zwiedzili Warszawę i Kraków oraz część laboratoriów IBJ PAN w Warszawie, Świerku i Krakowie.

Jacek Arkuszewski

Studia Geologica Polonica

Nowe wydawnictwo będące organem Zakładu Nauk Geologicznych PAN, obejmującym prace-wykonywane w ramach tego zakładu, ma ukazywać się kolejno tomami zawierającymi większe prace lub zespół prac o mniejszej objętości powiązanych tematycznie. Prace te będą dotyczyły zagadnień ogólnych lub regionalnych, zarówno terenów polskich, jak i innych obszarów. Prace ukazujące się w „*Studia Geologica Polonica*” będą drukowane w jednym z języków kongresowych z krótkim streszczeniem w języku polskim lub w języku polskim i obcym (w streszczeniu lub w pełnym tekście).

Tom pierwszy zawiera pracę K. Smulikowskiego „*Zagadnienie genetycznej klasyfikacji granitoidów*”. Autor jest zdania, że powstawanie granitoidów, tj. granitów i innych zbliżonych do nich skał plutonicznych, odbywało się na różnych drogach i za sprawą różnorodnych procesów, prowadząc do końcowych efektów bardzo podobnych (*konwergencja*). Na podstawie obserwacji petrograficznych i geologicznych oraz ogólnych rozważań można wyróżnić następujące 4 główne grupy genetyczne granitoidów, z których dwie dadzą się jeszcze dalej podzielić na typy:

I. *Granitoidy metamorficzne*, powstałe za sprawą rekrytalizacji i metasomatyizmu w stanie stałym ze starszych kompleksów skał suprakrystalnych w głównej mierze pochodzenia osadowego (*granityzacja in situ*).

II. *Granitoidy reomorficzne*, pochodzenia podobnego jak poprzednie, lecz uruchomione bez poważniejszego udziału faz ciekłych i tworzące intruzje typu diapirowego (na podobieństwo krystalicznych mas soli).

III. *Granitoidy magmowe*, tzn. skrytalizowane z magmy wtórnej przedstawiającej zupełnie wyjątkowo stop jednorodny, prawie zawsze zaś gęstą zawieszinę kryształów w stopie. Zależnie od materiału pierwotnego, który dostarczył takiej magmy, można wyróżnić w nich 3 typy genetyczne:

1. *Granitoidy palingenetyczne* — z wtórnego upłynnienia kompleksów suprakrystalnych.

2. *Granitoidy regeneracyjne* — z wtórnego utynnienia starszych granitoidów.

3. *Granitoidy dyferencyjne* — z magmy resztkowej pozostałej po frakcjonalnej krystalizacji magmy gabrowej.

IV. *Granitoidy mieszane*, powstałe ze zmieszania się magmy granitoidowej ze stałymi skałami różnorodnej natury, lecz zupełnie różnego składu. Można tu wyróżnić dwa typy genetyczne:

1. *Granitoidy syntektyczne*, powstałe ze zmieszania magmy granitoidowej jakiegokolwiek pochodzenia z obcymi skałami, które napotykała ona w czasie swej intruzji.

2. *Granitoidy anatektyczne*, powstałe ze zmieszania magmy palingenetycznej, na pierwotnym miejscu jej selektywnego upłynnienia się z pierwotnego kompleksu suprakrystalnego, z nieupłynnionymi skałami odmiennego składu.

Autor omówił kryteria rozpoznawania wymienionych grup i typów, głównie na przykładach z terenu Sudetów i ich przedpola, poruszając również zagadnienie powiązań genetycznych między poszczególnymi grupami i możliwości przechodzenia jednego w drugi. Zakończenie pracy stanowią uwagi na temat bezwzględного datowania granitoidów w oparciu o ilościowe oznaczanie pierwaastków promieniotwórczych i produktów ich rozpadu oraz zastrzeżenia co do stosowania terminu ortognejs.

Kazimierz Maślankiewicz

SPIS TREŚCI

<i>Józef Hurwic</i> — Układ okresowy pierwiastków chemicznych i jego twórca (W 125 rocznicę urodzin Mendelejewa i 90 rocznicę ogłoszenia układu okresowego pierwiastków)	93
<i>Hugo Steinhaus</i> — Matematyka wczoraj i dziś (Wykład wygłoszony 6 paździer- nika 1958 na inaugurację roku akademickiego 1958/59 Uniwersytetu Wro- cławskiego)	107
<i>Olgiard Wołczek</i> — Rakiety księżycowe	119
<i>Jerzy Minczewski</i> — Chemia analityczna w problematyce energii jądrowej . .	131
<i>Cyryl Dąbrowski, Roman Żelazny</i> — Fizyka reaktorowa na konferencji genew- skiej 1958	137
<i>Roman Teisseyre</i> — Współpraca polsko-wietnamska w badaniach geofizycznych	145
<i>Bogdan Puławski</i> — Kaniony podmorskie	153

KRONIKA NAUKOWA

<i>Jacek Arkuszewski</i> — Sympozjum teorii transportu neutronów, Warszawa 10—15 listopada 1958 r.	171
---	-----

RECENZJE

<i>Kazimierz Maślankiewicz</i> — <i>Studia Geologica Polonica</i>	173
---	-----

POLSKIE TOWARZYSTWO PRZYRODNIKÓW
im. KOPERNIKA

K O S M O S

Seria B: PRZYRODA NIEOŻYWIONA



WARSZAWA 1958

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

Redaktor Naczelny
LEOPOLD INFELD

Z-ca Red. Naczelnego
KAZIMIERZ MASŁANKIEWICZ

Członek Komitetu Redakcyjnego
JÓZEF HURWIC

Sekretarz Redakcji
ROMAN ŻELAZNY

Adres Redakcji: Warszawa, ul. Hoża 69

TREŚĆ TOMU IV

Stanisław Bazański — Seminarium polskiej szkoły względnościowej w Dubnej (ZSRR)	289
Grzegorz Białkowski, Jerzy Wrzecionko — Zagadnienie parzystości we współczesnej fizyce	109
Max Born — Człowiek i atom	191
Kazimierz Gumiński — O kinetycznej interpretacji ciepła	219
Leopold Infeld — Fryderyk Joliot	271
Leopold Infeld — Wrażenia z Drugiej Konferencji Atomowej w Genewie	273
Leopold Infeld — Stulecie Plancka	205
Leopold Infeld — Moje wspomnienia o Władysławie Natansonie	3
Leopold Infeld — Genealogia sputnika	9
Zygmunt A. Klemensiewicz, Marian Smoluchowski — Wspomnienia sprzed lat czterdziestu	95
Krzyszta Korejwo — Sedymentacja cykliczna w karbonie	235
Kazimierz Kowalski — Speleologia	313
Henryk Kozikowski — Szkic geologiczny Niem. Rep. Demokratycznej	61
Władysław Malesiński — Zespoły współpracowników prof. W. Świętosławskiego	49
Michalina Massalska i Tadeusz Kowalski — O radioaktywności atmosfery	27
Michalina Massalska i Tadeusz Kowalski — Skażenia radioaktywne atmosfery pochodzące od eksploatacji jądrowych	277
Janina Opieńska-Blauth — Metody chromatografii i elektroforezy w badaniach naukowych	299
Tadeusz Piech — O działalności naukowej Konst. Zakrzewskiego	213
Jakub Rotblat — Niebezpieczeństwo energii atomowej w czasie wojny i pokoju	39
Hugo Steinhaus — Rola matematyki	123
Michał Strzemiński — Dawne Puławy w służbie nauk ziemioznawczych	243
Ewa Stupnicka — Problemy geologii Antarktydy	161
Janina Szejn — Historia mikropaleontologii polskiej	329
Wojciech Świętosławski — Wspomnienia o Władysławie Natansonie	209
Tadeusz Urbanski — O chemoterapii gruźlicy	225
Józef Witkowski — Pochodzenie komet	153
Olgierd Wólczek — Sztuczne satelity Ziemi	13

KRONIKA NAUKOWA

Grzegorz Białkowski — XV Zjazd Fizyków Polskich	83
Jan Flis — VI Ogólnopolski Zjazd Polskiego Tow. Geograficznego w Krakowie i Zakopanem	356

Andrzej Hrynkiiewicz — Konferencja reakcji jądrowych niskich i średnich energii, Moskwa, 19—27.II.1957	249
Józef Hurwic — XVI Międzynarodowy Kongres Chemii Czystej i Stosowanej	81
Marian Książkiewicz — Konferencja w sprawach „geologii morza” Wiesbaden w marcu 1957	252
Maria Miąsek — Sprawozdanie z I Zjazdu Fizyków Czechosłowackich	177
Jerzy Minczewski — II Ogólnopolska Konferencja Analityczna w Warszawie 20—23 listopada 1957	175
Eugeniusz Rybka — Konferencja astrometryczna w Kijowie 27—30 maja 1958	353
Jerzy Sawicki — Wspomnienie z Washington Meeting 1957	86
Ignacy Stroński — Międzynarodowa Konferencja Spektroskopii Jądrowej i Radiochemii w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej (ZSRR) 11—14.II.1958 r.	347
II Międzynarodowa Konferencja Pokojowego Wykorzystania Energii Atomowej w ONZ w Genewie	357

RECENZJE

Kazimierz Maślankiewicz — Józef Zwierzycki, Cyna	89
Kazimierz Maślankiewicz — Roczniki Gleboznawcze, tom V	89
Kazimierz Maślankiewicz — Regina Fleszarowa: Retrospektywna bibliografia geologiczna Polski oraz prac Polaków z zakresu Nauk o Ziemi	359
Stefan Piotrowski — E. Rybka: Astronomia ogólna	181
Kazimierz Rosiński — J. Bratkowska, Z. Bratkowski, Z. Bondar, T. Gutkowski, A. Sidorowicz, Z. Wagnerowski: Podstawy optyki instrumentalnej	184

WARUNKI PRENUMERATY

„KOSMOS” SERIA B — KWARTALNIK

Cena w prenumeracie zł 60 — rocznie, zł 30 — półrocznie

Zamówienia i wpłaty przyjmują:

1. Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw „Ruch”, Warszawa, ul. Srebrna 12, konto PKO Nr 1-6-100.020.

2. Urzędy pocztowe.

Prenumerata ze zleceniem wysyłki za granicę — 40% drożej. Zamówienia dla zagranicy przyjmuje Przedsiębiorstwo Kolportażu Wydawnictw Zagranicznych „Ruch”, Warszawa, ul. Wilcza 46, konto PKO Nr 1-6-100.024. Bieżące numery do nabycia w niżej podanych placówkach „Ruchu”, w księgarniach naukowych „Dom Książki”, we Wzorcowni ORWN PAN oraz we Wzorcowni PWN.

Informacji w sprawie sprzedaży egzemplarzy z poprzednich lat udziela Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw „Ruch”, Dział Handlowy, Warszawa, ul. Srebrna 12.

Placówki „Ruchu”:

Warszawa, ul. Nowopiękna 3
Warszawa, ul. Nowy Świat 72,
Pałac Staszica
Warszawa, ul. Wiejska 14
Białystok, Lipowa 1
Bielsko-Biała, skl. nr 1, ul. Lenina 7
Bydgoszcz, ul. Armii Czerwonej 2
Bytom, skl. nr 39 Pl. Kościuszki
Chorzów, ul. Wolności 54
Ciechocinek, kiosk nr 4 „Pod
Grzybkiem”
Częstochowa, II Aleja 26
Gdańsk, ul. Długa 33/34
Gdynia, ul. Świętojańska 9
Gliwice, ul. Zwycięstwa 47
Gniezno, ul. Mieczysława 31
Grudziądz, ul. Mickiewicza, sklep
nr 5
Inowrocław, ul. Marchlewskiego 3
Jelenia Góra, ul. 1 Maja 1
Kalisz, ul. Śródmiejska 3
Katowice Zach., ul. 3 Maja 28
Kielce, ul. Sienkiewicza 22
Koszalin, ul. Zwycięstwa 38
Kraków, Rynek Główny 32
Krynica, Stary Dom Zdrojowy

Lublin, Krak. Przedmieście 72
Nowy Sącz, ul. Jagiellońska 10
Łódź, ul. Piotrkowska 200
Olsztyn, Pl. Wolności (kiosk)
Opole, Rynek — sklep nr 76
Ostrów Wlkp., ul. Partyzancka 1
Płock, ul. Tumska, kiosk nr 270
Poznań, ul. Dzierżyńskiego 1
Poznań, ul. Głogowska 66
Poznań, ul. 27 Grudnia 4
Przemyśl, Pl. Konstytucji 9
Radom, ul. Moniuszki 5
Rzeszów, ul. Kościuszki 5
Sopot, ul. Monte Cassino, 32
Sosnowiec, ul. 22 Lipca 30
Szczecin, Al. Piastów, róg Jagiell.
Toruń, Rynek Staromiejski 9
Wałbrzych, ul. Wysockiego,
obok pl. Grunwaldzkiego
Wrocław, Pl. Wolności,
róg ul. 3 Maja
Wrocław, Pl. Kościuszki, kiosk nr 9
Zabrze, Pl. 24 Stycznia
pkt nr 50
Zakopane, ul. Krupówki 51
Zielona Góra, ul. Świerczewskiego 38

Księgarnie naukowe „Dom Książki”:

Warszawa, ul. Krak. Przedm. 7
Kraków, ul. Podwale 6
Łódź, ul. Piotrkowska 102a
Poznań, ul. Armii Czerwonej 69
Wrocław, Rynek 60

Ośrodek Rozpowszechniania Wydawnictw Naukowych PAN

Warszawa, Pałac Kultury i Nauki (Wzorcownia)

Wzorcownia PWN, Warszawa, ul. Miodowa 10

Cena zł 15.—