

Polskie Towarzystwo Przyrodników
im. KOPERNIKA

KOSMOS

Seria B
PRZYRODA NIEOŻYWIONA



ROK I

ZESZYT 3

WARSZAWA 1955

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

POLSKIE TOWARZYSTWO PRZYRODNIKÓW
Im. KOPERNIKA

K O S M O S

Seria B: PRZYRODA NIEOŻYWIONA



ROK I

WARSZAWA 1955

ZESZYT 5

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

Redaktor Naczelny
LEOPOLD INFELD

Zastępca Red. Naczelnego
KAZIMIERZ MAŚLANKIEWICZ

Członek Komitetu Redakcyjnego
JÓZEF HURWIC

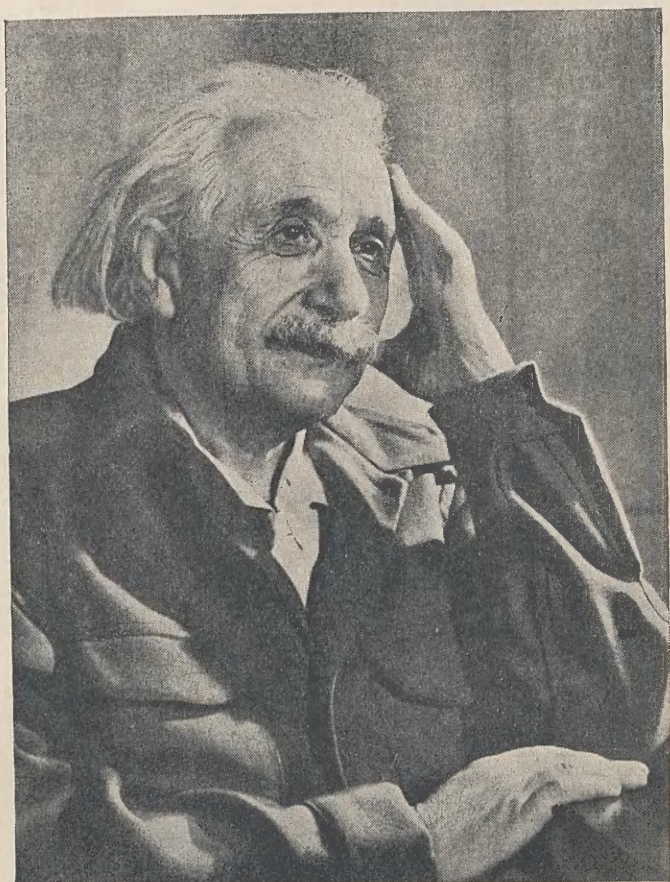
Sekretarz Redakcji
WŁODZIMIERZ KOŁOS

Adres Redakcji: Warszawa, ul. Hoża 69

PANSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE — DZIAŁ CZASOPISM
Warszawa, Krakowskie Przedmieście 79

Nakład 2270	Oddano do składania 4.II.55
Ark. wyd. 6,2, ark. druk. 5	Podpisano do druku 28.VI.55
Pap. druk. sat. kl. V ,70 g 70 x 100	Druk ukończono w maju 1955
Cena zł 9.—	Zam. 260. B-6-745

Stł. Drukarnia Naukowa, Warszawa, Śniadeckich 8



OD KOPERNIKA DO EINSTEINA

I

Dzieło Mikołaja K o p e r n i k a — to początek nie tylko astronomii współczesnej, ale początek nowoczesnej nauki o wszechświecie i o przyrodzie. Świadomość, że istnieją prawa rządzące przyrodą, wykształciła się na studiach nieba, na studiach ruchów słońca, gwiazd i planet, gdyż tam prawidłowości są najbardziej uderzające.

Wiemy z historii poznania, że najtrudniej jest uczynić pierwszy krok. W poznaniu wszechświata K o p e r n i k uczynił krok pierwszy, najtrudniejszy i najdonioślejszy. Przeniósł on układ odniesienia z Ziemi na Słońce, obwieścił światu, że planety obracają się wokół Słońca, a nie wokół Ziemi. Dzisiaj potrafimy wędrować daleko po wszechświecie, możemy przenieść się myślą nie tylko z Ziemi na Słońce, ale ze Słońca do gwiazd, z gwiazd do centrum naszej Galaktyki, z naszej Galaktyki do dalekich mgławic. W tej wędrówce po wszechświecie, w której przemierzyć możemy myślą miliony lat świetlnych, pierwszy krok — jak powiedziałem — był najtrudniejszy i ten pierwszy krok uczynił K o p e r n i k.

W XVI wieku, kiedy świat budził się z ciemnoty, kiedy renesans rozdził się we Włoszech, na myśleniu naukowym ciążyły przesady świata starożytnego i zacofanie średniowiecza. Powiedzenie, że Ziemia i inne planety poruszają się wokół Słońca, wymagało wielkiej fantazji naukowej, wielkiej odwagi naukowej i — jak się potem okazało — wielkiej odwagi osobistej.

Nie jest moim celem ani analiza, ani opis prac i zasług K o p e r n i k a. Celem moim jest omówienie wpływu, jaki wywarł K o p e r n i k na późniejszy rozwój nauki, a przede wszystkim mechaniki i teorii grawitacji. Chciałbym wykazać, jak idee następnych stuleci biorą początek w ideach K o p e r n i k a; częściowo odbiegają daleko od tych idei, a częściowo znowu do tych idei powracają. Oczywiście, że celem moim może być tylko wyznaczenie kilku zasadniczych punktów na linii tego rozwoju, tych punktów, które uważam za najważniejsze. Spotkamy się tylko z nielicznymi nazwiskami: Keplera, Galileusza, Newtona i Einsteina. Oto zasadnicze punkty rozwoju, które prowadzą od K o p e r n i k a do teorii grawitacji dnia dzisiejszego.

Powróćmy jeszcze na chwilę do K o p e r n i k a. W okresie, w którym żył K o p e r n i k, starożytność przekazała światu dwie zasady: pierwsza — że Ziemia jest w spoczynku, a wszystkie planety poruszają się wokół niej, druga, że najdoskonalszym ruchem jest ruch jednostajny po kole. Ciekawą jest rzeczą, że rewolucyjna myśl kopernikańska uwalnia

naukę od przesądu pierwszego, ale nie uwalnia nauki od przesądu drugiego. To znaczy, K o p e r n i k wyobraża sobie, że planety poruszają się wokoło Słońca ruchem jednostajnym po kole. Zdawałoby się z punktu widzenia dzisiejszego, że łatwiej byłoby uwolnić się od przesądu, że planety poruszają się po kole, aniżeli od przesądu, że Ziemia stanowi centrum wszechświata. Jednak upłynęło około 80 lat, zanim nauka uwolniła się od przesądu drugiego, że planety poruszają się ruchem jednostajnym po kole wokoło Słońca. Tym, który zburzył ów przesąd, był Jan K e p l e r (1571—1630) z Pragi, astronom królewski na dworze Rudolfa.

Każdy, kto przeszedł jakikolwiek elementarny kurs fizyki w szkole średniej lub pierwszy rok uniwersytetu, zna tzw. trzy prawa K e p l e r a. Wydają się one uczniowi nudne, dogmatyczne, szczegółowe. Że tak jest — a jest tak naprawdę — to dlatego, że uczymy źle, że odbieramy uczniowi to, co jest najważniejsze: zdolność dziwienia się. Każde odkrycie naukowe jak drzewo tkwi korzeniami w przeszłości, a koroną w przyszłości, albo żeby użyć innego porównania — jest ogniwem w łańcuchu. Jego roli nie można zrozumieć bez łączności tego ogniwa z poprzednim — z przeszłością i następnym — z przyszłością. Te trzy prawa wygłoszone są przez K e p l e r a w formie świeżej, znacznie żywiej aniżeli dogmatyczna forma, której uczymy się w szkole. Kepler wypowiedział je w swoim dziele *Harmonia wszechświata* w roku 1619. Przytoczymy tutaj prawo pierwsze: „Wykazałem, że orbita planet jest eliptyczna i że Słońce jest w ognisku elipsy“. Prawo swe wypowiada K e p l e r na podstawie obserwacji duńczyka Tychońa d e B r a h e. Usłyszymy, z jaką dumą i fantazją pisze o swoim odkryciu, rozumiejąc w pełni jego wielkość i ważność.

„Cel, nad którym przepracowałem z Tychońem d e B r a h e najlepszą część mojego życia, ujrzy wreszcie światło dzienne. Nic mnie nie powstrzymuje... *Alea iacta est*. Książka jest napisana i wszystko mi jedno, czy będzie czytana teraz, czy przez potomność. Może czekać będzie sto lat na czytelnika, teraz gdy Pan Bóg czekał 6 tysięcy lat na obserwatora“.

II

Dzieło K o p e r n i k a i K e p l e r a to niejako jeden zamknięty okres rozwoju. W tym okresie zarówno K o p e r n i k, jak i K e p l e r zajmują się *opisem* ruchu planet wokoło Słońca. Istotnie opis ruchów jest pierwszym krokiem w historii poznania. Drugim krokiem jest sformułowanie *praw* ruchu, na podstawie których możemy ruch i jego opis wywnioskować. A więc w pierwszym okresie rozwoju nauki niejako opisujemy ruch, dopiero w drugim okresie nauki dedukujemy z praw fizyki charakter tego ruchu. Na ogół opis ruchu nie pozwala nam przewidywać przyszłości danego układu lub odnajdywać jego przeszłość. Tylko prawa pozwalają nam na przepowiadanie przyszłości układu. Zwykle mechanika, nauka o ruchu, podstawa wszelkich nauk przyrodniczych, dzieli się na kinematykę, jak gdyby wstępny rozdział do mechaniki, i dynamikę — naukę o prawach ruchem tym rządzących. Możemy powiedzieć, że w okresie K o p e r n i k a i K e p l e r a nauka ogranicza się do kinematyki, tzn. do opisu ruchu. W astronomii występują tylko pojęcia kinematyczne, a nie dynamiczne. To, że w astronomii nawet to podejście kinematyczne, to znaczy opis ruchu, wystarcza dla przepowiadania zjawisk, dzieje się

się tylko dlatego, że ruchy, które opisujemy, są periodyczne, powtarzające się; dlatego obserwacja i opis tego, co się działo w przeszłości, pozwoli nam przewidzieć przyszłość.

Dynamiczne ujęcie zagadnienia ruchu ciał niebieskich zaczyna się od *Galileusza* i *Newtona*. Na czym polega problem, który znajduje częściowe rozwiązanie w pracy *Galileusza*, a pełne rozwiązanie w pracy *Newtona*? Wyobraźmy sobie planety Merkury, Mars, Ziemię krążące dookoła Słońca. Jakie istnieją siły, które zmuszają tę planetę do krążenia wokół Słońca? Samo sformułowanie i odpowiedź na to pytanie były możliwe dopiero wtedy, gdy wyjaśniło się pojęcie przyspieszenia i fakt, że siła jest związana z przyspieszeniem; fakt, który częściowo rozumiał już *Galileusz* (w przypadku ruchu jednostajnie zmiennego), a w pełni dopiero *Newton*.

W starożytności wyobrażano sobie — w fizyce arystotelesowskiej — że prędkość związana jest z siłą, że ciało porusza się tym szybciej, im większa działa na nie siła. Wóz ciągniony przez cztery konie porusza się dwa razy szybciej aniżeli wóz ciągniony przez dwa konie. Dopiero po dwóch tysiącach lat nauka dzięki doświadczeniom *Galileusza* i *Newtona* uwalnia się od tego błędu. Zrozumienie tego faktu, że nie prędkość, ale przyspieszenie jest proporcjonalne do siły, to początek mechaniki, to początek fizyki. Powróćmy na chwilę do problemu kopernikańskiego i dla uproszczenia zapomnijmy o odkryciu *Keplera* i wyobraźmy sobie — tak jak tego chciał *Kopernik* — że planeta — powiedzmy Ziemia — porusza się ruchem jednostajnym wokół Słońca. Według dawnych antycznych koncepcji siła powinna działać w kierunku stycznym do koła, tzn. w kierunku prędkości. Podobnie w wypadku ruchu po elipsie siła powinna działać w kierunku stycznym do elipsy, tzn. w kierunku prędkości. Ale wiemy, że w wypadku ruchu jednostajnego po kole siła działa do środka koła. Słowo „przyspieszenie“ nie jest w tym wypadku specjalnie szczęśliwe; chodzi o to, że w wypadku ruchu jednostajnego po kole zmienia się prędkość jako wektor, bo zmienia się kierunek prędkości, chociaż nie zmienia się bezwzględna wartość prędkości. Jeżeli mamy ruch jednostajny po linii prostej to wtedy albo nie ma siły, albo wszystkie siły działające kasują się wzajemnie. Nie ma siły, bo nie ma przyspieszenia, a siła zgodnie z prawem newtonowskim jest proporcjonalna do przyspieszenia. Ale gdy mamy ruch ze stałą prędkością nie po linii prostej, ale krzywej, to wtedy mamy przyspieszenie, mamy siłę, bo prędkość się zmienia, zmienia swój kierunek, chociaż nie zmienia swej wartości bezwzględnej. I oto dopiero w wieku XVII, w 140 lat po śmierci *Kopernika*, zaczęto rozumieć, że kierunek siły musi być zgodny z kierunkiem przyspieszenia, że siła działa w najprostszym wypadku ruchu planety po kole nie w kierunku stycznym do koła, ale w kierunku promienia, w kierunku łączącym planetę ze Słońcem. W wypadku ruchu po elipsie przyspieszenie a więc i siła skierowane są do Słońca w kierunku wektora łączącego planetę ze Słońcem. Podobnie jak kamień wyrzucony poziomo nie spada prosto na dół, ale po paraboli, podobnie jak w wypadku rzuczonego poziomo kamienia kierunek prędkości nie jest kierunkiem siły, podobnie w wypadku planety kierunek prędkości nie jest zgodny z kierunkiem siły. Gdybyśmy z wysokiej góry wyrzucili pocisk z dostatecznie dużą prędkością, moglibyśmy z niego stworzyć sztuczną planetę, nie pomi-

mo przyciągania Ziemi, ale z powodu przyciągania Ziemi i dużej prędkości początkowej w kierunku innym, aniżeli kierunek przyciągania Ziemi.

Wymagało to niezwyklej fantazji naukowej, aby zrozumieć, że ruchem kamienia spadającego na Ziemię, ruchem Księżyca wokoło Ziemi, ruchami planet wokoło Słońca, wszystkimi tymi ruchami we wszechświecie rządzi jedno jedyne prawo: prawo powszechnego ciążenia. Dwa jakiegokolwiek ciała we wszechświecie przyciągają się z siłą proporcjonalną do iloczynu ich mas, a odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości. Historia o jabłku spadającym, które nasunęło podobno *N e w t o n o w i* myśl o ciążeniu powszechnym, jest oczywiście nonsensem. W istocie *N e w t o n* nad zagadnieniem tym przemyślał 15 lat, zanim mógł teorię swoją sprawdzić na prostym przykładzie ruchu Księżyca po kole wokoło Ziemi. Zdarza się często, że jasność zrozumienia rodzi się nagle, ale dzieje się to tylko wtedy, jeżeli jest ona poprzedzona miesiącami, a nawet latami nieustannego myślenia.

Mechanika newtonowska rzuca nowe światło na kopernikański i keplerowski problem ruchu planet wokoło Słońca. Narodziła się oto dynamika, sformułowanie praw fizycznych rządzących tym ruchem. Dedukcja zastępuje opis ruchu i to jest nowy istotny krok w historii naszego poznania.

A więc zgodnie z zasadami dynamiki *N e w t o n a*, zgodnie z prostym prawem grawitacji formułujemy równania ruchu dla planety krążącej wokoło Słońca. Te równania ruchu są równaniami różniczkowymi drugiego rzędu. Rozwiązujemy je i oto już na drodze czysto matematycznej otrzymujemy wniosek, że planety krążą wokół Słońca po elipsie. Słynne pierwsze prawo *K e p l e r a* staje się więc wnioskiem z zasad newtonowskich. Nie tylko w tym leży wielki sukces teorii. Okazało się bowiem, że nie tylko pierwsze, ale i drugie i trzecie prawo *K e p l e r a* (którego tutaj nie cytowaliśmy) jest konsekwencją prawa *N e w t o n a*. Prawo *N e w t o n a* sięga znacznie głębiej, aniżeli prawo *K e p l e r a*, bo z prawa *N e w t o n a* wynikają prawa *K e p l e r a*. Nagle rzeczywistość staje się dla nas prosta, mimo, że aby ją zrozumieć, musimy opanować sztukę dedukcji sformułowaną w teorii równań różniczkowych. Każdemu człowiekowi nauki rzeczywistość wydaje się zrozumiała, jeżeli z prostych założeń potrafi wywnioskować nowe, często zawiłe fakty. Wyda się ona prosta, mimo że łańcuch dedukcji jest długi. W miarę jak rozwija się fizyka, ten łańcuch dedukcji przedłuża się nieustannie. Zrozumienie tego faktu jest bardzo istotne dla zrozumienia ducha nauki. Występuje on wyraźnie na przykładzie praw *K e p l e r a*, *N e w t o n a* i ich wzajemnego stosunku. Prawa *K e p l e r a* wydają się sztuczne, niezrozumiałe, trudne do zapamiętania. *K e p l e r* stwierdził, że planety poruszają się po elipsie, ponieważ chciał dostosować obserwacje do jakiejś krzywej i po szeregu prób wpadł na to, że krzywą tą jest elipsa i że Słońce znajduje się w jej ognisku, a nie, jak mu się przedtem wydawało, w jej środku. Pozostałe dwa prawa keplerowskie są jeszcze bardziej zawiłe i *K e p l e r* doszedł do nich drogą wielu żmudnych prób. Wszystkie te prawa wynikają jako konsekwencja teorii *N e w t o n a*. Ale co więcej! Okazuje się, że prawa są tylko pierwszym przybliżeniem. Z fizyki newtonowskiej wynikają prawa głębsze, lepiej opisujące rzeczywistość, aniżeli te, które sformułował *K e p l e r*. Ta sprawa również wymaga pewnego wyjaśnienia.

N e w t o n sformułował prawa mechaniki w trzech podstawowych zasadach mechaniki, których głębsze zrozumienie wcale nie jest proste, chociaż werbalnie każdy zna te zasady na pamięć jeszcze ze szkoły średniej. Poza tym sformułował on prawo grawitacji.

Jedną z zasadniczych trudności występujących w mechanice newtonowskiej jest pojęcie układu. Musimy o tym powiedzieć tutaj nieco obszerniej, gdyż z jednej strony pojęcie to łączy się z teorią kopernikańską, a z drugiej — z rozwojem nauki. Jeżeli formułujemy prawo N e w t o n a, to natychmiast powstaje pytanie, do jakiego układu odnoszą się te prawa? Ażeby dać prosty przykład: w pokoju na bardzo gładkiej podłodze popchnijmy z lekka kulkę. Wiemy, że kulka ta będzie się poruszała ruchem tym bardziej zbliżonym do jednostajnego, im mniejsze będzie tarcie. Wniosek N e w t o n a, że kulka ta poruszałaby się jednostajnie, gdyby żadne siły na nią nie działały, jest w istocie swej idealizacją rzeczywistości. Ale wyobraźmy sobie, że to samo doświadczenie powtarzamy na bardzo szybko kręcącej się karuzeli. Wtedy wynik doświadczenia będzie inny. Kulka będzie się starała oddalić jak najbardziej od punktu nieruchomego, przez który przechodzi oś, wokoło której się ta karuzela obraca. A więc widzimy, że pierwsza zasada N e w t o n a, zasada bezwładności odnosi się (mniej więcej) do mojego pokoju, ale nie odnosi się do karuzeli. Ale według K o p e r n i k a Ziemia jest karuzelą, obraca się około swej osi w ciągu doby i obraca się również w ciągu roku dookoła Słońca. Zadajemy sobie więc pytanie: gdzie jest ten układ, do którego odnoszą się prawa dynamiki N e w t o n a? Tym układem na pewno nie jest karuzela, a więc tym układem nie jest również i mój pokój, ponieważ Ziemia, jak mówi K o p e r n i k, również się obraca. Tam gdzie zjawia się jakaś nowa trudność, tam zawsze zjawia się też jakieś nowe słowo; tym nowym słowem jest *układ inercjalny*. Tak nazywamy układ, do którego odnoszą się prawa dynamiki. Nazwijmy układem kopernikańskim układ związany ze Słońcem, to znaczy mówimy, że używamy układu kopernikańskiego, gdy opisujemy ruch względem Słońca, gdy przyjmujemy, że Słońce jest nieruchome i że Ziemia obraca się dokoła Słońca. Nazwiemy znowu układem ptolomeuszowskim układ związany z Ziemią, tzn. układ, w którym założymy, że Ziemia jest w spoczynku, a Słońce i inne planety obracają się dokoła Ziemi. Wielkość kopernikańskiego czynu polega na tym, że wbrew opinii całego świata naukowego i nienaukowego miał odwagę wypowiedzieć i udowodnić, że układ jego lepiej opisuje naszą rzeczywistość aniżeli układ ptolomeuszowski; że przejście od układu ptolomeuszowskiego do układu kopernikańskiego jest zasadniczym postępem w historii naszego poznania. W wiele lat po swojej śmierci miał K o p e r n i k przeciwko sobie cały świat naukowy i kościół katolicki. O tym więcej później — ale już teraz pragnę ten fakt zaznaczyć, bo nie można ocenić wielkości Kopernika bez znajomości klimatu naukowego, który wówczas panował.

Otóż mechanika newtonowska — dzieło Galileusza, Newtona rzuca nowe światło na charakter odkrycia K o p e r n i k a. Używając terminologii, która się wykształciła po N e w t o n i e i dzięki N e w t o n o w i, możemy powiedzieć, że jedna z cech wielkości odkrycia K o p e r n i k a polega na tym, że pokazał on, iż raczej Słońce niż Ziemia jest układem inercjalnym; iż do Słońca raczej niż do Ziemi odnoszą się prawa mechaniki. Istotnie, jeżeli odnosimy ruch planet do Słońca, jeżeli

stosujemy zasady mechaniki do układu związanego ze Słońcem, jeżeli do tego układu zastosujemy prawo powszechnego ciążenia, to właśnie wtedy jako wniosek otrzymujemy prawa *Keplera*. Oczywiście w wielu wypadkach wolno nam Ziemię uważać jako układ inercjalny, mianowicie w tych wypadkach i w tych zjawiskach, dla których obrót Ziemi ma znaczenie minimalne, np. gdy badamy przepływ prądu lub bieg elektronów. Ale oczywiście w zjawiskach grawitacyjnych, tam gdzie właśnie chodzi o opis ruchu Ziemi, tam okazuje się, że układ związany ze Słońcem, a nie układ związany z Ziemią, jest raczej układem inercjalnym; że prawa dynamiki odnoszą się do układu kopernikańskiego raczej niż do układu ptolemeuszowskiego.

Użyłem tutaj kilkakrotnie słowa „raczej”. Czyżby układ kopernikański nie był ściśle inercjalny? Na to pytanie odpowiadamy: nie. Układ kopernikański nie jest ściśle inercjalny, układ kopernikański nie jest tym układem, do którego odnoszą się ściśle prawa mechaniki.

Zdawałoby się więc, że teoria *Newtona* obala teorię kopernikańską. Taki wniosek byłby przedwczesny i powierzchowny. Każda teoria ma granice swojej stosowności. W miarę, jak rozwija się nauka, każda teoria w nauce okazuje się tylko przybliżeniem, wymaga zmian, czasem ewolucyjnych, czasem rewolucyjnych. Wielkość teorii *Kopernika* polega na tym, że od niej nie ma odwrótu do obskurantyzmu teorii ptolemeuszowskiej, a że, jak wykazał rozwój historyczny, idee kopernikańskie stanowiły zasadniczą zmianę wytyczającą kierunek dalszego rozwoju fizyki.

Lepszym układem, bardziej inercjalnym aniżeli układ związany ze Słońcem, jest układ związany ze środkiem mas naszego systemu planetarnego. Wyobraźmy sobie, że mamy we wszechświecie tylko dwa ciała o jednakowej masie, wtedy środek mas tych ciał leży w środku linii łączącej te masy. Gdy natomiast jedna masa jest tysiąc razy większa od drugiej, wtedy środek mas leży tysiąc razy bliżej masy większej. Podobnie istnieje środek masy dla całego naszego układu słonecznego. Ten środek masy leży w Słońcu (choć nie w środku Słońca), ponieważ masa Słońca jest bardzo duża w stosunku do masy planet. Otóż z mechaniki *Newtona* wynika, że ów środek masy raczej, aniżeli środek Słońca, stanowi układ inercjalny, albo innymi słowy: układ związany ze środkiem masy raczej, aniżeli układ związany ze środkiem Słońca, jest układem inercjalnym. Powiedzieliśmy poprzednio, że prawa *Keplera* wynikają z praw newtonowskich jako pierwsze przybliżenie. W rzeczywistości prawa *Keplera* nie są ściśle słuszne. Są one słuszne dla naszego układu słonecznego z bardzo dużym przybliżeniem, ponieważ masa Słońca jest bardzo duża w stosunku do masy planety.

Spójrzmy na to zagadnienie przez chwilę jeszcze z nieco innego punktu widzenia. Jeżeli masa Słońca jest bardzo duża w stosunku do masy planety (i gdybyśmy tylko mieli w naszym układzie Słońce i planetę), to możemy problem ruchu planety rozumieć jako problem jednego ciała; mówimy, że Słońce spoczywa, a planeta porusza się po elipsie wokół Słońca. Możemy tak zrobić, bo środek masy leży praktycznie w środku Słońca. Ale wyobraźmy sobie, że masa Słońca jest tylko kilkakrotnie większa od masy planety. Wtedy według teorii newtonowskiej musimy ruch odnieść do układu związanego ze środkiem masy. Wtedy zarówno Słońce, jak i planeta poruszałoby się po elipsach, w których ognisku byłby

środek masy. Widzimy więc, jak już pierwsze prawo Keplera, podobnie jak i dwa następne, ulegają zmianie. Układ związany ze środkiem Słońca zastąpić należy układem związanym ze środkiem masy. Dla skrócenia będziemy taki układ związany ze środkiem masy nazywali układem kopernikańskim (podobnie jak i układ związany ze środkiem Słońca, gdy przyjmujemy, że masa Słońca jest duża w stosunku do masy planety).

Układ kopernikański jest na pewno bardziej inercjalny aniżeli układ ptolomeuszowski. Ale widzimy, już z rozwoju fizyki do czasów Newtona, a jeszcze wyraźniej później, że układ kopernikański nie jest idealnie inercjalny. Jeżeli mówimy, że cały system planetarny się obraca, że cała nasza Galaktyka się obraca, to mamy właśnie na myśli, że układ kopernikański nie jest ściśle inercjalny. Żaden obracający się układ nie może być układem ściśle inercjalnym.

Już ta krótka dyskusja wykazuje istotną słabość mechaniki klasycznej. Nasuwa się bowiem pytanie, gdzie jest ten układ inercjalny? Co w przyrodzie, w naszej obiektywnej rzeczywistości odpowiada układowi inercjalnemu? Na to pytanie mechanika klasyczna nie potrafi odpowiedzieć. Mówi nam ona, że raczej układ A jest bardziej inercjalny aniżeli układ B, raczej kopernikański, aniżeli ptolomeuszowski. Ale nie mówi nam ona, że ten a ten układ jest układem inercjalnym.

Wyobraźmy sobie, że mamy jakiś układ, który uważać możemy za układ inercjalny. Wtedy, według mechaniki klasycznej, każdy inny układ poruszający się wobec danego układu ruchem jednostajnym jest również układem inercjalnym. To znaczy, również dobrym jak układ kopernikański jest każdy inny układ, który się wobec układu inercjalnego porusza ruchem jednostajnym. W mechanice klasycznej mamy więc zawsze do czynienia nie z jednym układem inercjalnym, ale z grupą układów inercjalnych. Nieco może zbyt technicznie i zbyt pretensjonalnie wyraziliśmy fakt niezmiernie prosty, że takie same prawa obowiązują w pociągu jak na ziemi, o ile pociąg porusza się po linii prostej ruchem doskonale jednostajnym. Te same prawa mechaniki obowiązują we wszystkich układach, o ile poruszają się one względem siebie ruchem jednostajnym.

A co będzie, jeżeli układy poruszają się względem siebie ruchem niejednostajnym? Powróćmy raz jeszcze do karuzeli, na której zasada bezwładności nie obowiązuje. Jakie tam istnieją prawa? Odpowiadamy na to krótko: prawa sformułowane przez Newtona obowiązują tylko w układzie inercjalnym, na karuzeli np. obowiązują inne prawa, które również potrafimy sformułować, jeżeli tylko wiemy, jak się dany układ porusza względem układu inercjalnego. Mianowicie dochodzą nowe siły, tzw. siły d'Alamberto w s k i e. Czasami mówi się o pozornych siłach d'Alambertowskich, chociaż mam wątpliwości, czy słowo „pozerne“ jest właściwe.

Streśćmy krótko to, co powiedzieliśmy. Wielki czyn Kopernika stanowi początek nauki współczesnej. Piękne odkrycie Keplera zmienia kopernikański ruch planet po kołach na ruch po elipsach. Fizyka, a w szczególności mechanika sformułowana przez Galileusza i Newtona, pozwala nam nie tylko opisywać ruchy, lecz także przewidywać je. Z newtonowskiego prawa grawitacji wynikają prawa Keplera. Grawitacyjna siła przyciągania działa w kierunku przyspieszenia, a nie w kierunku prędkości. Z mechaniki klasycznej wynika, że układ kopernikański

jest — jeżeli chodzi o ruch planet — układem inercyjnym chociaż późniejszy rozwój nauki wykazuje, że ten układ nie jest idealnie inercyjny. Przez układ kopernikański należy raczej rozumieć układ związany ze środkiem mas układu planetarnego, a nie ze środkiem Słońca, chociaż różnica jest nieistotna ze względu na to, że masy planet są małe w stosunku do masy Słońca.

III

Powiedzmy teraz o atmosferze politycznej, w której wyłoniła się prawda o wyższości układu kopernikańskiego nad ptolomeuszowskim. Prawda ta wyłoniła się po walce z kościołem, który argumentom naukowym przeciwstawił argumenty teologiczne. W obronie prawdy kopernikańskiej zginął na stosie Giordano Bruno. Inkwizycja wytoczyła sprawę Galileusza, gdy miał lat 70 i wyrok tej inkwizycji jest interesującym dokumentem, który cytuję:

„...Z uwagi na to, że was, Galileusza, synu śp. Wincentego Galileusza rodem z Florencji, w wieku lat siedemdziesięciu, oskarżono przed niniejszym Świętym Officjum w roku Pańskim 1616 za utrzymywanie za prawdę błędnej nauki rozpowszechnianej przez wielu, mianowicie, że słońce jest nieruchome w środku świata, a że ziemia się porusza, wraz z jej obrotem dziennym; i za posiadanie uczniów, którym wszczepialiście one poglądy; i za prowadzenie korespondencji z pewnymi niemieckimi matematykami; i za wydanie drukiem niejakich listów o plamach słonecznych, w których rozwijaliście tę naukę jako prawdziwą; a także za dawanie odpowiedzi na ciągle stawiane zarzuty na podstawie Ksiąg Świętych przez wyjaśnianie rzeczonych Ksiąg wedle własnej interpretacji i w obliczu tego, że potem dostarczono jeszcze egzemplarz pisma w formie listu, przez was niechybnie pisanego do osoby będącej waszym byłym uczniem, w których listach utrzymując tezę Kopernika umieściliście kilka wypowiedzi sprzecznych z prawdziwym sensem i autorytetem Ksiąg Świętych; mając przeto na względzie tego Świętego Trybunału chęć zapobiegania rozprzężeniu i złu, jakie stąd wynikać i rosnać zaczęło z uszczerbkiem dla Wiary Świętej, na żądanie Jego Świątobliwości i Ich Eminencyj Księżych Kardynałów niniejszej najwyższej i powszechnej Inkwizycji, Teologowie Rzeczoznawcy określili owe dwa twierdzenia o nieruchomości słońca i ruchu ziemi jak następuje:

1. Twierdzenie, że słońce jest w środku świata i nieruchome w swym położeniu, jest niedorzeczne, filozoficznie fałszywe i formalnie kacerskie; jest ono bowiem wyraźnie sprzeczne z Księgami Świętymi.
2. Twierdzenie, że ziemia nie jest środkiem świata i że nie jest nieruchoma, lecz że porusza się, a także i obrotem dziennym, jest również niedorzeczne, filozoficznie fałszywe, a teologicznie, w stosunku do wiary, co najmniej błędne.

Lecz z uwagi na to, że (raczyliśmy bowiem wówczas obejść się z wami łagodnie) postanowiono w Kongregacji Świętej, w obecności Jego Świątobliwości, dnia 25 miesiąca lutego 1616 roku, aby Jego Eminencja X. Kardynał Bellarmine nakłonił was do całkowitego wyrzeczenia się wymienionej fałszywej nauki i aby w razie waszej odmowy wezwać was przed Komisarza Świętego Officjum, iżbyście jej poniechali, nie ucząc jej ani jej nie broniąc; a gdybyście się temu nie poddali, aby was uwięzić;

w wykonaniu zaś tego postanowienia następnego dnia w Pałacu, w obecności Jego Eminencji wyżej rzeczzonego X. Kardynała Bellarmine, i po udzieleniu przez niego łagodnej nagany, Komisja Świętego Officjum nakazała wam odwołać w całości wobec notariusza i świadków tezę, błędną naukę i ani jej bronić w przyszłości, ani też uczyć w jakikolwiek sposób, ni w słowie, ni w piśmie, a po przyrzeczeniu posłuchu wypuszczono was.

By jednak zupełnie wykorzystać tę tak zgubną naukę i zapobiec dalszemu się jej szerzeniu z wielkim uszczerbkiem dla wiary katolickiej, Święta Kongregacja Cenzury objęła indeksem wszelakie księgi, które by traktowały o tejże nauce, uznając ją za błędną i w ogóle niezgodną z Świętymi i Boskimi Księgami.

Lecz z uwagi na to, że z kolei ukazała się znowu książka wydana w Florencji ubiegłego lata, której tytuł wskazywał na wasze jej autorstwo, a który to tytuł brzmi Galileusza Galileo *Dialóg o dwu najważniejszych układach świata ptolemeuszowym i kopernikowym* i z uwagi na to, że ta Święta Kongregacja dowiedziawszy się, że w konsekwencji wydrukowania onejże książki, błędna ta nauka o ruchu ziemi i nieruchomości słońca z dnia na dzień się umacnia, rzeczoną książkę poddała troskliwemu badaniu i wykryła w niej jaskrawe pogwałcenie rzeczzonego porządku, który wam przedłożono, oraz z uwagi na to, że w tejże książce broniliście wspomnianej a potępionej już w waszej obecności tezy, jakkolwiek w rzeczonej księdze usiłowaliście licznymi opaczными wywodami zrodzić przekonanie, że teza wasza jest jeszcze nie rozstrzygnięta, a jedynie wiaropodobna, co wszakże jest również bardzo ciężkim błędem, skoro żadną miarą teza nie może być wiaropodobna, o której już orzeczono i ostatecznie zawyrokowano, że jest z Pismem Świętym sprzeczna.

Przeto z naszego nakazu zawieszano was przed to Święte Officjum, gdzie po przebadaniu was pod przysięgą przynależcie, iż rzeczona księga była napisana i drukowana przez was i wyznaliście, iż pisać powyższe dzieło zaczęliście dziesięć czy dwanaście lat temu, po otrzymaniu wyżej pomienionego orzeczenia i że zabiegaliście o pozwolenie drukowania tejże nie uświadomiwszy tych, którzy wam to pozwolenie wydali, że zakazano wam utrzymywać, bronić lub uczyć w jakikolwiek sposób owej doktryny. Wyznaliście również, że czytający mógł pomyśleć, że przytoczone po stronie fałszywej argumenty tak były sformułowane, że raczej skutecznie przekonywały niż obalone być mogły, przynajmniej dla ekskuzacji, żeście popadli w błąd ten, obcy (jak utrzymujecie) waszej intencji, pisząc w formie dialogu i w konsekwencji owej przyrodzonej słabości, jaką każdy czuje wobec swoich własnych subtelności oraz dla przekazywania się swą większą od ogółu ludzkiego zdolnością w przywożeniu przemyślnych i na pozór słusznych argumentów nawet na poparcie fałszywych twierdzeń.

Otrzymawszy zaś dogodny termin dla przeprowadzenia swej obrony przedstawiliście certyfikat napisany własnoręcznie przez Jego Eminencję X. Kardynała Bellarmine, uzyskany przez was, jak mówicie, gwoli obrony przed kalumniami ze strony waszych wrogów, którzy rozgłaszali, żeście odwołali poglądy wasze i zostali ukarani przez Święte Officjum, w którym to certyfikacie stwierdzono, żeście ani nie odwoływali ani nie zostali ukarani, lecz jedynie, że oświadczenie pochodzące od Jego Świątobliwości a promulgowane przez Świętą Kongregację Indeksu zostało wam podane

do wiadomości, które stwierdza, iż pogląd, że ziemia się porusza a słońce stoi w miejscu, jest z Pismem Świętym sprzeczny, a zatem nie może być ani utrzymywany ani broniący. Skoro zaś nie było tam żadnej wzmianki o owych dwu klauzulach zakazu, a mianowicie zakazu «nie uczenie» i zakazu «w jakikolwiek sposób» dowodziliście, żeśmy uwierzyć powinni, iż po upływie czternastu czy szesnastu lat uleciały wam z pamięci i że to było przyczyną dlaczego przemilczeliście ten zakaz gdyście się ubiegali o pozwolenie ogłoszenia waszego dzieła i że przytaczacie to nie dla przebaczenia wam błędu, lecz aby to przypisać próżnej ambicji raczej niż złośliwości. Sam ów atoli certyfikat gwoździ waszej obrony przedłożony czyni waszą przewinę znacznie cięższą, skoro mowa w nim o tym, że rzeczona opinia z Księgami Świętymi jest sprzeczna; wy jednak ważyliście się o niej traktować i dowodzić, iż jest wiaropodobna. Nie ma również żadnego złagodzenia w pozwoleniu, któreście sztuką i chytrą byli uzyskali, skoroście o nałożonym na was nakazie nie napomknęli, a ponieważ się Nam wydaje, iżście całej prawdy co się tyczy waszej intencji nie wyjawili, uznaliśmy za konieczne przystąpić do surowego zbadania was, w którym (w niczym nie naruszając tego, coście byli wyznali, a co przeciwko wam wyżej wyszczególnione zostało, co do waszej rzeczony intencji) odpowiadaliście jak dobry katolik.

Rozpatrzywszy przeto i całkowicie rozważywszy meritum waszej sprawy wraz z waszymi rzeczonymi zeznaniami i ekskuzacjami i wszystkim, co rozpatrzone i rozważone być powinno, doszliśmy do poniżej spisanego przeciwko wam wyroku.

Wzywając przeto Przenajświętsze Imię Pana Naszego Jezusa Chrystusa i Najświętszej Panny Rodzicy Jego Maryi, wydajemy Nasz wyrok ostateczny, który, zasiadając w radzie i sądzie z Wielebnymi Magistrami Świętej Teologii i Doktorami Obojga Praw, Naszymi Ławnikami, ogłaszamy w niniejszym piśmie w przedmiocie spraw i kontrowersji między Jego Magnificencją Carlo Cincereo, Doktorem Obojga Praw, Skarbnikiem Świętego Officjum z jednej strony, a wami Galileuszem Galileo, oskarżonym, sądzonym i przesłuchanym jak wyżej z drugiej strony, orzekamy, osądzamy i oznajmiamy, iż wy, rzeczony Galileo, z racji tych rzeczy, które w treści pisma niniejszego są wyszczególnione, a które jak wyżej, wyznaliście, ciężkie na się niniejszego Świętego Officjum ściągaliście podejrzenie o herezję, czyli o to, iż wiarę i podtrzymanie dalsie nauce (która fałszywa jest i z Świętymi Boskimi Księgami sprzeczna), że słońce jest światła środkiem, że się ono od wschodu ku zachodowi nie porusza, a że ziemia się porusza, a światła środkiem nie jest, a także, iż wyznawać można, popierać i uważać za wiaropodobną opinię, która orzeczona już i ostatecznie dekretemi uznana została za sprzeczną z Pismem Świętym i że wskutek tego podlegacie naganom i karom wszelkim w świętych kanonach i innych konstytucjach ogólnych i szczególnych przeciw winowajcom tego rodzaju nakazanym i promulgowanym.

Naszą wolą jest, by wam one odpuszczone były, z warunkiem, iż szczerym sercem i nieklamana wiarą, w obecności Naszej od rzeczonych błędów i herezji oraz wszelakiego innego błędu i herezji z Katolickim i Apostolskim Rzymskim Kościołem sprzecznych odżegnacie się, przeklniecie je i wzgardę im okażecie w sposobie wam teraz wskazanym.

Iżby jednak wasz znaczny i zagubiony błąd i występki całkiem bez-

karnie wam nie uszedł, a wy sami byście w przyszłości byli opatrniejsi i byście byli dla drugich przestrzeżeniem, aby się od przewiny tego rodzaju powściągali, postanawiamy by dzieło Galileusza Galileo *Dialog* werdyktem publicznym było zakazane, a was skazujemy na formalne więzienie przez niniejsze Święte Officjum przez czas po Naszej woli określony, jako zaś zbawienną pokutę nakazujemy wam na przeciąg trzech najbliższych lat raz w tygodniu siedem psalmów pokutnych odmawiać, a władzę ulżenia, zamiany lub zniesienia całości lub części rzeczony kary czy pokuty, sobie warujemy“.

Formuła zaś odprzysiężenia się, którą Galileusz wskutek wyroku musiał wyrzec, brzmiała jak następuje:

„Ja Galileusz Galileo, syn śp. Wincentego Galileo z Florencji, w wieku lat siedemdziesięciu, na sąd we własnej osobie doprowadzony, przed Wami, Wasze Eminencje i wielelni XX. Kardynałowie, Powszechnej Rzezypospolitej Chrześcijańskiej Inkwizytorzy Generalni walczący przeciw heretyckim nieprawościom, klęcząc, Święte Ewangelie, których się własnymi rękami dotykam przed swymi oczyma mając, przysięgam, że w każdy artykuł, który Święty i Apostolski Kościół Rzymski wyznaje, którego naucza i który głosi, zawsze wierzyłem, wierzę i z Boską pomocą w przyszłości wierzyć będę. Ponieważ atoli ono Święte Officjum nakazało mi w zupełności poniechać fałszywej opinii, że słońce jest świata środkiem i jest nieruchome i zakazało mi rzeczony fałszywej nauki w jakikolwiek sposób wyznawać, bronić lub nauczać i kiedy już dane mi było znać, że rzeczona nauka jest Pismu Świętemu przeciwna, napisałem i drukiem ogłosiłem dzieło, w którym o tejże potępionej nauce traktuję i rację o wielkiej mocy ku tejże poparciu uparcie przywodzę, nie podając atoli słusznych racji ją obalających, a przeto jako ciężko o herezję podejrzany osądzonym bywszy, to znaczy, że utrzymywałem i wierzyłem, iż słońce jest świata środkiem, i jest nieruchome, a że ziemia świata środkiem świata nie jest i że jest ruchoma, gotów jestem oddać z umysłów Waszych Eminencji i każdego chrześcijanina katolika to straszne podejrzenie, słusznie przeciwko mnie powzięte i dlatego szczerym sercem i niekłamana wiarą rzeczonych błędów i herezji i wszelkiego innego błędu a sekty w ogólności, rzeczonemu Świętemu Kościołowi sprzecznych wyrzekam się, przeklinam je i okazuję im wzgardę i przysięgam, że nigdy już na przyszłość nie będę mówił ani dochodzić niczego, słowem czy też pismem, co by mogło sprawić powzięcie co do mnie podobnych podejrzeń; jeśli atoli jaki heretyk lub ktokolwiek podejrzany o herezję będzie mi znany, wydam go tej Świętej Inkwizycji lub też Inkwizytorowi i Ordynariuszowi miejsca, w którym mogę się znaleźć. Przysięgam nadto i obietnicę czynię, że będę dopełniać i przestrzegać wszystkich pokut, które nałożone na mnie przez to Święte Officjum są lub będą. Jeśli zaś zdarzyć by się miało, że którekolwiek z tych mych rzeczonych przyrzeczeń, przysięg, czy oświadczeń (czego nie daj Bóg) pogwałcę, poddaję się wszelkim mękom i karom zarządzanym i promulgowanym przez święte kanony i inne konstytucje i szczególne przeciwko winowajcom tego rodzaju. Przeto, tak mi dopomóż Bóg i Jego Święte Ewangelie, których własnymi się rękami dotykam, ja, wyżej z imienia wymieniony Galileusz Galileo, wyrzekam się, przysięgam, przyrzekam i wiążę się jako wyżej, a na świadectwo temu własną ręką podpisuję akt mego przysiężenia się, które słowo po słowie wyrzekłem.

W Rzymie, w konwencie Minerwy, 22 dnia miesiąca czerwca AD 1633, ja Galileusz Galileo, jako wyżej się wyrzekam“.

Legenda mówi, że po tym upokarzającym zeznaniu klęczący Galileusz nagle wstał, podbiegł do okna i krzyknął: „A jednak się porusza!“ Tak nie było naprawdę. Ale jednak ciekawe jest, że taka właśnie legenda powstała, że przetrwała wieki, że jeszcze dzisiaj z podziwem wspomina się bohaterski okrzyk Galileusza. Oto ludzie prości tworzą legendę o uczonych, bo chcą w uczonych widzieć tych, którzy nie boją się prawdy, którzy zawsze będą mieli odwagę, aby ją światu obwieścić.

IV

Omówiliśmy wpływ prawdy kopernikańskiej w dwóch dziedzinach: kinematycznej i dynamicznej. Przechodzimy teraz do poziomu trzeciego — ostatniego — do opisu związku pomiędzy teorią kopernikańską, a teorią względności.

Zwykle rozróżnia się tzw. teorię względności szczególną i ogólną. Teoria względności ogólna jest znacznie trudniejsza do zrozumienia aniżeli teoria szczególna, ale jeżeli chodzi o problem kopernikański, o teorię grawitacji związaną z teorią kopernikańską, to tutaj interesuje nas przede wszystkim teoria względności ogólna, sformułowana powoli, nie bez błędów początkowych w latach 1911—1916 przez Einsteina. Teoria ta usiłuje po raz pierwszy od czasów newtonowskich zrewidować zagadnienie grawitacji. Źródłem tej teorii, jak każdej zresztą teorii fizycznej, jest chęć lepszego zrozumienia otaczającej nas rzeczywistości; w tym wypadku chęć lepszego zrozumienia zjawiska grawitacji, zjawiska ruchu ciał niebieskich.

Widzieliśmy poprzednio, że teoria newtonowska wprowadza bardzo ważne pojęcie, a mianowicie pojęcie układu inercjalnego. Układ doskonale inercjalny w przyrodzie nie istnieje. Układ kopernikański jest bardziej inercjalny aniżeli układ związany z Ziemią; układ prawdziwie inercjalny nie istnieje i należałoby jego pojęcie wyrugować z nauki. Teoria, która nie używa pojęcia układu inercjalnego, byłaby prostsza aniżeli ta, która opiera się na pojęciu tego układu, któremu nic w rzeczywistości nie odpowiada. Ale aby wyzbyć się tego pojęcia, musimy stworzyć nową teorię. Teoria względności jest taką teorią, która jest wprawdzie logicznie prostsza, ale dla której łańcuch rozumowań wiodący do obserwacji, do opisu naszego świata rzeczywistego jest znacznie dłuższy. Jak zawsze, zakładając mniej musimy więcej dedukować. Tak samo było i dawniej w wieku XVII, gdy z teorii newtonowskiej wywnioskowaliśmy prawa Keplera jako prawa przybliżone.

Ale oczywiście sprawa prostoty założeń nie jest jedyną sprawą decydującą o znaczeniu teorii. Rozwój nauki wykazuje nieustannie, że każda teoria ma tylko ograniczony zakres stosowności. Rzeczywistość ukazuje się oczom badacza coraz trudniejsza do opisu. Postęp nauki odkrywa granice stosowności dawnych teorii. Pozostają one słuszne, ale tylko w ramach zakreślonych przez rozwój fizyki. Szukamy nowych teorii, które ujmowałyby nowe fakty doświadczalne, które lepiej opisywałyby rzeczywistość aniżeli teorie dawne. I znowu stwierdzimy, że nowe teorie również mają granice stosowności i znowu będziemy musieli się wspinać

wzwyż do nowych teorii, do nowego opisu otaczającego nas świata. W ten sposób wiecznie poprzez nowe odkrycia, błędy, rozczarowania i znowu jeszcze nowsze odkrycia szukamy absolutnej prawdy, ostatecznego opisu naszego świata materialnego wiedząc, że jest to miraż osiągalny tylko w określonych granicach, ale w rzeczywistości osiągalny z coraz to lepszym przybliżeniem. W ten sposób przed ludzkością stoi cel: poznanie naszego świata materialnego, poznanie praw nim rządzących. I inny cel równie ważny: wykorzystanie tych praw dla dobra i szczęścia ludzkości. Ale powróćmy do teorii względności; jak każda dobra teoria musi być ona drogowąskazem w tej dziedzinie, w której zawodzi dawna teoria newtonowska. Powiemy później, czy i w jakim stopniu teoria względności zadanie to spełnia.

Zależy nam tutaj nie na tym, aby teorię względności wytłumaczyć, ale aby wyjaśnić jej stosunek do teorii newtonowskiej i kopernikańskiej. Dlatego skoncentrujemy się na fragmentarycznym tylko omówieniu pewnych cech tej teorii.

Musimy teraz na chwilę porzucić zagadnienie teorii względności i wtrącić nawiasowo pewne rozumowanie bardzo ważne dla naszego tematu. Dotyczy ono struktury fizyki matematycznej. Powodem naszych uwag jest fakt, że pewne zagadnienia oczywiście dla fizyka są często trudne do zrozumienia dla filozofa. Współpraca pomiędzy fizyką o filozofią wymaga spokojnego i rzetelnego wyjaśnienia tych zagadnień. To co tutaj powiem — tak mi się wydaje — zaaprobuje prawie każdy fizyk-teoretyk. Zależy mi na tym, aby było usunięte pewne nieporozumienie, które często się przejawia w literaturze. Wydaje mi się, że nie jest zbyt trudne sformułowanie tego zagadnienia tak, aby było ono zgodne z założeniami materializmu dialektycznego.

Musimy odróżnić *strukturę matematyczną* prawa fizycznego od jego *treści fizycznej*. Powodem wielu nieporozumień jest fakt nieodróżniania tych dwóch ważnych, ale różnych pojęć. Wyjaśnijmy to na przykładzie. Mamy jakieś proste równanie matematyczne, które opisuje nam na przykład ruch wahadła o małych wychyleniach. Równanie o takiej samej strukturze matematycznej opisuje nam drgania widełek stroikowych, drgania prądu elektrycznego lub drgania elektronów. Byłoby oczywiście nonsensem powiedzieć, że wahadło to jest to samo, co widełki stroikowe. Struktura matematyczna równania nic nam nie mówi o fragmencie rzeczywistości, który opisuje, dopóki występujących w tym równaniu symboli matematycznych nie zwiążemy z rzeczywistością. Symbole występujące we wzorach matematycznych reprezentują pewne wielkości w naszym świecie rzeczywistym. Dopóki tej reprezentacji nie ustalimy, teoria nasza jest teorią abstrakcyjną, ma określoną strukturę matematyczną, ale nie ma żadnej treści fizycznej. To nie znaczy, że struktura matematyczna nas nie interesuje, przeciwnie — interesuje nas ona bardzo, bo gdy znamy dobrze strukturę matematyczną teorii (np. gdy znamy rozwiązanie jakiegoś równania różniczkowego), gdy wiemy czym jest ten fragment rzeczywistości, to możemy szybko z teorii tej wyciągnąć wnioski już na podstawie dedukcji i znowu przetłumaczyć te związki na język opisujący ów fragment rzeczywistości. Równanie matematyczne plus związanie ich z rzeczywistością dają nam teorię fizyczną.

Teoria taka opisuje rzeczywistość poprawnie, jeżeli wnioski wyciągnięte na płaszczyźnie matematycznej, a potem zinterpretowane fizycznie, okazują się zgodne z doświadczeniem. Wtedy teoria jest dobrym opisem fragmentu naszej rzeczywistości, dopóki dalsze badania nie wskażą, że teoria ta prowadzi do sprzeczności z doświadczeniem i że trzeba ją zmienić. Tak więc każda teoria fizyczna musi być scharakteryzowana nie tylko przez strukturę matematyczną, ale poprzez łączność tej struktury matematycznej z fragmentem świata materialnego, do którego się ona odnosi. Aby dać konkretny przykład: zasady mechaniki newtonowskiej można sformułować w formie równań odnoszących się do pewnego układu. Ale te związki matematyczne stają się teorią fizyczną, gdy wiemy, że m oznacza masę, a przyspieszenie, f siłę. Owe równania newtonowskie odnoszą się do pewnego układu. W strukturze matematycznej układ to trzy osie prostopadłe do siebie. Co odpowiada w naszym świecie fizycznym tym trzem osiom prostopadłym do siebie? Odpowiedź: układ inercjalny, tzn. układ materialny, związany z jakimś ciałem materialnym. Ale gdzie jest to ciało materialne, gdzie jest ten układ inercjalny, reprezentowany w naszej strukturze matematycznej przez układ osi? Znowu wracamy do dawnej odpowiedzi: jeżeli chodzi o zagadnienie ruchu planet, to takim układem jest układ kopernikański. Ale jeżeli chodzi o zagadnienie ruchu całego układu planetarnego, to musimy szukać układu inercjalnego poza słońcem. Widzimy więc, że ustalenie związku pomiędzy abstrakcyjnym pojęciem układu matematycznego a pojęciem fizycznym układu inercjalnego jest możliwe tylko w przybliżeniu.

Czy ta sama trudność występuje w teorii względności, która opisuje problem grawitacji? Nie, ponieważ w strukturze matematycznej teorii względności nie ma pojęcia układu matematycznego. Równaniom matematycznym teorii względności (zwracam uwagę na słowo „matematycznym”) jest obojętne pojęcie układu matematycznego. Tej różnicy pomiędzy układem ptolomeuszowskim a układem kopernikańskim, tej olbrzymiej różnicy pomiędzy tymi dwoma układami, której zrozumienie zawdzięczamy K o p e r n i k o w i i której zrozumienie jest początkiem naszej nauki o świecie, absolutnie nic nie odpowiada w strukturze matematycznej teorii względności. To jest jedna z różnic pomiędzy teorią newtonowską a teorią E i n s t e i n a; w teorii newtonowskiej mieliśmy pojęcie układu odpowiadające co prawda układowi inercjalnemu nie istniejącemu w przyrodzie, tutaj — w teorii względności — a raczej w jej strukturze matematycznej — pojęcie układu nie występuje. Ale, jak powiedzieliśmy poprzednio, na teorię składa się nie tylko struktura matematyczna, ale i jej powiązanie z rzeczywistością. Krytyka, że struktura matematyczna teorii nie ma w sobie nic co odpowiada różnicy pomiędzy układem ptolomeuszowskim a kopernikańskim, nie wydaje mi się słuszną, bo teorię fizyczną należy sądzić tylko wtedy, kiedy struktura matematyczna tej teorii jest powiązana z rzeczywistością, bo tylko wówczas jest ona teorią fizyczną. Otóż twierdząc: aby powiązać tę strukturę matematyczną teorii względności z rzeczywistością, muszę przede wszystkim obrać w świecie fizycznym pewien układ. Dla opisu ruchu planet układ ten musi być kopernikański, a nie ptolomeuszowski. Układ kopernikański odgrywa w teorii względności jeszcze ważniejszą rolę aniżeli w teorii newtonowskiej i wszelkie zarzuty w tym

kierunku polegają na nieodróżnianiu struktury matematycznej od treści fizycznej teorii.

Aby to zrozumieć, zastanówmy się nieco nad tym, jakie to pytanie zadajemy teorii względności. Dam jeden przykład może najważniejszy. Według teorii *Newtona* planeta Merkury porusza się po elipsie dookoła Słońca, a Słońce znajduje się w ognisku tej elipsy. Czy z teorii względności wynika ten sam wniosek, czy nieco inny. Rozumiemy przede wszystkim, że wszelkie odstępstwa wynikające z teorii względności, odstępstwa od teorii *Newtona* muszą być niezmiernie małe, bo inaczej dawno już teoria *Newtona* zostałaby zarzucona. Jeżeli takie odstępstwa istnieją, to będą one szczególnie wyraźne dla planety Merkury, ponieważ jest ona najbliższa Słońcu. Ale zwróćmy uwagę na nasze pytanie. Szukamy różnicy pomiędzy przepowiednią mechaniki newtonowskiej a teorii względności. Ale tę różnicę możemy ocenić tylko wtedy, jeżeli ruch opisujemy w *tym samym układzie*. Musimy ten sam ruch rzeczywisty opisać w tym samym układzie raz zgodnie z teorią newtonowską, drugi raz z teorią względności, zobaczyć czy istnieje różnica i stwierdzić, czy obserwacja potwierdza lub zaprzecza temu wnioskowi, wypływającemu z ogólnej teorii względności. Otóż teoria względności przewiduje ruch newtonowski, tzn. ruch planety Merkury po elipsie, ale równocześnie przewiduje, że cała ta elipsa obraca się bardzo powoli. To jest tzw. ruch perihelionowy, gdzie przez perihelion rozumiemy ten punkt na elipsie, w którym planeta jest najbliższa Słońcu. Ponieważ cała elipsa się obraca, więc ten punkt perihelionowy obraca się bardzo powoli po kole. W ciągu stu lat linia łącząca punkt perihelionowy ze Słońcem obróci się o 42 sekundy! Ten wniosek znakomicie został potwierdzony przez obserwację. Ruch perihelionowy odbywa się w tym samym kierunku, co ruch newtonowski po elipsie. Zgodność pomiędzy przewidywaniami teorii względności a obserwacją jest bardzo dobra. Ale — jak już powiedziałem poprzednio — aby móc porównać tę przepowiednię z obserwacją, musimy odnieść ruch do układu kopernikańskiego.

Nieprawdą jest więc, że teoria względności może równie dobrze posługiwać się układem ptolemeuszowskim; np. w wypadku ruchu Merkurego dookoła Słońca po elipsie zagadnienie Ziemi w ogóle nie występuje. Cały rachunek, dosyć zresztą skomplikowany, odnosi się do następującego problemu: jak porusza się bardzo małe ciało (Merkury) w polu wielkiego, ciężkiego i spoczywającego ciała (Słońce)? To jest tzw. problem ruchu *jednego* ciała w polu ciała ciężkiego; jest to typowy problem kopernikański, gdzie nawet nie mówi się o ruchu środka masy, ponieważ zakłada się, że Słońce jest nieskończenie cięższe od planety. Opis jest zupełnie obiektywny, bo fakt, że obserwator jest na Ziemi, nie znajduje nigdy swego wyrazu ani we wzorach, ani w rachunkach. Problem jednego ciała jest w teorii względności stosunkowo prosty, ale i on nastrocza trudności w porównaniu z rachunkiem newtonowskim.

W teorii newtonowskiej problem dwóch ciał, np. gwiazd podwójnych, problem opisu ruchu takich dwóch ciał, nie jest trudniejszy aniżeli problem jednego ciała o małej masie, poruszającego się w polu ciała o dużej masie (Słońce, planeta). To jest praktycznie ten sam rachunek, tylko że ruch należy odnieść do układu związanego ze środkiem masy tych dwóch ciał.

A jak przedstawia się sprawa teorii względności ogólnej? W przypadku jednego ciała lekkiego w polu ciała ciężkiego wyjaśniliśmy to poprzednio

na przykładzie Merkurego i Słońca. Ale w przypadku dwóch ciał, których masy są porównywalne, rachunek jest bez porównania trudniejszy. Istotnie problem ten sam ma swoją długą historię i po raz pierwszy jego rozwiązanie ukazało się w roku 1938. Problem ten jeszcze teraz jest źródłem szeregu prac. I znowu zadajemy sobie tutaj następujące pytanie: czym różni się ruch dwóch ciał przewidziany przez teorię względności od ruchu, który przewiduje teoria newtonowska? I znowu konkretnie: gdy zagadnienie to rozwiązujemy według teorii względności, to przyjmujemy układ związany ze środkiem mas tych dwóch ciał, a więc ten sam układ, który przyjmowaliśmy w teorii kopernikańskiej. I znowu układ ptolemeuszowski nie ma z tym zagadnieniem nic wspólnego. Tutaj znowu znajdujemy odstępstwo od ruchu newtonowskiego, a mianowicie bardzo powolny ruch perihelionowy.

Wreszcie wspomnijmy o jeszcze innym przykładzie, mianowicie o słynnym odchyleniu promieni słonecznych. Promień słoneczny biegnący od jakiejś gwiazdy zakrzywia się w polu grawitacyjnym Słońca. I znowu zakrzywienie to odnosimy do Słońca, a nie do układu ptolemeuszowskiego. W analizie tych faktów doświadczalnych na drodze teoretycznej układ ptolemeuszowski nie odgrywa żadnej roli i opis tych faktów jest najzupełniej obiektywny, niezależny od obserwatora. Ale oczywiście fakty te muszą być stwierdzone przez człowieka na Ziemi; człowiek musi mieć pewne przyrządy: lunety, teodolity, itd. Musi on znać szereg dodatkowych praw, ażeby zjawisko obiektywnie osądzić. Musi on znać prawa rządzące jego przyrządami i prawo rządzące właściwościami jego wzroku. Weźmy przykład konkretny, aby wytłumaczyć co mam na myśli. Przypuśćmy, że światło z gwiazdy przechodzi blisko Słońca. Według teorii względności promień świetlny zostaje odchylony i założmy, że wpada do naszego oka. Musimy znać prawo fizjologiczne, że oko nasze widzi gwiazdę na stycznym przedłużeniu promienia gwiazdy dochodzącym do naszego oka. To samo czyni aparat fotograficzny. Tzn. grupa gwiazd sfotografowana podczas zaćmienia Słońca i blisko Słońca da nam nieco odmienną fotografię aniżeli ta sama grupa gwiazd sfotografowana podczas pogodnej nocy. Dlatego, ponieważ w pierwszym wypadku promienie gwiazd zostały zakrzywione przez słońce, a w drugim wypadku nie. To jest, jak wiadomo, owo słynne potwierdzenie teorii względności, które uczyniło ją sławną na cały świat.

Z opisanego pomiaru wywnioskowaliśmy obiektywny fakt, ale teoria pomiaru jest niezbędnym dodatkiem do teorii względności, dodatkiem, który pozwala nam stwierdzić, czy jej opis rzeczywistości jest słuszny, czy nie. Otóż ta teoria pomiaru opiera się we wszystkich wypadkach na następującym założeniu: obserwacje dokonane są daleko od Słońca; możemy założyć, że tam, gdzie dokonywano obserwacji, pole grawitacyjne jest słabe i geometria jest już euklidesowa, to znaczy, że obowiązują już prawa nie ogólnej, ale szczególnej teorii względności. To założenie jest wyraźne w innym zjawisku, które też można stwierdzić doświadczalnie: widmo atomu wysłane ze Słońca jest nieco przesunięte ku czerwieni w porównaniu z tym samym widmem takiego samego atomu na Ziemi. Dlatego, ponieważ atom na Słońcu jest w bardzo silnym polu grawitacyjnym, a atom na Ziemi w tak słabym polu grawitacyjnym, że jego wpływ na widmo można nie brać pod uwagę. Ziemia tutaj jest tylko punktem (jakimkolwiek) dalekim od Słońca.

Pragnę usunąć przynajmniej jedno z bardzo wielu nieporozumień, które istnieją w dziedzinie interpretacji teorii względności. Słyszysz się czasami, że teoria względności twierdzi, że nie ma różnicy pomiędzy teorią Kopernika a teorią Ptolemeusza, że niby z punktu widzenia teorii to jest wszystko jedno. Tego rodzaju uwagi polegają albo na nieporozumieniu, albo na niezrozumieniu. Winę ponoszą czasami popularyzatorzy, którzy się nie dość ściśle wyrażają, ale w żadnym wypadku ktoś, kto studiował teorię względności, nie może i nie powinien tego wniosku wyciągać. Jeżeli mowa o strukturze matematycznej teorii względności, to tam istotnie niezmiennosc wyraża, że pojęcie układu jest niepotrzebne i że nie ma różnicy (powtarzam z punktu widzenia matematycznego teorii) pomiędzy układem Ptolemeusza a Kopernika. Ale sprawa przedstawia się zupełnie inaczej, jeżeli chodzi o treść fizyczną.

Opis matematyczny konkretnego fragmentu rzeczywistości jak ruch planety, ruch dwóch ciał, zakrzywienie promieni świetlnych, jest najzupełniej obiektywny i odnosi się albo do układu związanego ze Słońcem, albo do układu związanego ze środkiem mas, czyli do układów kopernikańskich. Teoria względności, jako narzędzie poznania przyrody, posługuje się układem kopernikańskim dokładnie w tym samym stopniu, jak teoria newtonowska. Ma ona tę wyższość nad teorią newtonowską, że niepotrzebne jest pojęcie układu inercjalnego. Ma ona tę wyższość nad mechaniką newtonowską, że jej wnioski są bardziej zgodne z obserwacją aniżeli wnioski z teorii newtonowskiej. W teorii pomiaru, który musimy dodać do każdej teorii, zakładamy, że pomiary wykonane są przez obserwatora daleko od Słońca i że dla niego pole grawitacyjne jest bardzo słabe. Ziemia i obserwator interweniuje tylko poprzez teorię pomiarów; tę musimy mieć zawsze, ażeby z wyników pomiaru móc wywnioskować o właściwościach i prawach rządzących światem obiektywnym, istniejącym poza naszą świadomością. Wydaje mi się zupełnie niewątpliwe, że teoria względności jest olbrzymim postępem w dziedzinie naszego poznania, że jej treść fizyczna, zgodna z doświadczeniem, musi być w pełnej zgodzie z zasadami materializmu dialektycznego. Fakt, że niektóre sformułowania tej teorii mają charakter idealistyczny jest spowodowany tym, iż jest to teoria niezmiernie trudna, wymagająca wielu lat myślenia i znajomości środków matematycznych, że sformułowana została na Zachodzie, podatnym do idealistycznych interpretacji. Często filozofowie, przy najlepszych nawet chęciach, nie rozumieją fizycznej treści teorii względności. Często ma się ochotę potępić rzeczy, których się nie rozumie i ataki na teorię względności, jeden z największych wyczynów umysłu ludzkiego, tutaj właśnie mają swe źródło.

W rozprawie tej napisanej z okazji roku kopernikańskiego starałem się ustalić stosunek rozwoju naukowego w zagadnieniach grawitacji do teorii kopernikańskiej. Szczególnie zależało mi na tym, ażeby zgodnie z materializmem dialektycznym usunąć nieporozumienia i sformułować poprawnie sprawę układu kopernikańskiego i jego stosunek do teorii względności.

Lagrange powiedział o Newtonie, że Newton był nie tylko największym, ale i najszcześniejszym spośród uczonych, ponieważ naukę o wszechświecie raz tylko stworzyć można, a stworzył ją Newton. Mnie się wydaje, że to zdanie przestało być słuszne. Dzisiaj wiemy, że zmiany

ewolucyjne i rewolucyjne zachodzą w nauce tak szybko, iż są one równoznaczne z tym, że naukę można zmieniać, przetwarzać i wielokrotnie tworzyć. Od roku 1543, tzn. od początku nauki o wszechświecie, zainicjowanej wielkim dziełem K o p e r n i k a, minęło zaledwie 410 lat. Ludzkość ma bezmiar czasu przed sobą. Ale już w ciągu tych 410 lat nastąpiły ogromne zmiany w naszym światopoglądzie fizycznym. Dla fizyka nowoczesnego wszechświat wygląda zupełnie inaczej, widzi on zupełnie odmienne prawa nim rządzące aniżeli te, które uznawali fizycy za życia N e w t o n a. Jeszcze w XIX wieku mogło się fizykwowi wydawać, że naukę o wszechświecie raz tylko stworzyć można; że mechanistyczny obraz świata jest dany raz na zawsze i że przyszłe pokolenia będą ten obraz uzupełniały szczegółami, ale zasadniczo nie zmieni on swego charakteru. Dzisiaj wiemy, że tak nie jest. I dlatego zdanie Lagrange'a o N e w t o n i e jest słuszne. Ale słuszniej można by powiedzieć, że K o p e r n i k był nie tylko największym, ale i najszcześliwszym spośród astronomów, bo naukę o wszechświecie zapoczątkować można tylko raz. I to szczęście przypadło w udziale K o p e r n i k o w i.

Ewa Kalinowska-Widomska

Z ZAGADNIENIŃ ELEKTRYCZNOŚCI ATMOSFERYCZNEJ

I. POLE ELEKTRYCZNE ZIEMI

Za twórcę nauki o elektryczności atmosferycznej uważa się zwykle *F r a n k l i n a*, którego słynne doświadczenia, dokonane w roku 1750 z latawcami wypuszczonymi w kierunku chmur burzowych, wykazały doświadczalnie jedność zjawisk elektrycznych, obserwowanych w warunkach laboratoryjnych, ze zjawiskami elektrycznymi, zachodzącymi samorzutnie w otaczającej Ziemię atmosferze. Pionierskie prace prowadzone mniej więcej w tym samym czasie przez *Ł o m o n o s o w a* i *R i c h m a n a*, zakończone tragiczną śmiercią tego ostatniego, dostarczyły pierwszych danych o ziemskim polu elektrycznym. Niemniej od tych pierwszych zdobywcy naukowych minęło jeszcze przeszło 100 lat, zanim gromadzony sporadycznie przez poszczególnych uczonych materiał eksperymentalny pozwolił na stworzenie jakiegoś przybliżonego do rzeczywistości wyobrażenia o całości zjawisk elektrycznych zachodzących dokoła kuli ziemskiej.

Postęp techniki doświadczalnej z zakresu elektrostatyki, a zwłaszcza zbudowanie przez *W. T h o m s o n a* elektrometru kwadrantowego oraz zastosowanie do badań potencjału pola elektrycznego sondy kropłowej — pozwoliły na przeprowadzenie bardziej już dokładnych i systematycznych obserwacji potencjału elektrycznego pola ziemskiego w rozmaitych punktach Ziemi, jak też na różnej wysokości ponad jej powierzchnią. Jednocześnie, zapoczątkowane przez *Elstera* i *Geitla* badania nad przewodnictwem atmosfery, doprowadziły w końcu XIX wieku do wniosku, że atmosfera nie tylko w czasie burzy lub przy chmurach o charakterze burzowym, ale również i w piękną, słoneczną pogodę jest siedliskiem pola elektrycznego. Potencjał tego pola wzrasta wraz z wysokością ponad powierzchnię Ziemi, a zatem pole to skierowane jest ku Ziemi. Średnia wartość gradientu potencjału przy powierzchni na całej kuli ziemskiej wynosi około 100 v/m. W miarę jak wznosimy się coraz wyżej, gradient ten szybko maleje, tak że na wysokości 1500 m wynosi zaledwie $\frac{1}{4}$ tego, co obserwujemy w pobliżu powierzchni Ziemi, a na wysokości 4000 m, jak wykazały badania przeprowadzane w balonach, zmniejsza się do $\frac{1}{10}$ tej wartości, wynosząc zaledwie kilka woltów na metr.

Z rozmieszczenia średnich wartości potencjału dokoła Ziemi wnosimy, iż kula ziemska zachowuje się jak gdyby kulisty przewodnik naładowany ujemnie, dokoła którego przebiegają powierzchnie ekwipotencjalne o coraz wyższych wartościach potencjału. Jeżeli oznaczymy przez σ gęstość

ładunku powierzchniowego Ziemi, pole elektryczne przy powierzchni Ziemi wyrazi się wzorem $\frac{dv}{dz} = -4\pi\sigma$, co przy średniej wartości gradientu potencjału 100 v/m da nam dla gęstości tego ładunku wartość $\sigma = 0,00027$ j.el.st./cm².

Zmniejszanie się gradientu potencjału wraz z wysokością świadczy o istnieniu w atmosferze naboju dodatniego, którego wartość obliczona na podstawie zmian gradientu potencjału $\left(\frac{d^2v}{dz^2}\right)$ wypada rzędu dziesiątków j.el.st. Istnienie takiego przestrzennego ładunku dodatniego w atmosferze potwierdziły badania liczby jonów, przeprowadzone na różnych wysokościach troposfery. Według tych danych stosunek $\frac{n_+}{n_-}$ wynosi przeciętnie 1,2, w miarę zaś wznoszenia się do wyższych warstw troposfery dąży do jedności.

Przeciętna wartość przewodnictwa atmosfery przyziemnej wynosi $A = 2 \cdot 10^{-4}$ sek⁻¹, przy czym wykazuje ona naprzód powolny, później coraz szybszy wzrost wraz z wysokością, tak że na wysokości 9 km posiada wartość mniej więcej dziesięciokrotną w stosunku do obserwowanej przy powierzchni Ziemi.

O ile w jonizacji przyziemnej atmosfery decydującą rolę odgrywają zawarte w skorupie ziemskiej i w atmosferze substancje promieniotwórcze, to wyższe warstwy atmosfery zawdzięczają jonizację kilku naraz czynnikom, a mianowicie: promieniowaniu kosmicznemu, korpuskularnemu promieniowaniu Słońca a wreszcie, co przede wszystkim dotyczy jonosfery, słonecznemu promieniowaniu ultrafioletowemu. Odkrycie w r. 1902 istnienia silnie zjonizowanej warstwy atmosfery (warstwy Heavisida) na wysokości 80 km i zastosowanie do badań tych górnych warstw atmosfery metody echa fal elektromagnetycznych dostarczyły nam wielu dokładnych danych co do budowy i stanu jonizacji warstw atmosfery, leżących na wysokościach od 80 do 300 km. Najmniej zbadaną pozostaje warstwa leżąca pomiędzy 40—80 km, czyli górna część stratosfery osiągnąca jedynie sporadycznie przy pomocy pocisków V₂.

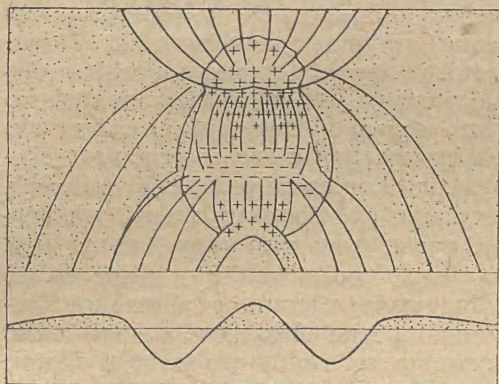
Jony zawarte w atmosferze, podlegając działaniu pola elektrycznego, tworzą prądy pionowe. Natężenie tych prądów, obliczone ze średnich wartości gradientu potencjału i przewodnictwa, wynosi $2,2 \cdot 10^{-6}$ amp/km², co zgadza się dobrze z wartościami otrzymanymi z bezpośrednich pomiarów.

II. ZAKŁÓCENIA ELEKTRYCZNEGO POLA ZIEMI

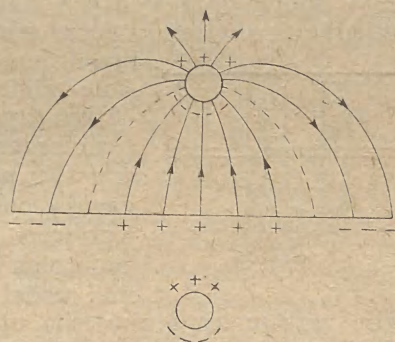
Wyżej podane przeciętne wartości elementów pola elektrycznego Ziemi odnoszą się do tak zwanego pola normalnego, nie zakłóconego ładunkami elektrycznymi, występującymi bądź w chmurach, bądź przy innych sprzyjających temu warunkach meteorologicznych (opady). Już pierwsze obserwacje pola elektrycznego Ziemi wykazały, że pole to nie jest stałe. Zarówno wartość potencjału, jak przewodnictwa powietrza, wykazują ciągle zmiany, uzależnione od wielu naraz czynników. Olbrzymi wpływ mają tu warunki meteorologiczne panujące w danym momencie w badanym punkcie Ziemi. Stopień jonizacji powietrza zależny jest, jak wiemy, od

zawartości w nim zanieczyszczeń i pary wodnej, wiatry wpływają zakłócająco na rozkład ładunków przestrzennych, deszcze i mgły przenoszą ładunki elektryczne, powodując nieraz tak silne zakłócenia w rozkładzie potencjału, że wywołuje to zjawisko odwrócenia się kierunku pola. Najważniejszą jednak rolę odgrywają tu bezsprzecznie naładowane elektrycznie chmury, których przejście nawet w znacznej odległości od miejsca obserwacji wywołuje bardzo silne zakłócenia w normalnym rozkładzie pola, nieraz aż do odwrócenia jego kierunku.

Sprawa zbadania pól elektrycznych powstających w chmurach, aczkolwiek one to właśnie stanowiły obiekt badań pierwszych poszukiwaczy sprzed przeszło 200 laty, przedstawiała i przedstawia do tej pory zagadnienie trudne do rozwiązania zarówno pod względem eksperymentalnym, jak i teoretycznym. Najwięcej danych do tego zagadnienia dostarczyły prace angielskiego badacza Simpsona, które polegały na wyznaczaniu różnicy potencjałów wewnątrz chmury, wzdłuż jej pionowego przekroju. W wyniku tych badań należy przypuszczać, iż wewnątrz chmury występuje pewna jak gdyby polaryzacja naboji. Górna warstwa chmury jest naładowana dodatnio, dolna ujemnie. Naboję zawarte w chmurach indukują silne naboję na powierzchni Ziemi, co prowadzi do osłabienia, a często do odwrócenia pola ponad znajdującą się pod chmurą powierzchnią Ziemi. Wewnątrz chmury kierunek pola jest normalny (skierowany ku dołowi), ponad chmurą z reguły kierunek ten jest odwrotny. Natężenie pola wewnątrz chmury jest wielokrotnie większe niż na powierzchni Ziemi. Rys. 1 przedstawia podawany przez Simpsona schematyczny rozkład naboji wewnątrz chmury, na dole rysunku przedstawiony jest zniekształcony przez chmurę rozkład gradientu potencjału na powierzchni Ziemi.



Rys. 1



Rys. 2

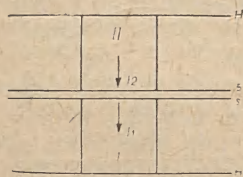
J. Frenkiel w pracy swojej *Teoria zjawisk elektryczności atmosferycznej* podaje schemat cokolwiek odmienny (rys. 2). Wprowadza on tu pojęcie „obrazu” elektrycznego chmury wewnątrz Ziemi, uważa pole elektryczne ponad powierzchnią Ziemi za pewną wypadkową pola samej chmury i pola jej „obrazu”. Pod chmurą pole ma kierunek anomalny, przy czym powierzchnia strefy anomalnej jest większa niż powierzchnia samej chmury. Poza strefą anomalną linie sił pola biegną od górnej części

chmury ku Ziemi. Nie zawsze jednak przejściom chmury towarzyszy odwrócenie pola, wydaje się zatem, że schemat ten nie może stanowić reguły ogólnej.

Jeżeli chodzi o mechanizm tworzenia się ładunków wewnątrz chmury, to — jak dotąd — nie ma jeszcze żadnej ustalonej, ogólnej teorii. Interesujący i prawdopodobny wydaje się pogląd, który przypisuje to zjawisko z jednej strony działaniu segregującemu siły ciężkości, z drugiej — silnym prądom wstępującym, towarzyszącym tworzeniu się samych chmur. Z grubsza wygląda to w ten sposób, iż zakładamy, że tworząc chmurę kropelki wody czy drobinki lodu są tak naelektryzowane, że cząsteczki cięższe posiadają ładunki ujemne, a cząsteczki lżejsze ładunki dodatnie. Spadając pod działaniem siły ciężkości cząsteczki naładowane ujemnie spadają prędzej niż naładowane dodatnio. Powstająca na skutek różnicy prędkości opadania cząsteczek polaryzacja staje się źródłem pola elektrycznego, które ze swej strony zaczyna hamować ruch cząsteczek naładowanych ujemnie, przyspieszać zaś opadanie cząsteczek naładowanych dodatnio. W ten sposób przy pewnej wartości tego dodatkowego pola prędkości obu rodzajów cząsteczek stają się sobie równe i polaryzacja uzyskuje pewien stan równowagi. Stan tej równowagi może zostać osiągnięty tylko w wypadku, jeżeli powietrze, w którym zachodzi opadanie tych cząsteczek, unosi się do góry z prędkością przewyższającą prędkość opadania.

III. MODEL POLA ELEKTRYCZNEGO ZIEMI

Na podstawie podanych w części I materiałów obserwacyjnych powstał pierwszy, bardzo jeszcze uproszczony model budowy pola elektrycznego Ziemi, w którym Ziemia i otaczająca ją atmosfera pomyślane były jako wielki, kulisty kondensator. Wewnętrzną okładkę tego kondensatora stanowi dobrze przewodząca, naładowana ujemnie powierzchnia Ziemi. Okładkę zewnętrzną tworzy silnie zjonizowana, obdarzona ładunkiem do-



Rys. 3

dodatnim, górna warstwa atmosfery, tzw. jonosfera. Rolę dielektryku odgrywa względnie cienka, ok. 80 km wysoka warstwa powietrza o względnie słabym przewodnictwie. Ponieważ jednak przyziemna warstwa powietrza nie jest dielektrykiem i, jak wykazują pomiary, zawarte w niej jony tworzą pod wpływem pola ziemskiego nieustanny prąd naboju dodatnich ku naładowanej ujemnie powierzchni Ziemi, model ten musi posiadać szczególne założenie,

żeby wytłumaczyć zjawisko utrzymywania się ujemnego naboju Ziemi. Musimy mianowicie przyjąć, iż ładunek Ziemi jest nieustannie uzupełniany przez dopływ elektronów.

Nie wchodząc na razie w to, jakie jest źródło tych elektronów, przypuśćmy, zgodnie z rozumowaniem Hessa (H. B e n n d o r f i V. E. H e s s: *Luftelektrizität, Lehrbuch der Physik*), że ten prąd dopełniający dostarczał Ziemi ładunku $-e$. Wartość pola w przestrzeni pomiędzy jonosferą a powierzchnią Ziemi można wyrazić w przybliżeniu wzorem $E = \frac{-e}{r}$, gdzie r jest to promień Ziemi (wysokość punktu h , w którym to pole rozpatrujemy, jest w stosunku do promienia Ziemi tak mała, że możemy ją

pominać). Niech linia H na rys. 3 przedstawia powierzchnię Ziemi, zaś linia H' dolną granicę jonosfery. Wyobraźmy teraz dowolnie cienką warstwę ss , która dzieli przestrzeń HH' na część I i II. Gęstość prądu przewodzenia w przestrzeni I wyrazi się przez wzór $j_1 = \lambda_1 E$, zaś w warstwie II przez $j_2 = \lambda_2 E$. Ponieważ $\lambda_2 > \lambda_1$ do warstwy ss dopływa więcej ładunków dodatnich niż odpływa, powstaje w ten sposób pewien ładunek przestrzenny, który osłabia pole w obszarze II. Proces narastania ładunku trwa dopóty, dopóki j_2 nie stanie się równe j_1 . Wówczas osiągnięta zostanie równowaga, w której iloczyn $\lambda_2 E_2 = \lambda_1 E_1$ jest wielkością stałą dla wszystkich warstw. Ostateczny stan równowagi osiąga się wtedy, gdy pionowy prąd przewodzący równa się prądowi dopełniającemu, czyli gdy

$$J = 4\pi r^2 j = 4\pi r^2 \lambda E.$$

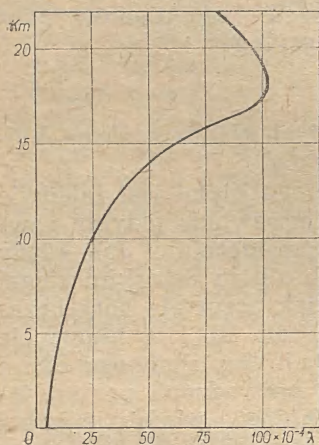
Pole elektryczne Ziemi zależy więc od zmian tych obu czynników, które są bezpośrednimi przyczynami istnienia tego pola.

Wyżej opisany model budowy pola elektrycznego Ziemi jest zaledwie przybliżonym do rzeczywistości wyobrażeniem i odpowiada jedynie pewnym przeciętnym warunkom obserwowanym doświadczalnie. Jak każdy model, w miarę zdobywania coraz nowych danych o polu ziemskim ulegał i ulega nadal pewnym zmianom, w zasadzie jednak pozostaje dotychczas w pewnym stopniu aktualny, aczkolwiek nadal, tak jak i w momencie jego powstania, sprawa utrzymywania się stale ładunku ujemnego Ziemi pozostaje ciągle otwarta. Wielokrotnie dyskusje, prowadzone na ten temat, doprowadziły w rezultacie do dwu teorii, z których właściwie żadna sprawy nie rozwiązuje. Pierwszą z nich zawdzięczamy C. T. R. W i l s o n o w i, który za źródło dopełniających naboii uważa wyładowania burzowe. Aby odprowadzić ładunek dodatni, który dopływa z atmosfery do powierzchni Ziemi, W i l s o n zakłada istnienie prądu skierowanego przeciwnie — od Ziemi do jonosfery. Istnienie takiego prądu uwarunkowane jest polaryzacją chmur burzowych. Aby taki prąd powstał, należy przypuścić, co jest zresztą zgodne z obserwacjami, że biegunowość chmury powoduje odwrócenie się pola w obszarze między Ziemią a chmurą, jak też między chmurą a jonosferą. Wewnątrz chmury W i l s o n zakłada istnienie specyficznej siły elektromotorycznej, która przesuwa dodatnie ładunki, zawarte w chmurze, do dolnej granicy obszaru przewodzącego. Energii potrzebnej do takiego przesunięcia dostarczają wstępujące prądy powietrza. Jeżeli obszar zakłócony przez chmury burzowe wynosi w stosunku do całej powierzchni Ziemi $1/n$, to prąd dodatkowy według teorii Wilsona musiałby wynosić n -krotną wartość obserwowanego prądu pionowego. Teoria W i l s o n a, dyskutowana przez kilka lat i przez wielu teoretyków, nie znalazła do dziś ani potwierdzenia, ani nie została całkowicie obalona.

Odminną teorię wysunęli E. S c h w e i n d l e r i W. F. G. S w a n n. Według nich prąd dodatkowy, który kompensuje ładunek dodatni, dostarczany Ziemi przez atmosferę, stanowi wtórne promieniowanie elektronowe, wywoływane w naszej atmosferze przez promieniowanie kosmiczne. Dla wytłumaczenia utrzymywania się ładunku dodatniego warstwy przewodzącej autorzy zakładają, że warstwa ta jest zasilana bądź przez promieniownie korpuskularne wysyłane przez Słońce, bądź wypromieniowuje ona na zewnątrz elektrony. Teoria ta jednak nie znalazła dotychczas po-

twierdzenia ani w badaniach promieniowania wtórnego promieniowania kosmicznego, ani w teoretycznych obliczeniach.

Oprócz wyżej podanego modelu „kondensatora” spotyka się w literaturze dawniejszej model odmienny, który dzięki ostatnim postępom naszej znajomości stanu jonizacji atmosfery nabrał obecnie pewnej aktualności. Model ten upodabnia pole elektryczne Ziemi do maszyny elektrostatycznej, przy czym układ Ziemia—troposfera traktowany jest jako elektrycznie odizolowany i zamknięty. Bezpośrednią przyczyną podjęcia na nowo rozważań nad tym modelem stały się prawdopodobnie wyniki obserwacji



Rys. 4

jonizacji powietrza, przeprowadzone w czasie słynnego wlotu balonu stratosferycznego Eksplorator II w roku 1935. Rys. 4 przedstawia zaobserwowaną zmianę przewodnictwa atmosfery wraz z wysokością. Jak widać, przewodnictwo atmosfery przyziemnej wzrasta z wysokością najpierw bardzo powoli, potem coraz szybciej, osiągając bardzo szybki wzrost powyżej 10 km i maksimum na wysokości około 18 km. Powyżej tej wysokości obserwuje się dosyć gwałtowny spadek przewodnictwa. Taki przebieg krzywej przewodnictwa świadczy o istnieniu na wysokości 18 km warstwy silnie zjonizowanej na podobieństwo warstw jonosferycznych. Występowanie na tej wysokości warstwy zjonizowanej tłumaczyć można zarówno zmniejszaniem się wraz z wysokością ilości jonów ciężkich (co prawda według dotychczasowych danych zanikają one już na wysokości 8 km), jak też zwiększającą się

ruchliwością jonów wraz z malejącym ciśnieniem. Zmniejszające się z kolei ciśnienie może być również przyczyną zmniejszania się przewodnictwa powyżej pewnej wysokości. W cytowanej wyżej pracy J. Frenkiel na temat tego wykresu pisze: „obserwowany tu przebieg jonizacji jest analogiczny do tego, jaki dzięki promieniowaniu ultrafioletowemu Słońca obserwujemy na wysokości jonosfery (warstwa E i F) z tą tylko różnicą, że odpowiedzialny za tę jonizację jest tu nie ultrafiolet, ale promieniowanie kosmiczne i dlatego charakteryzuje tę warstwę stała wielkość jonizacji, niezależna od okresu dobowego. Ponieważ to maksimum jonizacji leży o wiele niżej od wysokości jonosfery i ponieważ chmury również przeważnie znajdują się na wysokości nie przekraczającej 10—15 km, to między elektrycznymi zjawiskami zachodzącymi w jonosferze i elektrycznymi zjawiskami w pobliżu powierzchni Ziemi nie powinno być nic wspólnego”.

Model „maszyny elektrostatycznej” tym zasadniczo różni się od modelu „kondensatora”, że ładunek Ziemi nie jest w nim traktowany jako pierwotna przyczyna pola ziemskiego, ale jako zjawisko wtórne, spowodowane stacjonarną cyrkulacją prądów elektrycznych w polu, które wywołują naboje zawarte w niższej tylko warstwie atmosfery. Siłę elektromotoryczną takiego układu prądów stanowi siła ciężkości, rozdzielająca naboje różnych znaków i działająca w obecności prądów wstępujących. Chmury spolaryzowane spełniają tu, jak powiada Frenkiel, rolę elektrograwitacyjnych generatorów.

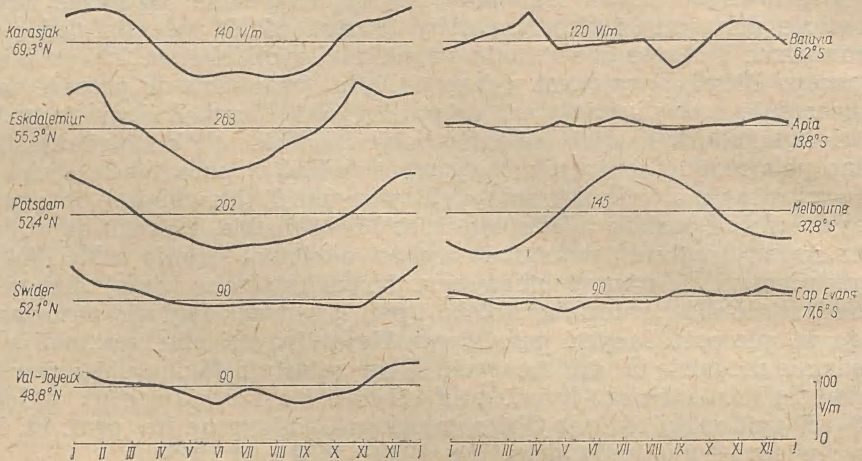
IV. OKRESOWE ZMIANY ELEMENTÓW POLA ELEKTRYCZNEGO

Aczkolwiek ciągła zmienność warunków meteorologicznych i ich wielotorowy związek ze zjawiskami elektryczności atmosferycznej utrudniają badanie zmian elektrycznego pola Ziemi, to jednak na podstawie dużej ilości obserwacji nasunęło się przypuszczenie, że oprócz mniej lub więcej gwałtownych zmian tego pola istnieją tu pewne regularne zmiany o okresie dobowym i rocznym. Aby to stwierdzić, należało podjąć systematyczne i ciągłe obserwacje najważniejszych elementów pola elektrycznego Ziemi, przy czym wskazane było obserwacje te przeprowadzić jednocześnie w wielu miejscach na powierzchni Ziemi. Zadanie to podjęły przede wszystkim obserwatoria magnetyczne, które obok stałej rejestracji zmian pola magnetycznego zaczęły wprowadzać w początkach wieku XX stałą rejestrację elementów pola elektrycznego. Najdawniejsze obserwacje z tej dziedziny posiada Obserwatorium Poczdamskie, którego dane dotyczące zmian gradientu potencjału i przewodnictwa sięgają roku 1900. Za przykładem Poczdamu w pierwszym trzydziestoleciu naszej ery poszło wiele innych obserwatoriów; Polska i pod tym względem nie pozostawała długo w tyle poza innymi państwami. Najdłuższymi obserwacjami w tej dziedzinie mogą się u nas poszczycić Obserwatorium Meteorologiczne Uniwersytetu Poznańskiego (prace prof. S m o s a r s k i e g o w latach 1926—39 i po wojnie), oraz Obserwatorium Geofizyczne Im. prof. St. Kalinowskiego w Świdrze (lata 1929—1939 i od 1948).

Praca obserwatoriów geofizycznych w zakresie elektryczności atmosferycznej polega przede wszystkim na prowadzeniu stałej rejestracji przy pomocy samopisów zmian gradientu potencjału oraz przewodnictwa. Do tego dołącza się oczywiście szereg innych obserwacji, jak systematyczne badanie ilości jonów, ich ruchliwości i wielkości, rejestracja elektryczności opadów, rejestracja lub obserwacje dorywcze prądów w atmosferze i w skorupie ziemskiej. Specjalne zagadnienie stanowią, jak była już o tym mowa, wyładowania elektryczne w czasie burzy, a również zagadnienie tworzenia się ładunków przestrzennych zarówno w atmosferze bezchmurnej, jak też w obecności chmur i w ich wnętrzu. Narzucający się sam przez się związek między zmiennością pola a warunkami meteorologicznymi powoduje konieczność prowadzenia równoległe z obserwacjami elektryczności obserwacji meteorologicznych. Ostatnio coraz więcej obserwatoriów dołącza do badań elektryczności atmosferycznej w warstwach przyziemnych badania jonosferyczne jak też obserwacje aktywności słonecznej.

Materiał statystyczny, zbierany od wielu lat przez obserwatoria całego świata, doprowadził do ustalenia faktu, iż natężenie pola elektrycznego Ziemi istotnie wykazuje zmiany periodyczne o okresie dobowym i rocznym. Wykazał on również, że przebieg tych zmian nie jest dla całej kuli ziemskiej jednakowy, że mianowicie dla stacji lądowych zaznaczają się dwa obszary o odmiennym charakterze: obszar na północ od szerokości 30°N i na południe od szerokości 40°S oraz pas dokołarównikowy, zawarty między tymi szerokościami. W pierwszym obszarze przebieg zmian rocznych natężenia pola charakteryzuje występowanie ostrego maksimum w zimie i płaskiego minimum w pobliżu letniego stanowiska Słońca. W pasie natomiast kołorównikowym przebieg jest odwrotny, maksimum wypo-

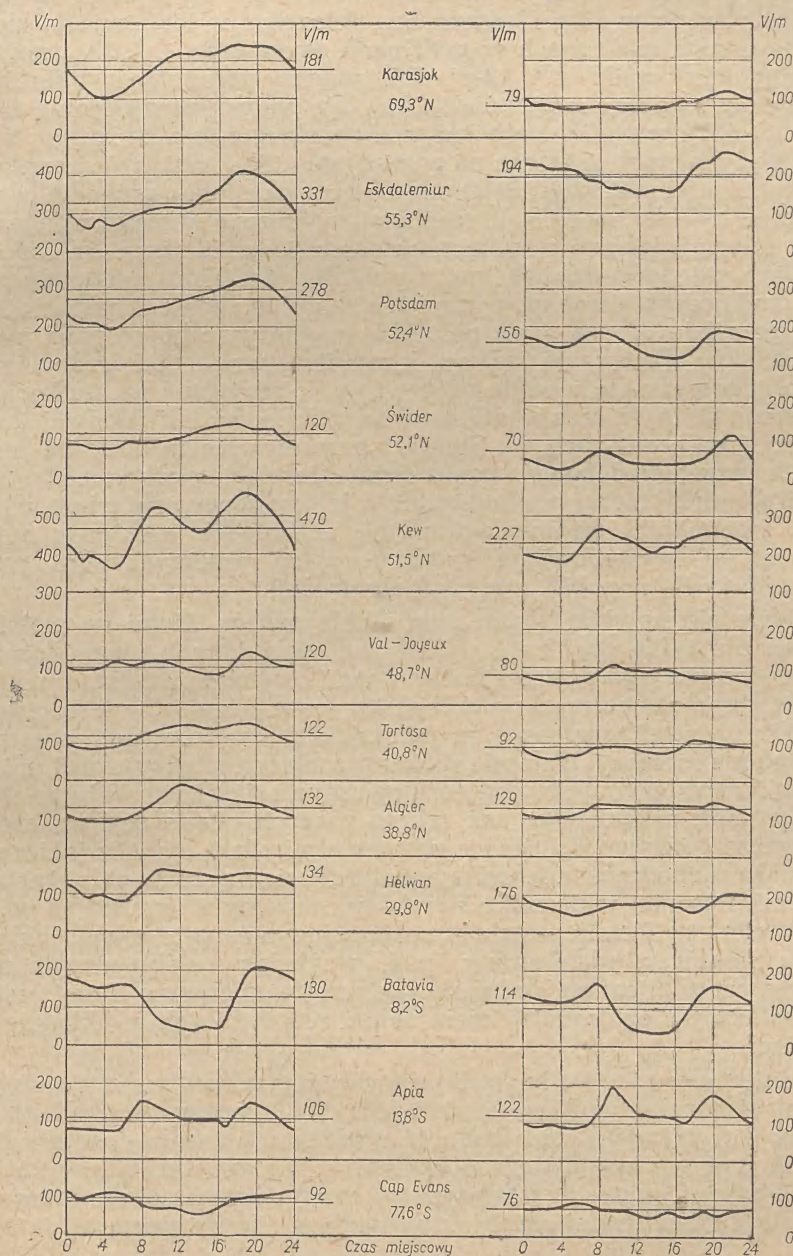
da w lipcu lub w sierpniu, przy czym stacje leżące w bliskości równika nie wykazują w ogóle żadnego wyraźnego przebiegu, gdyż wartości miesięczne wahają się jedynie dokoła pewnej wartości średniej. Są też jednak stacje, które wykazują przebieg roczny z dwoma maksimumami, jak np. obserwatorium francuskie Ksaara na Libanie (rys. 5).



Rys. 5

Sprawa metody opracowywania materiałów, pochodzących z rejestracji elementów pola elektrycznego, celem otrzymania najbardziej typowych przebiegów zmian okresowych, stanowiła swego czasu kwestię sporną, rozważaną na kongresie Unii Geofizycznej w Pradze w roku 1927. Chodziło mianowicie o to, czy należy brać pod uwagę cały materiał statystyczny, czy też ograniczyć się do dni wybranych, w których nie występują zakłócenia natury lokalnej. Nawiązując do tej dyskusji M a u r a i n w specjalnie poświęconej temu zagadnieniu pracy, (*Annales de l'Institut de Physique du Globe* 1929), opierając się na materiale 3-letnich obserwacji w obserwatorium w Val-Joyeux, dochodzi do następujących wniosków: 1. Wartości ujemne pola pojawiają się nieregularnie i przedstawiają anomalie, mające charakter czysto lokalny, więc dla charakterystyki jak najbardziej ogólnej powinny być wyeliminowane. 2. Dni piękne pod względem meteorologicznym są bardzo rzadkie, poza tym towarzyszą im często nienormalnie wielkie potencjały; a więc znowu nie dają typowego przebiegu. 3. Najkorzystniejsze są dni elektrycznie spokojne, dają one najbardziej typowy przebieg, ponieważ jednak liczba takich dni w roku jest również bardzo niewielka, dla wyciągnięcia odpowiednich wniosków trzeba rozporządzać materiałem z wielu lat. M a u r a i n w swym artykule zwraca uwagę na to, że wartości liczbowe, otrzymane na średnie gradienty dobowe, miesięczne czy roczne, zależą w wysokim stopniu od sposobu wyboru materiału. Jest zrozumiałe, że branie pod uwagę wszystkich dni przy częstym występowaniu potencjałów ujemnych, wpływa wybitnie obniża-

jąco na ostateczne wartości średnie. Rozważając rozkład wartości gradientu potencjału na powierzchni Ziemi trzeba posługiwać się materiałem możliwie jednoznacznym. To samo dotyczy porównywania wszelkich zmian okresowych, gdzie chodzi nam przede wszystkim o wyeliminowanie wpływów lokalnych dla znalezienia możliwie ogólnych prawideł tych zmian.



Rys. 6

Załączone wykresy (rys. 6) pokazują średni przebieg dobowy zmian gradientu potencjału, otrzymany w różnych obserwatoriach, przy czym oddzielnie podane są przebiegi dla okresu letniego i zimowego. Jak widać, przebieg ten nie jest jednakowy dla różnych stacji, a dla danej stacji jest różny w zależności od pory roku. Dla większości obserwatoriów półkuli północnej przebieg dobowy w zimie charakteryzuje się wyraźnym maksimum między godziną 18 a 20 czasu Gr., natomiast w lecie występuje fala podwójna o dwu maksimach w godzinach około godz. 8 i 20, oraz dwoma minimami w godz. 4 i 12-ej. Dla półkuli południowej (dla której zresztą mamy o wiele mniej materiałów) fala podwójna występuje zarówno w lecie, jak i w zimie. Jednakże taki przebieg z falą podwójną zdarza się w zimie i dla stacji leżących na półkuli północnej, np. w obserwatorium Kew. Obserwacje przebiegu dziennego zmian gradientu potencjału, przeprowadzone nad morzem i nad oceanami, wykazują w ciągu całego roku przebieg fali pojedynczej z maksimum około godz. 19 czasu Gr. Fakt stałości czasu występowania maksimum wartości gradientu potencjału w pomiarach nad oceanami nasuwał przypuszczenie, że związane jest ono z momentem przejścia Słońca przez południk magnetycznego bieguna północnego. Jednakże obserwacje lądowe, które ilościowo i pod względem dokładności przewyższają o wiele obserwacje dokonywane na statkach, dają wskazania na to, że czas występowania maksimum fali dobowej jest zależny raczej od czasu zachodu Słońca i przesuwą się zależnie od sezonu, dla jakiego przebieg dobowy rozpatrujemy. Jeżeli natomiast chodzi o falę półdobową, należy raczej przypuszczać, iż jej występowanie wiąże się z lokalnymi warunkami meteorologicznymi, aczkolwiek niektórzy autorzy przypisują jej występowanie rytmowi życia przemysłowego osiedli, które znajdują się w pobliżu miejsca obserwacji.

Ustalenie okresowości zmian pola elektrycznego Ziemi na podstawie rejestracji nie tylko gradientu potencjału, ale i innych elementów tego pola, i powiązanie jego z okresem dobowym i rocznym świadczą o wpływie promieniowania słonecznego na pole elektryczne Ziemi. Czy jest to wpływ bezpośredni, czy też występuje on jako zjawisko wtórne, dziś jeszcze odpowiedzieć nie możemy. Na razie szukamy związku między zmianami tego pola a zmianami czynników meteorologicznych, jak temperatura, ciśnienie, wilgotność; rozszerzając zaś zakres naszych obserwacji na badania jonosferyczne i aktywności Słońca chcemy stwierdzić, czy i w jakim stopniu zjawiska zachodzące w jonosferze odbijają się na stanie pola elektrycznego Ziemi. Pytanie, jakie sobie stawiamy, możemy sformułować inaczej, a mianowicie: czy Ziemia wraz z atmosferą przyziemną stanowi, jak przypuszczają niektórzy, odizolowany pod względem elektrycznym układ zamknięty, czy też jest on, podobnie jak pole magnetyczne Ziemi, w jakiś sposób związany z ogólnym rytmem zmian zachodzących w układzie Ziemia-Słońce.

Zagadnienie to nie jest łatwe do rozwiązania ze względu na podawane już wyżej wielorakie wpływy na stan pola elektrycznego najrozmaitszych czynników i wynikającą stąd trudność wydzielenia z tej wypadkowej oddziaływań wpływu pojedynczego czynnika. Dlatego też tak ważny dla całości badań jest materiał statystyczny, zbierany przez obserwatoria całego świata, i udział w tej akcji jak największej liczby stacji.

Walery Goetel

DROGI ROZWOJOWE GEOLOGII POLSKIEJ

Słuszność prawa, że na rozwój każdej nauki decydujący wpływ ma rozwój stosunków politycznych, społecznych, gospodarczych i kulturalnych, można dobitnie sprawdzić na historii geologii.

W dziejach nauk przyrodniczych istniały okresy, w których usiłowano zaprzeczyć temu prawu i oddalić te nauki od życia. Stwarzano idealistyczną fikcję „nauki dla nauki” lub „nauki czystej”. W okresach dominowania takich kierunków osiągnął jeden niezawodny skutek: słabnięcie rozwoju, a nawet wprost upadek nauk przyrodniczych. Oderwanie od materialnej podstawy, na której jedynie mogą się one rozwijać, okazywało się zgubne.

Nauki geologiczne, związane bezpośrednio z Ziemią, a na niej z zagadnieniami surowców mineralnych, wykazują w swym rozwoju szczególnie silnie prawdziwość powyższych stwierdzeń.

Nie mogę w tym szkicu wdawać się w szczegółowe rozwijanie całości tego problemu. Wystarczy jednak wskazać na kilka zasadniczych wydarzeń z przeszłości polskiej geologii, aby sprawę wystarczająco wyjaśnić.

Po tonącym w mroku obskurantyzmu średniowieczu, po pierwszych jeszcze prymitywnych pracach o charakterze geologicznym z XVIII-go wieku ks. R z a c z y ń s k i e g o i ks. K l u k a, wystąpił na widownię geologii polskiej Stanisław S t a s z i c. Dzięki jego monumentalnemu dziełu *Ziemiorództwo Karpatów* geologia polska za jednym zamachem zrównała się z ówczesnym stanem nauk geologicznych na świecie. Złożyło się na to niezmiernie bogactwo spostrzeżeń, zebranych przez Staszica w jego podróżach po Europie, a przede wszystkim niestrudzonych wędrówkach po Polsce i krajach ościennych, bystrość i krytycyzm w analizie zjawisk przyrodniczych oraz umiejętność budowania koncepcji naukowych.

Jeżeli zważymy, że *Ziemiorództwo* ukazało się w roku 1815, a więc w czasie kiedy geologia, młoda nauka przyrodnicza, zaczęła się dopiero rozwijać, możemy ocenić ogromną wartość Staszicowskiego dzieła dla rozwoju naszej nauki.

Co jednak dorobek naukowy S t a s z i c a czyni szczególnie wartościowym dla naszego pokolenia, to fakt, że S t a s z i c był geologiem, który do głębi odczuwał i rozumiał istotną wartość związania geologii z życiem oraz konieczność najściślejszego powiązania geologii z przemysłem i techniką, a przede wszystkim z górnictwem i hutnictwem. Z każdej strony *Ziemiorództwa* bije przekonanie Staszica, że ten związek jest kamieniem węgielnym pomyślnego rozwoju nauki idącego równolegle z pomyślnym rozwojem gospodarstwa narodowego.

Przez takie postawienie zagadnienia stał się Stanisław Staszyc nie tylko ojcem geologii polskiej w ogóle, ale ojcem tej geologii, która dzisiaj tak wspaniale rozwija się w Polsce Ludowej, wysuwającej na czoło hasło związania nauki z życiem.

Dzieło Staszica, który obok geologii rozwijał świetną działalność społeczną i gospodarczą, a zdobycze swego dorobku geologicznego realizował w zakładanych przez siebie kopalniach i hutach, było w związku z rozwojem wypadków dziejowych krótkotrwałe. W Polsce rozbiorowej nastąpił głęboki upadek geologii. Nauka ta, tkwiąca swymi korzeniami w górnictwie, nie mogła się rozwijać w gospodarce kapitalistycznej, w czasie której niemal całe górnictwo i hutnictwo na ziemiach polskich dostało się w ręce zagranicznych spółek kapitalistycznych.

Kapitałowi zagranicznemu zależało na rozwijaniu u nas przemysłu górniczego i hutniczego tylko o tyle, o ile dało się z tego wyciągnąć maksymalny zysk przy najmniejszych inwestycjach; zysk ten był oczywiście wywożony za granicę. Eksploatowano w kopalniach węgla, ropy, rud i wszelkiego rodzaju surowców mineralnych tylko złoża dobrze znane i położone możliwie dogodnie dla eksploatacji. Nie byli więc potrzebni geolodowie do badania i poszukiwania złóż surowców mineralnych na ziemiach polskich, a tym bardziej do nadzorowania i pomocy przy eksploatacji. Jeżeli już koniecznie trzeba było powoływać geologów do rozwiązywania trudniejszych zagadnień (np. przy ropie i rudach), powoływano geologów zagranicznych jako bezwzględnie powolnych dla drapieżnych interesów spółek kapitalistycznych, działających według koniunktur zwyczaj i zniżek giełdowych świata kapitalizmu.

W tych warunkach geologia polska, uprawiana przez nieliczne jednostki, pracujące przeważnie w ciężkich warunkach materialnych, cofnęła się w rejony idealistyczne. Zaczął przeważać typ prac naukowych, których tematyka zależna była od wydarzeń wypadkowych lub też drobnych zainteresowań danych geologów. Ażeby usprawiedliwić i dodać jakiego takiego blasku takim pracom, dorobiono do mizernej potrzeby ich uprawiania teorię „czystej nauki“.

I tylko wysiłkowi i poświęceniu poszczególnych geologów, wśród których znaleźli się ludzie wielkiego talentu i połotu naukowego, należy zawdzięczać, że w czasie rozbiorowym geologia polska nie upadła całkowicie, a w dziełach niektórych wybitnych uczonych utrzymała się na poziomie nauki światowej.

Dwudziestolecie Polski międzywojennej nie przyniosło zasadniczej poprawy w tym obrazie rozwojowym. Jakkolwiek bowiem uzyskaliśmy niepodległość polityczną, jakkolwiek powiększyła się ilość geologów samodzielnie pracujących naukowo i ilość szkół wyższych kształcących geologów, nie było w dalszym ciągu podstawowego warunku dla rozwoju geologii: rozwoju własnego przemysłu górniczego, hutniczego, ceramicznego i pokrewnych. Cały ciężki przemysł Polski międzywojennej znajdował się w dalszym ciągu w ręku zagranicznych spółek kapitalistycznych, w dalszym ciągu rządziły rozwojem tego przemysłu oraz związanych z nim techniki i nauki — wilcze prawa kapitalizmu. I w dalszym ciągu trwał okres odrywania się geologii od życia i zagadnień gospodarczych, w dalszym ciągu tylko wysiłki poszczególnych wybitnych

jednostek osiągały poważniejsze wyniki naukowe i starały się o powiązanie prac geologicznych z praktyką.

Warunki rozwojowe geologii w tych czasach były ciężkie. W rocznikach międzywojennych Polskiego Towarzystwa Geologicznego, organizacji społecznej skupiającej ogół geologów polskich, znajdujemy wiadomości o licznych uchwałach Towarzystwa, memoriałach i pismach do ówczesnych miarodajnych czynników. W uchwałach swych i postulatach Polskie Towarzystwo Geologiczne przedstawia niski, a w latach kryzysów wprost znikomy stan dotacji na pracownię, laboratoria i prace polowe geologów, paraliżowanie przez redukcje i brak jakiegokolwiek poparcia prac Państwowego Instytutu Geologicznego, niemożność znalezienia zajęcia nawet dla tej niewielkiej ilości geologów, jaka istniała przed wojną itd. Miarą stopnia zaniedbania geologii w tych czasach był fakt, że za czas dwudziestu lat istnienia Polski międzywojennej wydano tylko 4 arkusze mapy geologicznej Polski, co wszak powinno być podstawą wszelkiej pracy w geologii, a w czasach tzw. „reformy“ szkolnej Jędrzejewiczowskiej zniesiono zupełnie nauczanie geologii w szkołach średnich.

Wspomnijmy niektóre z nazwisk tych uczonych, którym geologia polska w ciężkich warunkach czasów rozbiorowych i międzywojennych zawdzięczała utrzymanie się na poziomie i przerzucenie pomostu pomiędzy czasami *S t a s z i c a* a dobą dzisiejszą.

Byli to: *B. Pusch-Koreński*, *L. Zejszner*, którzy działali wyłącznie w czasach rozbiorowych, a spośród pracowników naukowych czasów rozbiorowych i międzywojennych (niektórzy z nich dożywali do czasów Polski Ludowej): *K. Bohdanowicz*, *J. Czarnocki*, *S. Czarnocki*, *W. Friedberg*, *J. Grzybowski*, *J. Lewiński*, *J. Morozewicz*, *J. Nowak*, *F. Rabowski*, *W. Szajnocha*, *W. Teisseyre*, *R. Zuber* i inni.

Dopiero Polska Ludowa wśród wielkich przemian we wszystkich dziedzinach życia przyniosła także prawdziwy przewrót w geologii.

Przemysł górniczy, hutniczy, ceramiczny i pokrewne, które wymagają współdziałania geologii, przeszły na własność ludowego państwa. Nie wydarcie maksymalnego zysku z ziemi jest dzisiaj naczelną wytyczną eksploatacji surowców mineralnych, ale najracjonalniejszy sposób ich wydobywania i użytkowania dla pożytku całego społeczeństwa. Jako wielkie zadania postawiono przed geologią współdziałanie w należytej gospodarce na znanych złożach i poszukiwanie nowych złóż. Przy tym nie tylko wielkie i bogate złoża surowców mineralnych stały się przedmiotem zainteresowania przemysłu i techniki Polski Ludowej, ale wszelkie złoża, także mniejsze i uboższe w użyteczne składniki, jeśli tylko mogą być przydatne dla rozwoju przemysłu i techniki.

W tych warunkach geologia stała się tym, czym powinna być w racjonalnej ekonomice, nauką, która jest podstawą dla poszukiwań i eksploatacji surowców mineralnych, a z tym dla gospodarki narodowej. Geologowie stali się bardzo potrzebni, przed geologią otworzyły się zawrotne perspektywy rozwojowe.

Geologowie polscy stanęli niezwłocznie do apelu na wezwanie ludowego państwa. Zadośćuczynienie olbrzymim wymaganiom, jakie zostały postawione przed geologią, nie było łatwe, a to wobec straszliwego wy-

niszczenia nauki w czasie inwazji hitlerowskiej. Wszak większość pracowników naukowych geologicznych (w Warszawie wszystkie) została całkowicie lub w znacznej części zniszczona. Największa instytucja naukowa, Państwowy Instytut Geologiczny w Warszawie uległ zupełnemu rozbiciu, a bogata jego biblioteka spalona. Jedna trzecia i tak mielicznych przedwojennych geologów polskich wyginęła w walkach, w obozach koncentracyjnych, więzieniach i na skutek wydarzeń okresu wojny.

Z tak spustoszoną bazą materialną i w tak przerzedzonych szeregach rozpoczęli geolodzy polscy swą pracę w Polsce Ludowej.

Wypadki potoczyły się szybko i z tym potężnym napięciem, które charakteryzuje cały rozwój rzeczywistości naszej Ludowej Ojczyzny.

W listopadzie 1945 r., a więc w krótkim czasie po ustąpieniu hitlerowskiej inwazji, na pamiętnym zebraniu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, odbytym w Krakowie przy udziale większości geologów, jacy byli wtedy do dyspozycji, ułożyliśmy i uchwaliliśmy wytyczne dla długofalowego planu rozbudowy nauk geologicznych w Polsce Ludowej. Głównymi składowymi tego planu były: rozbudowa Państwowej Służby Geologicznej, utworzenie Wydziału Geologiczno-poszukiwawczego w Akademii Górniczo-hutniczej w Krakowie, utworzenie nowych zakładów oraz katedr geologicznych na innych uczelniach wyższych, wprowadzenie i rozbudowa nauk geologicznych w szkolnictwie zawodowym i ogólnokształcącym, wzmocnienie prac geologicznych w instytutach naukowo-badawczych, resortach i różnorodnych instytucjach gospodarczych, a nadto w przemysłach opartych na pracach geologicznych itd., wznowienie i pomnożenie wydawnictw, podręczników i publikacji naukowych, rozbudowa bibliotek, odbudowa oraz zaopatrzenie w przyrządy i urządzenia zniszczonych zakładów i laboratoriów, kształcenie kadr geologicznych, pomoc dla studiującej młodzieży, utworzenie muzeów Ziemi i ośrodków szkolenia terenowego geologów.

Gdy dzisiaj, po upływie lat dziesięciu, przeprowadzimy analizę, co z tych, na ówczesny stan geologii polskiej zdawało się odległych w realizacji zamierzeń, zostało już urzeczywistnione, to okaże się, jak różny jest stosunek Polski Ludowej, a więc gospodarki socjalistycznej, do geologii w porównaniu z czasami gospodarki kapitalistycznej i jak potężna jest dynamika rozwojowa Polski Ludowej.

Otóż wszystkie postulaty, wysunięte na zebraniu Polskiego Towarzystwa Geologicznego sprzed lat dziesięciu, albo zostały zrealizowane i to w rozmiarach, przewyższających ówczesne, zdawało się tak śmiałe, zamierzenia, albo też znajdują się w toku realizacji.

Już początek 1946 roku przyniósł urzeczywistnienie jednego z najważniejszych postulatów: utworzenie osobnego Wydziału o charakterze geologiczno-poszukiwawczym na Akademii Górniczo-hutniczej w Krakowie. Rozpoczęto w ten sposób kształcenie tak brakujących dawniej sił fachowych, wykwalifikowanych w poszukiwaniu surowców mineralnych oraz współpracy z górnikami i technologami, w racjonalnej eksploatacji i przeróbce tych surowców. Odnowiła się realizacja przerwanej od czasów staszicowskich nici rozbudowy geologii, połączonej z górnictwem i hutnictwem, z praktyką, z życiem.

W tym też kierunku podążają główne kierunki rozwoju geologii w Polsce Ludowej. Przygotowała je kilkoletnia działalność Państwowej

Rady Geologicznej. Następnie silnym bodźcem do realizacji opracowań Rady stały się długotrwałe prace przygotowawcze, a potem uchwały I Kongresu Nauki Polskiej w roku 1950.

Tak zostały położone podwaliny do dokonania wielkiej reformy geologii w Polsce Ludowej.

Na podstawie specjalnej uchwały Rady Ministrów w roku 1951 rozbudowano pracę w zakresie nauk geologicznych na nowych zasadach. Utworzono *Centralny Urząd Geologii* jako naczelną instytucję, kierującą pracą służb geologicznych, powołanych przy ministerstwach i instytucjach, dla których potrzebne są usługi geologii. Silnie rozbudowano *Instytut Geologiczny* jako zakład naukowy koncepcyjny. Dla przeprowadzenia prac terenowych wydzielono osobne przedsiębiorstwa robót.

Przy Wydziale III Polskiej Akademii Nauk, utworzonej na podstawie uchwał I Kongresu Nauki Polskiej, powołano osobny *Komitet Geologiczny PAN*. Jako trzecia czołowa organizacja w zakresie nauk geologicznych działa *Polskie Towarzystwo Geologiczne*. Obecna ilość członków tego ostatniego (około 600) w stosunku do najwyższej liczby przedwojennej (180) świadczy o rozmiarach wzrostu ilości pracowników polskiej geologii.

Równolegle rozwinęło się *kształcenie kadr*. Utworzono dwa centralne ośrodki kształcenia geologów w samodzielnych wydziałach geologicznych, a to na Uniwersytecie Warszawskim dla geologii podstawowej, a w Akademii Górniczo-hutniczej w Krakowie dla geologii poszukiwawczej. Nadto pracują ośrodki przy Uniwersytecie Wrocławskim i Politechnice Gdańskiej dla geologii regionalnej i inżynierskiej. Sam ośrodek geologiczny krakowski wykształcił w okresie 10-lecia 5 docentów i 15 doktorów, Akademię Górniczo-hutniczą ukończyło w tym czasie 181 inżynierów geologów.

Sieć kształcenia geologów uzupełniają 3 technika geologiczne (Kraków, Warszawa, Kielce), utworzone celem kształcenia tak niezbędnych techników, o czym w ogóle nie myślano w czasach przedwojennych, oraz 1 Oddział Geologiczny Wieczorowy w Warszawie.

Znakomicie rozwinęła się *działalność wydawnicza*. Polska Akademia Nauk, Centralny Urząd Geologii i podległe im instytucje oraz Polskie Towarzystwo Geologiczne wydają tak znaczną ilość oryginalnych prac naukowych, publikacji periodycznych, podręczników oraz tłumaczeń z cennych dzieł zagranicznych, przede wszystkim z literatury naukowej radzieckiej, że ilość tych wydawnictw przewyższa wielokrotnie produkcję przedwojenną. Szczególnego ożywienia doznała akcja wydawnicza w zakresie nauk geologicznych od chwili utworzenia przez Centralny Urząd Geologii osobnego Przedsiębiorstwa Wydawnictw Geologicznych.

Doskonale rozwija się *działalność popularyzacyjna* w zakresie nauk geologicznych, tak zaniedbana w czasie gospodarki kapitalistycznej. Rozwijają ją Towarzystwo Geologiczne, Towarzystwo Wiedzy Powszechnej oraz Muzeum Ziemi. Szczególne zasługi w tej akcji ma Muzeum Ziemi w Warszawie, które w Polsce Ludowej, przypisując szczególne znaczenie popularyzacji wiedzy, znalazło pełne poparcie. Bogate zbiory z różnych dziedzin nauk geologicznych, urządzenia pomysłowych wystaw, wydawanie broszur popularnych, regionalnych przewodników geologicznych, współdziałanie w ochronie zabytków przyrody nieożywio-

nej, organizowanie odczytów i pogadanek, prace bibliograficzne z zakresu historii nauk geologicznych, prace z zakresu racjonalizacji metod pracy muzealnej, składają się na obraz owocnej pracy Muzeum Ziemi.

Coraz to żywsze stają się *kontakty geologii z zagranicą*, a przede wszystkim z przodującą geologią Związku Radzieckiego. Odwiedzający nas geolodzy radzieccy dopomogli ofiarnie i serdecznie do należytego ustawienia zagadnień organizacji geologii. Odwiedzali nas geolodzy czechosłowaccy i niemieccy z NRD. Szereg razy wyjeżdżali nasi geolodzy do Związku Radzieckiego, Czechosłowacji i NRD, zapoznając się z postępem geologii w tych krajach. Geolodzy polscy brali też udział w Międzynarodowym Kongresie w La Rochelle w roku 1949, poświęconym zagadnieniom sedymentacji czwartorzędu, oraz w XVIII Międzynarodowym Kongresie Geologicznym w Anglii w roku 1950 i XIX Kongresie w Algerze w roku 1953.

Wyrazem uznania czynników kierowniczych Polski Ludowej dla postępu geologii polskiej jest udzielenie w okresie 10-lecia za osiągnięcia w pracach geologicznych 11 nagród naukowych państwowych, a to 2 nagród I stopnia, 3 nagród II stopnia oraz 6 nagród III stopnia.

Do osiągnięcia tak dodatnich wyników w rozwoju nauk geologicznych w Polsce Ludowej przyczyniła się coraz silniej zaprowadzana zespołowość oraz kompleksowość w pracy naukowej. Ważnym czynnikiem było też uznanie, przy niemałym wpływie I Kongresu Nauki Polskiej, za podstawę pracy naukowej zasady jedności praktyki i teorii, co pociągnęło za sobą zatarcie granic między tzw. naukami teoretycznymi i praktycznymi oraz bujny rozkwit obu odcieni nauki.

W takich ramach rozwinęła się żywa praca naukowa. Do jej usprawnienia i rozwoju przyczyniła się istotnie dokonywana nieustannie rozbudowa i ulepszanie wyposażenia oraz pomieszczeń pracowni, laboratoriów i bibliotek geologicznych. Centralny Urząd Geologii uzyskał w Warszawie obszerny gmach, Instytut Geologiczny znaczną rozbudowę, dla Wydziału Geologicznego Uniwersytetu Warszawskiego buduje się osobny gmach; stwarzają się pomieszczenia dla ośrodków regionalnych geologicznych. Niektóre zakłady naukowe geologiczne mają już dzisiaj znacznie lepsze urządzenia, aniżeli to było w czasach przedwojennych. Ilość katedr i zakładów w szkołach wyższych, pracujących w różnych gałęziach nauk geologicznych, urosła kilkakrotnie w stosunku do czasów przedwojennych.

Wszystkie te akcje są obecnie w pełnym toku. Można też powiedzieć, że nie było w 10-leciu Polski Ludowej działu nauk geologicznych, który nie był uprawiany i to przeważnie z dobrymi, a częściowo wybitnymi wynikami.

Na czoło kompleksowych zagadnień współpracy geologii wysunęło się w 10-leciu zagadnienie *struktur wglębnych podłoża Polski*, zaliczone przez Polską Akademię Nauk wraz z szeregiem innych do zagadnień szczególnie ważnych dla rozwoju gospodarki i kultury narodowej.

Podbudowie tych zagadnień służy również wiele prac z zakresu *geologii ogólnej, historycznej i paleontologii*, w których osiągnięto w 10-leciu poważne wyniki. Były to badania prowadzone przez główne ośrodki nauk geologicznych: warszawski, krakowski, wrocławski, gdański i inne nad stratygrafią, tektoniką i paleontologią obszarów świętokrzyskiego

i sudeckiego, Zagłębi Węglowych Górnośląskiego i Dolnośląskiego, regionów krakowsko-częstochowskiego, karpackiego, pienińskiego, podhalańskiego i tatrzańskiego, studia nad sedimentacją regionów sudeckiego, krakowskiego oraz fliszu karpackiego, badania czwartorzędu oraz prace nad atlasem paleogeograficznym Polski.

W zakresie podstawowego zdjęcia geologicznego Polski należy zaznaczyć olbrzymi postęp w stosunku do okresu międzywojennego. Płomem 10-lecia, głównie dzięki pracom Instytutu Geologicznego, jest opracowanie i wydanie kompletnego zdjęcia geologicznego Polski w podziale 1 : 300 000 oraz licznych arkuszy zdjęć szczegółowych aż do bardzo szczegółowych zdjęć, służących bezpośrednio dla celów przemysłowych.

W zakresie *mineralogii* osiągnięto poważniejsze wyniki w kierunkach metodologii badań minerałów, ich genezy, syntez mineralogicznych minerałów skałotwórczych i zagadnień problemowych krystalografii, w zakresie *petrografii* w zagadnieniach skał krystalicznych oraz wylewnych Sudetów, Karpat i Tatr oraz regionu krakowskiego, skał osadowych różnych regionów Polski, a nadto oznaczenia bezwzględnego wieku skał krystalicznych, *geochemii* w zastosowaniu metod geochemicznych w przemyśle naftowym, w *gleboznawstwie* w opracowaniu map glebowych Polski i zagadnieniach naturalnej systematyki gleb.

Wynikami praktycznymi powyższych opracowań z zakresu nauk geologicznych podstawowych oraz licznych prac, wykonywanych z zakresu nauk geologicznych stosowanych, były wielkie osiągnięcia o charakterze gospodarczym. Spomiędzy tych osiągnięć najważniejszymi są:

a) dla rolnictwa:

na podstawie badań geologicznych, geofizycznych i petrograficznych znaczne podwyższenie możliwości eksploatacyjnych w zakresie złóż fosforowych, wskazanie nowych złóż soli potasowych, złóż tufów nadających się na nawozy sztuczne, opracowanie złóż wapiennych dla celów wapnowania gleb, torfowisk dla nawożenia gleb, wskazania geologiczne co do nawadniania i osuszania terenów rolniczych,

b) dla przemysłu węglowego:

wskazanie nowych złóż węgla kamiennych, koksujących i złóż gazów ziemnych węglowych, nowych złóż węgla brunatnych i torfów; we współpracy z górnikami i technologami wskazania co do właściwego sposobu użytkowania złóż węgla dla różnych gałęzi przemysłu i techniki; wskazania co do zwalczania przepływu wód do kopalń i zwalczania wybuchów kopalnianych; wskazania co do wykrycia powodów i unikania szkodliwych następstw wstrząsów w zagłębiach węglowych,

c) dla przemysłu naftowego i gazów ziemnych:

wskazania nowych terenów produkcyjnych ropy i gazu ziemnego; we współpracy z fizykami i górnikami naftowymi, wskazania co do poszukiwania złóż ropnych metodami geochemicznymi i geofizycznymi,

d) dla hutnictwa i przemysłu metalowego:

wskazania we współpracy z górnikami co do powiększenia wydobycia kopalin w znanych obszarach występowania rud żelaznych, należytego założenia nowych wielkich jednostek produkcyjnych kopalnianych

i racjonalnego postępu eksploatacji; wskazania co do uruchomienia produkcji rud darniowych; ustalenie podstawy geologicznej dla produkcji piasków żelazistych; we współpracy z górnikami ustalenie sposobów odwodnienia i uruchomienia kopalń rud miedzi; opracowanie warunków geologicznych dla uruchomienia fabrykacji aluminium z surowców mineralnych i krajowych; przeprowadzenie poszukiwań geologicznych dla rozwinięcia eksploatacji materiałów ogniotrwałych na znanych i nowych złożach oraz we współpracy z technologami wskazania dla racjonalnego użytkowania materiałów ogniotrwałych, odkrycie nowych znacznych złóż rud żelaznych,

- e) dla przemysłu chemicznego:
odkrycia nowych złóż soli, gipsu, materiałów zastępczych za ziemie okrzemkowe, a przede wszystkim nowych poważnych złóż siarki,
- f) dla przemysłu materiałów wiążących i budowlanych:
przeprowadzenie poszukiwań geologicznych i wskazania co do surowców dla fabrykacji cementu, wskazania co do kamieni i materiałów budowlanych, jak granity, sjenity, porfity, melafiry, bazalty, kwarcyty, piaskowce, wapienie, marmury, dolomity, piaski, żwiry, ily, gliny; odkrycia nowych złóż; wspólnie z górnikami i technologami wskazania co do racjonalnej eksploatacji tych surowców,
- g) dla budownictwa:
wskazania co do racjonalnego posadowienia i sposobu budowy miast, osiedli, zakładów przemysłowych, kopalni, metra, regulacji rzek, zapór wodnych, co do walki z osuwiskami, co do wielkich budowli dla przekształcania przyrody stosownie do potrzeb gospodarki narodowej,
- h) dla zaopatrzenia w wodę:
wskazania co do zaopatrzenia w wodę przemysłową i gospodarczą miast, portów i zakładów przemysłowych oraz obszarów wiejskich niedostatecznie zaopatrzonych w wodę,
- i) dla zdrojowisk:
wskazania co do podniesienia produkcji wód mineralnych w zdrojowiskach; odkrycia nowych wód mineralnych; wskazania co do racjonalnego użytkowania wód mineralnych,
- j) dla ekonomiki:
wskazania co do sposobu racjonalnego użytkowania surowców mineralnych, właściwego obliczania ich zasobów oraz ochrony zasobów.

Powyższe praktyczne osiągnięcia geologii polskiej w okresie 10-lecia przyniosły Polsce Ludowej miliardowe korzyści, a nadto możliwość otwierania coraz to nowych gałęzi produkcji przemysłowej i rodzajów techniki na podstawie surowców mineralnych własnych.

Powyższe tak wielkie osiągnięcia geologii polskiej, uzyskane w ciągu krótkiego czasu dziesięciu lat istnienia Polski Ludowej, nie mogą przesłonić oczu na dotkliwe jeszcze braki i niedociągnięcia w dzisiejszym stanie rozwoju geologii. I tak występuje jeszcze silna nierównomierność w rozwoju różnych działów nauk geologicznych. Za słabo są dotychczas uprawiane petrografia, mineralogia, geofizyka, geochemia, agrogeologia, hydrogeologia, geologia inżynierska i gospodarcza. Jeszcze za mało jest

prac zespołowych i kompleksowych, ciągle jeszcze za mało prac związanych z żądaniami przemysłu i techniki.

Otrzymywane przez niektóre instytucje i zakłady dotacje są niewłaściwie wykorzystywane. Poważne środki i nakłady materialne i inwestycyjne w szeregu wypadków są marnowane; dzieje się to szczególnie przy wierceniach poszukiwawczych, niezwykle silnie rozwijanych w porównaniu z czasami międzywojennymi. Niedostateczną uwagę przypisuje się wciąż jeszcze — mimo znacznego w tym kierunku postępu — właściwemu opracowaniu dokumentacji geologicznych i ustalaniu zasobów złóż surowców mineralnych, co jest podstawowym czynnikiem dla rozwiązywania zagadnień bazy surowcowej.

Przezwyciężenie tych niedociągnięć i usunięcie tych braków musi być usilnym dążeniem wszystkich pracowników nauk geologicznych.

DALSZE ZADANIA GEOLOGII W POLSCE LUDOWEJ

Ogromne zadania otwierające się przed geologią polską w związku z rozkwitem wszelkich gałęzi naszego życia dadzą się wypełnić w obecnej, odpowiadającej potrzebom chwili, organizacji geologii przy postępowaniu według następujących głównych wytycznych, do których spełnienia zostały w Polsce Ludowej stworzone pełne warunki:

a) włączenie się geologii bez reszty w potrzeby życia i gospodarki narodowej przy pielęgnowaniu i rozwijaniu wszystkich gałęzi nauk geologicznych tak teoretycznych, jak stosowanych,

b) uwzględnienie w ostatnim roku 6-cioletniego planu wskazań IX plenum KC PZPR oraz II Zjazdu PZPR, jako zasadniczych linii kierunkowych,

c) przygotowanie się już obecnie do zadań następnego planu rozwojowego 1956—1960,

d) jak najsilniejsze rozwijanie związków z naukami geologicznymi krajów demokracji ludowych, a przede wszystkim z przodującą nauką ZSRR, z równoczesnym śledzeniem rozwoju nauk geologicznych w krajach kapitalistycznych oraz utrzymywaniu z nimi kontaktu,

e) utrzymywanie najściślejszego związku geologii z górnictwem, zarówno podczas poszukiwania złóż, jak ich eksploatacji oraz z technologią,

f) skupienie się pracowników naukowych przy zagadnieniach kluczowych i oddanie pracy nad tymi zagadnieniami najwyższego wysiłku przy silnym rozwijaniu pracy zespołowej, a gdzie zachodzi potrzeba — kompleksowej; wśród tych problemów zagadnienia struktur węglnych, poszukiwanie złóż, różnorodne zagadnienia złożowe, a przede wszystkim geneza złóż, zagadnienia wodne, wielkich budowli przemysłowych i inżynierskich oraz przeobrażenia przyrody wysuwają się na plan pierwszy,

g) oparcie całokształtu pracy na dokładnych planach badań naukowych związanych z ogólnym planem państwowym,

h) rozwijanie ścisłej współpracy trzech wiodących czynników w rozwoju geologii polskiej: Polskiej Akademii Nauk, Centralnego Urzędu Geologii oraz Polskiego Towarzystwa Geologicznego,

i) jak najszybsze wypracowanie i wprowadzenie w życie szczegółowych jednolitych norm i instrukcji dla ujednolajnienia sposobu i uspraw-

nienia przebiegu pracy geologicznej na obszarach całej Polski, a to celem tym wydatniejszego zabezpieczenia podstaw surowcowych dla potrzeb gospodarczych Polski Ludowej.

*

W zakończeniu powyższego szkicu dróg rozwojowych geologii polskiej należy jeszcze raz podkreślić, że fałszywe byłoby wysnucie z tych rozważań wniosku, jakoby zasadniczym warunkiem należytego rozwoju nauk geologicznych na następne gospodarcze okresy rozwojowe byłoby uprawianie tylko nauk geologicznych stosowanych. Obok tych gałęzi nauk geologicznych należy silnie uprawiać i rozwijać nauki geologiczne tzw. podstawowe. Tylko bowiem w najsilniejszym powiązaniu teorii z praktyką leży dobra przyszłość rozwoju nauk geologicznych, a z tym zabezpieczenie podstawy do właściwego gospodarowania surowcami mineralnymi, co z kolei jest warunkiem pomyślnego rozwoju gospodarki narodowej.

ŁUKI WYSP

Jedną z najbardziej charakterystycznych cech struktury Ziemi jest obecność w jej budowie wydłużonych girland wysp, mających najczęściej kształt mniej lub więcej regularnych łuków. Wystarczy rzucić okiem na mapę na północ lub wschód od Australii, czy też na wschód od Azji, by przekonać się, że wyspy znajdujące się na Oceanie Spokojnym nie są rozrzucone bezładnie i nie grupują się w spoistych skupieniach, lecz ułożone są w wydłużone, łukowate szeregi. Przykładami takich łuków są Kuryle (przedłużenie ich na północ stanowi Kamczatka), Wyspy Japońskie, Riu-Kiu, Filipiny, wielki łuk wysp Indonezji, łuki wysp Bonin, Marynary, i wiele innych. Łuki wysp można znaleźć również i przy wybrzeżach Ameryki, na Pacyfiku — Aleuty, a na Atlantyku — Antyle i wyspy Półd. Sandwich (rys. 1).

Z mapy można jeszcze wyczytać inny, bardzo znamienity rys — oto zawsze wypukłej, a czasami i wklęsłej stronie łuku wysp towarzyszą wydłużone rowy — głębie oceaniczne, mające przebieg równoległy do łuków. Są to największe, przekraczające 6000 m głębokości części dna oceanów. Leżą one o 2000 metrów poniżej średniego poziomu dna oceanów. Do takich głębów należą między innymi głębja japońska, bonińska, mariańska, zachodnio-karolińska, głębja Mindanao oraz szereg głębów wśród łańcuchów Wysp Sundajskich i Molukków.

Widoczne jest, że z morfologicznego punktu widzenia obszar łuków wysp należy do rejonów najbardziej urozmaiconych i kontrastowych na Ziemi. Różnice wysokości dochodzą w tych miejscach do 12 000 m, na bardzo niewielkiej przestrzeni.

Jasną jest rzeczą, że łukowaty kształt łańcuchów wysp i głębów oceanicznych i ich wzajemny związek nie może być dziełem przypadku. Należy więc znaleźć tłumaczenie, wyjaśniające kształt tych pozytywnych i negatywnych elementów morfologii skorupy ziemskiej oraz ich wzajemny związek.

Z łukami wysp wiążą się jednak nie tylko problemy wyłącznie morfologiczne i nie tylko problemy teraźniejszości.

Oto można zauważyć, że łuki wysp znajdują swe przedłużenie na kontynentach w postaci łańcuchów górskich.

Tak np. łuk indonezyjski przedłuża się na północny-zachód w góry Burmy, a dalej przedłużenie ich stanowią Himalaje i inne młode góry

alpejskiego okresu górotwórczego. Kuryłe przedłużenie swe mają w górach Kamczatki. Aleuty — w Kordyliierach Alaski, Antyle — w Andach Wenezuelskich, a Wyspy Płd. Sandwich w Andach Patagonii. Przykładów tego rodzaju można by przytoczyć więcej.



Z faktu związku łuków wysp, które istnieją i tworzą się dzisiaj z łańcuchami górskimi, które są wytworem przeszłości, wiąże się kapitalne zagadnienie związku genetycznego łuków wysp z łańcuchami górskimi oraz kwestia ich pochodzenia. Jak widać, badanie istniejących obecnie łuków wysp ma decydujące znaczenie dla wyjaśnienia powstawania gór, co stanowi przecież jedno z najważniejszych zagadnień tektoniki. Ta metoda badania genezy gór jest o tyle pociągająca, że oparta jest na naczelnej zasadzie geologicznej, na zasadzie aktualizmu geologicznego. Zasada ta jest o tyle ważna i fascynująca

Rys. 1. Łuki wysp i głębie oceaniczne w zachodniej części Pacyfiku (wg Lawsona i Zawarickiego, uzupełnione). 1) — łuk Aleutów; 2 — łuk Kuryłów i Kamczatki; 3 — łuk japońsko-sachaliński; 4 — łuk Riu-Kiu i Korei; 5 — łuk Boninów; 6 — łuk Marianów; 7 — łuk wyspy Yap; 8 — łuk wysp Palau; 9 — łuk Formozy i Luzonu; 10 — łuk Filipinów; 11 — łuki indonezyjskie; 12 — odwrócone łuki Celebesu.

w tym wypadku, że doprowadzić ona może do potwierdzenia lub zmodyfikowania rozbudowanej wspólnie teorii geosynklin, teorii, która oparta na badaniach stratygraficznych i facjalnych stanowi najwyższe osiągnięcie współczesnej tektoniki. O ile jednak dotychczas geolog miał możliwość studiowania wyłącznie geosynklin dawnych okresów geologicznych, to obecnie otwierają się przed nim nieoczekiwane perspektywy wszechstronnego studiowania geosynklin współczesnych i gór *in statu nascendi*.

Z początku odpowiemy na pierwsze z postawionych zagadnień.

TEORIE WYJAŚNIAJĄCE KSZTAŁT ŁUKÓW WYSP I GŁĘBI OCEANICZNYCH

Bardzo prostą teorię, wyjaśniającą kształt girland wysp, wysunął w 1931 r. Ph. Lake, opierając się częściowo na pracy W. Sollasa z 1903 r. Autorowie ci zauważyli, że łuki wysp i cały szereg łańcuchów górskich mają kształt zupełnie prawidłowych łuków kół. Jako wyjaśnienie tego faktu narzuca się przypuszczenie, że łuki te powstały z przecięcia jakichś płaszczyzn z kulistą powierzchnią Ziemi. Krzywizna łuku zależy będzie wtedy od kąta nachylenia tej płaszczyzny. Płaszczyzna przecinająca powierzchnię Ziemi prostopadle, a więc przechodząca przez środek kuli ziemskiej, pozostawia ślad w postaci linii prostej (na globusie; na mapie będzie to łuk wielkiego koła). Im mniejsze jednak będzie nachylenie płaszczyzny tnącej, tym bardziej zakrzywione będą łuki kół i tym krótsze będą ich promienie. Nachylenie tej płaszczyzny można obliczyć, znając położenie bieguna łuku koła i obliczając w stopniach jego odległość (rys. 2).

Tłumaczenie takie jest nadzwyczaj proste i trudno jest dać inne, które by tak przekonywająco wyjaśniało kształt łuków wysp. Ostatnio (1948) dodatkowy dowód na poparcie tej teorii przytoczył G. Hess. Badając morfologię południowo-zachodniej części Pacyfiku na podstawie nowych danych batymetrycznych stwierdził on, że łuki wysp nie przechodzą w siebie na podobieństwo litery S, lecz przecinają się pod kątami zbliżonymi do prostego (rys. 1). Jest to zarazem dowód na realne istnienie płaszczyzn przecinających pod pewnym kątem powierzchnię skorupy ziemskiej.

O ile więc geometryczne wyjaśnienie kształtów łuków wysp (i wiążących się z nimi głębi oceanicznych) można przyjąć za rozwiązane, to wyjaśnienie charakteru płaszczyzn wychodzących na powierzchnię skorupy ziemskiej wzdłuż łuków wysp wymaga dodatkowych wyjaśnień.

Ph. Lake wysunął przypuszczenie, że płaszczyzną tą jest płaszczyzna nasunięcia. Już W. Sollas zauważył, że bieguny łuków wysp położonych wzdłuż wybrzeży Azji Wschodniej leżą wszystkie na tym samym łuku wielkiego koła (rys. 2). Ph. Lake wysnuł z tego wniosek, że wszystkie płaszczyzny nasunięć przecinają pod kątem prostym płaszczyznę wielkiego koła, przechodzącą przez bieguny kół łuków wysp, co jest dowodem nasuwania się kontynentu Azjatyckiego na całej jego długości na Pacyfiku. Później, w 1932 roku, przypuszczenie to zmodyfikował A. Lawson w ten sposób, że to nie kontynent azjatycki nasuwa się na Pacyfik, lecz sima Pacyfiku podsuwa się pod siał Azji. Z mapki Lake'a widać jeszcze, że bieguny łuków gór Iranu, Himalajów i łuku wysp Indonezji



Rys. 2. Bieguny łuków wysp wschodnio-azjatyckich (wg Lake'a)

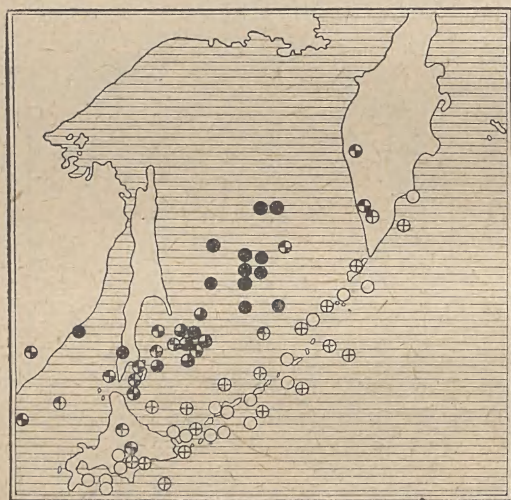
również leżą na tym samym łuku wielkiego koła. Biegun łuku indonezyjskiego leży więc na przecięciu się dwóch łuków wielkich kół, co odpowiada jego narożnikowemu położeniu.

Ph. L a k e wyobrażał sobie, że jego płaszczyzny nasunięć odpowiadają rzeczywistym nasunięciom tektonicznym, takim np. jak ta, wzdłuż której Karpaty nasuwają się na swe przedpole. Obecnie pogląd ten zarzucono; np. J. U m b r o v e nie przypisuje płaszczyznom nasunięć L a k e'a realnego istnienia, lecz potencjalną możliwość powstawania nasunięć wzdłuż tej płaszczyzny.

ZWIĄZEK ŁUKÓW WYSP Z TRZĘSIENIAMI ZIEMI

Długoletnie badania doprowadziły sejsmologów do wniosku, że ogniska głębokich trzęsień ziemi zagłębiają się stopniowo w stronę kontynentu azjatyckiego, a umieszczone są coraz bliżej powierzchni ziemi w miarę zbliżania się do linii łuku wysp. Fakt ten ilustruje dokładnie mapka głębokich trzęsień ziemi w rejonie Morza Ochockiego (rys. 3).

Zjawisko to powtarza się przy wszystkich łukach wysp — wszędzie w pobliżu głębi oceanicznych trzęsienia ziemi mają swe ogniska blisko powierzchni ziemi, a w miarę przesuwania się w stronę wewnętrznej części łuku ogniska trzęsień ziemi (hypocentra) położone są coraz głębiej.



Głębokości hypocentrów

- 50 - 100
- ⊕ 100 - 200
- ⊙ 200 - 300
- ⊕⊙ 300 - 400
- 400 - 500
- ponad 500

Rys. 3. Epicentra głębokich trzęsień ziemi w rejonie Morza Ochockiego, Kamczatki i Kuryłów (wg Zawarickiego, uproszczone).

Jeżeli hypocentra na mapie połączymy systemem izosejsmobat, to otrzymamy płaszczyznę hypocentrów nachyloną pod pewnym kątem do powierzchni ziemi. Płaszczyzna ta wykazuje ogólną zgodność położenia względem łuków wysp, jednak kąt jej nachylenia jest przeważnie większy od kąta nachylenia geometrycznej płaszczyzny L a k e'a i wynosi od 40° (Kuryły) do 50° (Wyspy Sundajskie). Chociaż więc istnieje niewątpliwy związek między płaszczyzną hypocentrów i krzywizną łuku wysp, to jednak nie można twierdzić, że właśnie płaszczyzna hypocentrów jest ową płaszczyzną powodującą taką a nie inną krzywiznę łuków.

Różni autorowie starali się wyjaśnić tę rozbieżność.

A. Z a w a r i c k i zwrócił uwagę na zjawisko bardzo ważne, zrozumienie którego zaważyć może na dotychczasowym rozwoju teorii geosynklin i tektoniki w ogóle. Według niego głębokie trzęsienia ziemi, mające swe ognisko w bardzo głębokich częściach Ziemi (do 700 km) są pierwotną

przyczyną drugorzędnych i wtórnych zjawisk tektonicznych (np. tworzenia się geosynklin i gór), rozgrywających się w skorupie ziemskiej. Z tego punktu widzenia wszelkie teorie, wyjaśniające powstawanie łuków wysp zjawiskami powierzchniowymi (wędrowka kontynentów, wgniatanie skorupy ziemskiej itp.), nie wyjaśniają istotnej przyczyny powstawania geosynklin i łuków wysp; istotną przyczyną ich powstawania są wielkie przemieszczenia mas skalnych w głębi Ziemi.

Ostatnio (1947) J. U m b g r o v e dał najbardziej wszechstronną hipotezę, wyjaśniającą na ogół zjawiska, związane z łukami wysp, nie uwzględniającą jednak przytoczonych wyżej poglądów A. Z a w a r i c k i e g o. Przypuszcza on, że potencjalne płaszczyzny nasunięć powstają w miejscach, gdzie stykają się ze sobą strefy skorupy ziemskiej o różnej budowie. Tak np. łuk Marianów leży w miejscu, gdzie przebiega linia andezytowa (patrz niżej), dzieląca bazaltowe podłoże simatyczne od strefy niegrubej stosunkowo powłoki sialu. Łuk Riu-Kiu i łuki indonezyjskie powstawały na granicy tej właśnie strefy niegrubej powłoki sialu ze strefą o miąższości sialu takiej, jaka jest na kontynentach. O ile więc J. U m b g r o v e powstawanie łuków wysp i płaszczyzn hypocentrów wiąże ze zjawiskami powierzchniowymi, to A. Z a w a r i c k i łuki wysp i głębie oceaniczne uważa za zjawiska wtórne, a za pierwotną przyczynę ich powstawania przyjmuje zjawiska tektoniczne o ogromnej energii, odbywające się w głębi Ziemi.

Do omówienia hipotezy U m b g r o v e'a wrócimy jeszcze później. Obecnie omówimy dalsze zjawiska związane z łukami wysp.

WULKANIZM I PLUTONIZM A ŁUKI WYSP

Dawno już zwrócono uwagę na związek łuków wysp z rozmieszczeniem wulkanów. Z załączonej mapki (rys. 4) widać, że obszary występowania wulkanów przywiązane są do łuków wysp. Wiemy również, że są to rejony o silnej działalności sejsmicznej.



Rys. 4. Łuk wulkaniczny i łuk orogeniczny w Indonezji (wg U m b g r o v e'a, uzupełnione).

Z a w a r i c k i zwrócił uwagę na zależność między nachyleniem płaszczyzny hypocentrów a odległością łuku wulkanicznego od głębi brzeżnej. Odległość ta dla Kuryłów wynosi 155 km, dla Riu-Kiu 100 km, a dla Jawy 200 km. Ponieważ płaszczyzna hypocentrów wychodzi na powierz-

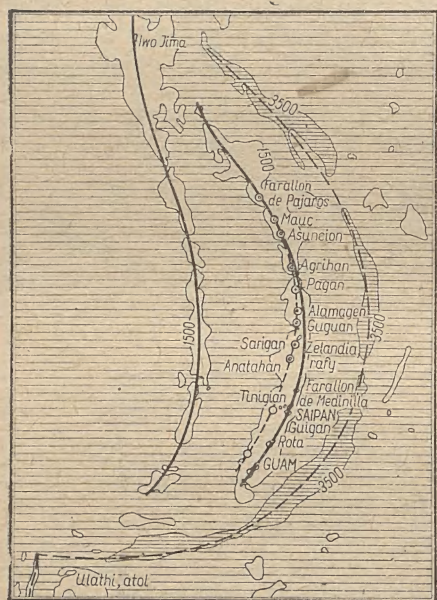
chnię właśnie w głębi brzeżnej, to można zauważyć, że wulkany występują na wysokości 100—150 km nad tą płaszczyzną. Jeśli istnieje ten właśnie związek przyczynowy, to można przypuszczać, sędzi Z a w a r i c k i, że wulkany związane są z procesami zachodzącymi na znacznie większych głębokościach niż głębokości zbiorników magmatycznych, będących bezpośrednim źródłem ich lawy.

Z bliższego zbadania współwystępowania wulkanów i łuków wysp wynika, że istnieje osobny łuk wulkaniczny, położony zawsze po wewnętrznej stronie łuku wysp, bezpośrednio graniczącego z najbardziej zewnętrzną głębią oceaniczną. (Ten drugi łuk — zewnętrzny — nazywać będziemy łukiem orogenicznym). Zależność ta jest bardzo wyraźna w łuku indonezyjskim i szeregu innych łukach wysp (Riu-Kiu, Antyle, Aleuty), a zaciera się w łukach wysp wysuniętych daleko w głąb Oceanu Spokojnego. Tak np. w łuku Marianów (rys. 5) oba łuki — wulkaniczny i orogeniczny zachodzą na siebie lub też tylko nieznacznie są od siebie oddalone. Na tej podstawie U m b g r o v e wyróżnia dwa odmienne typy

wysp — łuki podwójne z wewnętrznym, wulkanicznym łukiem i zewnętrznym orogenicznym, oraz łuki pojedyncze, zwykle wulkaniczne.

Zjawiska plutonizmu znane są z obu łuków — wewnętrznego i zewnętrznego. O ile jednak intruzje kwaśne występują w obu łukach wysp, o tyle intruzje ultrazasadowe — perydotytowe występują wyłącznie w zewnętrznym, orogenicznym łuku.

Zjawiskiem tym szczegółowo zajął się G. Hess. Na podstawie danych geologicznych z wysp zachodniego Pacyfiku, ustala on szereg pasów perydotytowych oraz wiek ich intruzji. Ustalenie położenia i wieku perydotytów ma bardzo ważne znaczenie w zagadnieniu łuków wysp, pozwala bowiem, wychodząc z założeń teoretycznych, ustalić miejsce przebiegu osi orogenicznej i wiek początku dyslokacji tej strefy. Wiadomo bowiem z badań geosynklin kopalnych, że intruzje perydotytowe miały miejsce w czasie pierwszych, wielkich dyslokacji strefy orogentycznej (geosynkliny), w fazie jej



Rys. 5. Łuk Marianów (wg Hessa). Linie ciągłe — łuki orogeniczne; linie przerywane — łuki wulkaniczne; kropka — wulkany.

przegłębienia i wgniatań w głąb skorupy ziemskiej. W ten sposób określił H e s s wiek początkowego stadium powstawania łuków wysp. Z badań jego wynika, że wiek łuków wysp (w fazie przegłębienia intruzji perydotytowych) nie jest jednakowy. Najstarsze są łuki położone bliżej kontynentu azjatyckiego (Japonia, Riu-Kiu), a najmłodsze są łuki wysunięte w głąb Pacyfiku (Bonin, Maryny, Yap, Palau).

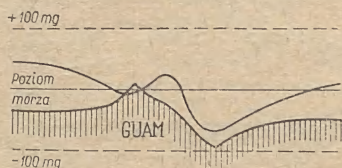
W świetle tych danych staje przede wszystkim problem wytłumaczenia, dlaczego w podwójnej girlandzie wysp łuk wulkaniczny jest zawsze łukiem wewnętrznym, lub innymi słowy, dlaczego łuk ten położony jest zawsze na wgiętej, wewnętrznej stronie, a nigdy na wypukłej, zewnętrznej stronie łuku niewulkanicznego. Dlaczego jedne łuki wysp są podwójne, a inne pojedyncze? Jak wyjaśnić wreszcie obecność intruzji perydytytowych na wyspach łuku zewnętrznego?

Bez odpowiedzi na te pytania problem genezy i wytłumaczenia kształtu łuków wysp rozwiązany byłby tylko połowicznie.

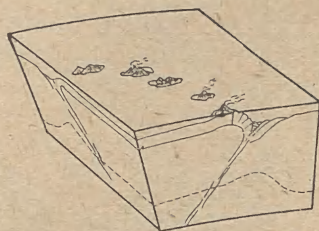
ANOMALIE GRAWITACYJNE A ŁUKI WYSP

Z pomiarów grawitacyjnych wynika, że obszary centralnej części Pacyfiku, położone wewnątrz linii andezytowej (patrz niżej rys. 11), mają anomalie grawitacyjne dodatnie. Tam wszędzie blisko powierzchni ziemi znajduje się sima. Silne anomalie ujemne zaczynają się właśnie od linii andezytowej. Wzdłuż tej linii ciągną się głębie oceaniczne o kształcie rowów, tu zaczynają się pojawiać związane z głębiami, pierwsze łuki wysp. Jest to miejsce wyjścia na powierzchnię głębokiej płaszczyny spękań, płaszczyny hypocentrów, zaznaczającej się wyraźnie w sejsmice i podkreślonej przez wulkany. Obecnie rozpatrzmy bliżej anomalie grawitacyjne w pobliżu łuków wysp. Na początku za J. Umbgrovem omówimy anomalie grawitacyjne w łukach pojedynczych.

Jak to wynika z profilów F. Venning-Meinesza, nad głębiami brzeżną (zewnętrzną) ma miejsce bardzo wyraźna anomalia ujemna. Fakt ten według niego można wyjaśnić przyjmując, że pierwotne, ciężkie podłoże symatyczne uległo wgięciu, w którym nagromadziły się utwory lżejsze, sialiczne, tworząc korzenie tego rowu.



Rys. 6. Profil grawimetryczny przez wyspę Guam i głębie Nero (wg Venning Meinesza)



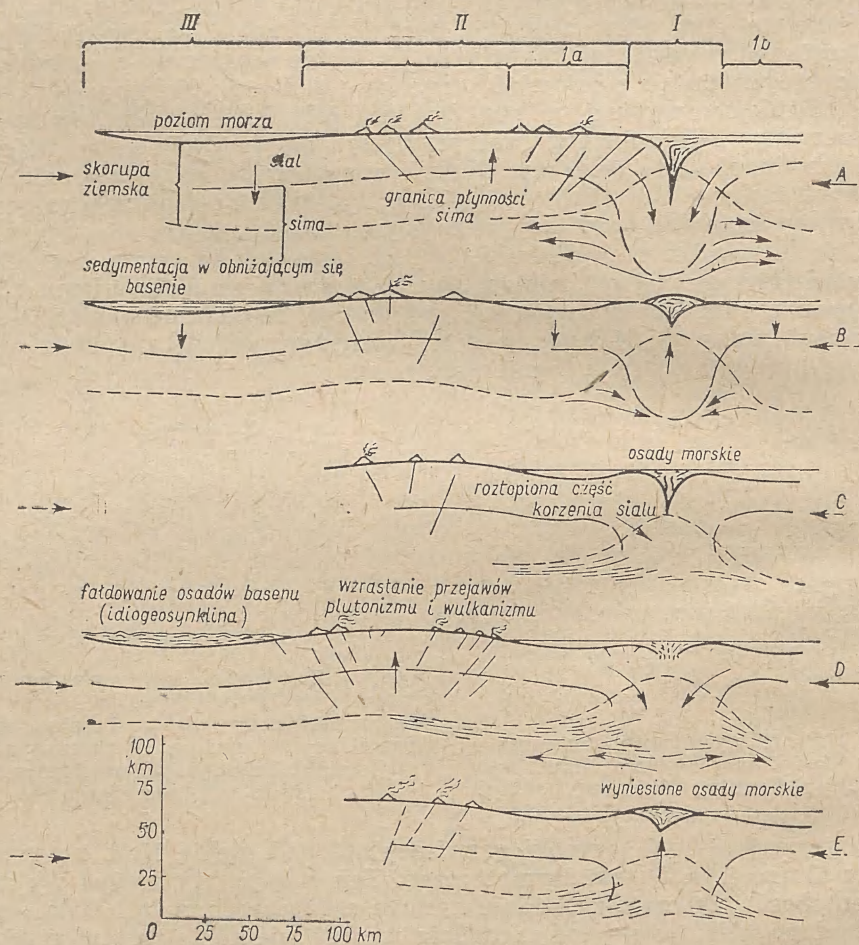
Rys. 7. Blokdiagram łuku wysp typu Marianów (wg Umbgrove'a). Widoczny jest łuk wulkaniczny, głębia brzeżna, przypuszczalne podsuwanie się skorupy ziemskiej wzdłuż linii andezytowej i potencjalna strefa nasunięć.

Wgięcie krzywej anomalii grawitacyjnej nad głębiami Nero na profilu przez Guam (rys. 6) jest asymetryczne. Ten stan rzeczy można wyjaśnić w ten sposób, że część zachodnia nasuwa się na wschodnią lub też część wschodnia podsuwa się pod zachodnią wzdłuż wielkiej strefy nieciągłości tektonicznej i sejsmicznej (rys. 7). W rezultacie tego powstała głębia Nero. Przy przegięciu tym powstały szczeliny, przez które intrudowała magma, dająca początek wulkanom na powierzchni.

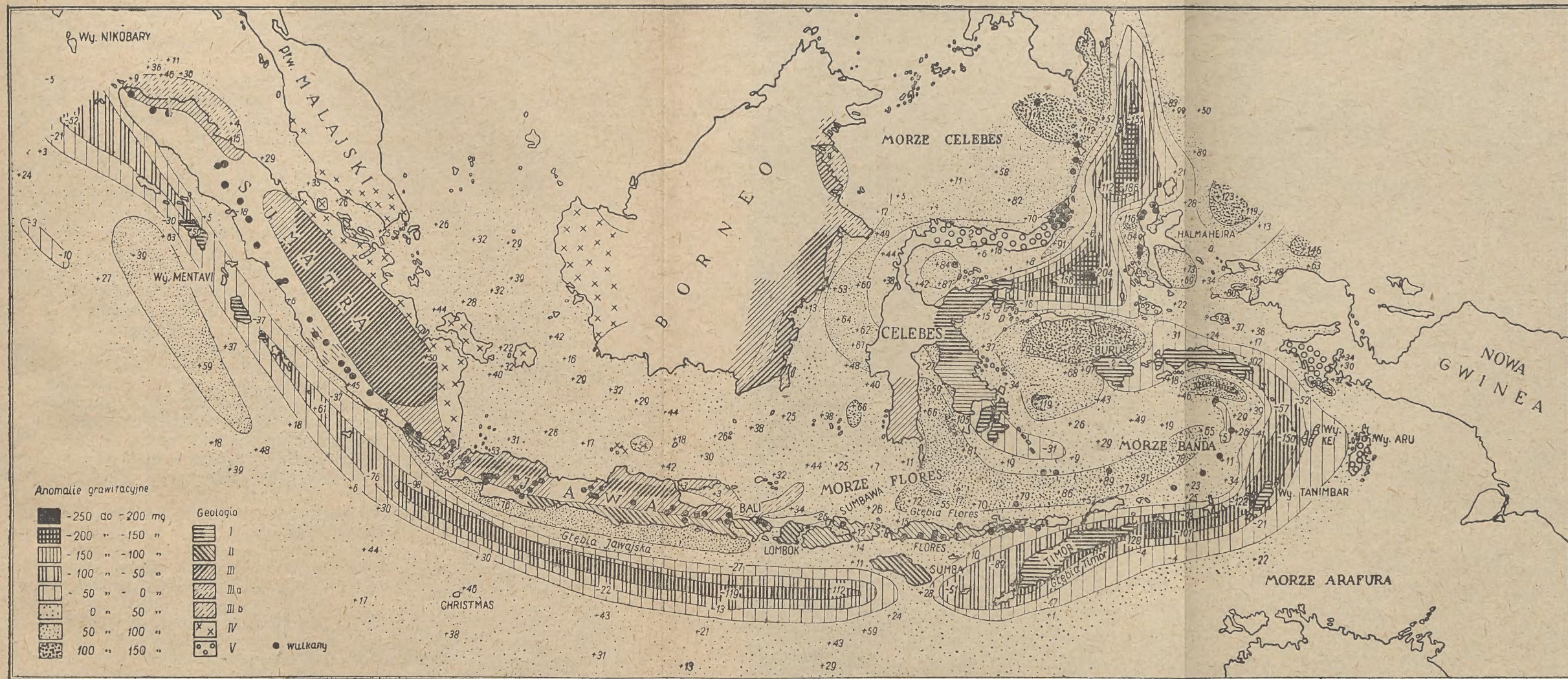
„Podsuwanie się“ zostało wywołane prądami konwekcyjnymi, które powstały na granicy stref o różnym składzie, biegnących wzdłuż linii andezytowych.

Faktem o największej doniosłości jest obecność ujemnej anomalii właśnie nad głębią brzeżną. Taki stan rzeczy ma miejsce wtedy, gdy przegięcie tworzy się w obszarach pokrytych jedynie cienką warstwą sialu, tak cieką, że w rezultacie przegięcia i pofałdowania „korzenie“ sialiczne, pomimo że wypełnią w znacznym stopniu zaklesłość podłoża simatycznego, nie wypełnią jej na tyle, by utworzyła się powierzchnia równa lub wznosząca się nad poziom morza w postaci zewnętrznego łuku wysp. W wyniku wgniatań i związanego z nim fałdowania utworzą się jedynie korzenie sialu biegnące w głąb, a w topografii pozostaje rów głębi brzeżnej.

Zupełnie odmienne rezultaty dały pomiary siły ciężkości w strefie podwójnych łuków wysp. W Indonezji np. (rys. 8) można zauważyć, że pas



Rys. 9. Profile schematyczne, obrazujące rozwój podwójnego łuku wysp (wg Umbgrove'a). Strefom I, II, III odpowiadają strefy na mapie rys. 8.



Rys.8. Schemat rozwoju geologicznego Indonezji w okresie trzeciorzędowym (wg. Umbgrove'a).

- I. Wyspy wykazujące trzy okresy fałdowań w trzeciorzędzie; ostatnie silne fałdowanie miało miejsce w miocenie;
- II. Rejony o niezbyt silnym fałdowaniu w miocenie;
- III. Pograżające się trzeciorzędowe beseny, wypełniane osadami (idiogeosynkliny); słabe fałdowanie w miocenie;

- IIIa. Grzędy podwodne w rejonie III;
- IIIb. Podwodne przedłużenie rejonu III;
- IV. Rejony wyniesione nad poziom morza w trzeciorzędzie;
- V. Rejony prawie wcale nie fałdowane w trzeciorzędzie.

silnych anomalii ujemnych, zaznaczających się na południe od Sumatry i Jawy, przechodzi przez podwodne grzbiety i wyspy Timor i Tanimbar, do wysp Ceram i Buru. Tutaj więc są miejsca, gdzie anomalie ujemne występują również i nad wyspami, a nie tylko nad morzami. Fakt ten stanowi jaskrawy kontrast z sytuacją notowaną w pojedynczych łukach wysp na Pacyfiku, gdzie anomalie ujemne występują wyłącznie nad głębiami oceanicznymi (rys. 6).

Ten stan rzeczy tłumaczy H. H e s s (na podstawie stosunków notowanych w Indiach Zachodnich), F. V e n n i n g - M e i n e s z (w wyniku badań w Indonezji), a za nimi i J. U m b g r o v e obecnością grubszej powłoki sialu, która, fałdowana w wyniku wgniatania wywołanego przez prądy konwekcyjne, została wypiętrzona tak silnie, że na miejscu dawnego rowu brzeżnego utworzył się łuk wysp wychodzących na powierzchnię morza lub podwodny grzbiet.

Widzimy więc, że ten sam proces wgniatania zależnie od grubości powłoki sialu może dać w efekcie głębnię oceaniczną lub łuk wysp.

J. U m b g r o v e przeprowadził specjalne badania geologiczne w Indonezji, by ustalić wiek wgniatania simy w głąb i tworzenia się korzeni sialu. Z badań tych wynika, że wbrew przypuszczeniom wgniatanie to, a więc i powstawanie anomalii ujemnych, zaczęło się już na początku ery mezozoicznej. Trias na Timorze i wschodnim Celebesie rozwinięty jest w facji morskiej, podczas gdy obszary sąsiednie były przeważnie wynurzone. Analogiczne wyniki dała metoda H e s s a ustalania wieku przegłębienia za pomocą intruzji perydotytowych. Intruzje te, a więc pierwsze głębokie wtłaczanie mas sialowych, miały miejsce w triasie. Tego rodzaju wgniatań i związanych z tym fałdowań notuje się w Indonezji trzy lub cztery. Ostatnie miało miejsce w górnym miocenie. Istniejąca obecnie ujemna anomalia grawitacyjna i wgniatanie korzeni sialu oraz najmłodsze fałdowania są tego właśnie wieku.

ELEMENTY MORFOLOGICZNE I TEKTONICZNE PODWÓJNEGO ŁUKU WYSP ORAZ JEGO GENEZA

We wstępie mówiliśmy o znaczeniu badania łuków wysp jako geosynklin współczesnych dla porównania ich z geosynklinami dawnych okresów geologicznych.

Jak wiadomo, A r g a n d, S t i l l e, K o b e r, B u b n o f f, A r c h a n g i e l s k i, S z a t s k i, B i e ł o u s o w i wielu innych rozbudowali wspaniale teorię geosynklin. Rozbudowa ta polegała między innymi na wyróżnieniu całego szeregu elementów tektonicznych i morfologicznych w jednym wielkim basenie geosynkлинаlnym. Ciekawe są próby wyróżnienia tego rodzaju elementów we współczesnych geosynklinach. Jako jeden z pierwszych analizę tego rodzaju przeprowadził J. U m b g r o v e na przykładzie Indonezji.

Jak przyjmuje F. V e n n i n g - M e i n e s z, w epoce nacisku powstają w skorupie ziemskiej wielkie fale, o długości 300—400 km. Wzrost ciśnienia powoduje wzrastanie amplitudy fal w skorupie ziemskiej aż do chwili, gdy naprężenie przekroczy granicę wytrzymałości. Wówczas skorupa ziemska pęka w najsłabszym miejscu, odpowiadającym dolnej połowie fali i wpukła się w głąb, tworząc korzeń sialu, który dostaje się do

simatycznego podłoża. (Przyczyny nacisku wyjaśnia F. V e n n i n g - M e i n e s z, podobnie jak i W. B i e ł o u s o w, zmodyfikowaną teorią kontraktacji).

Na schematycznym profilu A (rys. 9) uwidocznione jest wpuklenie się skorupy ziemskiej na odcinku odpowiadającym strefie I mapy z rys. 8. Na profilu i mapce są również uwidocznione strefy II, III, odpowiadające dwom połówkom fali. Jak widać z rysunku, w fazie A utworzyła się głębia oceaniczna, a na lewo od niej intrageantyklina — łuk wysp ze słabą początkowo działalnością wulkaniczną. Jeszcze bardziej na lewo, po wewnętrznej stronie łuku wulkanicznego, tworzy się basen, w którym zachodzi intensywne gromadzenie się osadów. W tej fazie powstawania podwójny łuk wysp jest nie do odróżnienia od łuku pojedynczego. Powstaje więc pytanie, czy są obecnie podwójne łuki wysp w tym stadium rozwoju lub, jak je nazywa U m b g r o v e, łuki pseudopojedyncze? Przykłady takich łuków podaje U m b g r o v e z Aleutów, Kuryłów i Japonii. Według niego nie są to jednak łuki pojedyncze, które w przyszłości przekształcą się w łuki podwójne, lecz pojedyncze o skończonej ewolucji. Brak łuku zewnętrznego wyjaśnia J. U m b g r o v e powłoką sialu zbyt cienką, by mogła ona w wyniku wypiętrzenia utworzyć łuki wysp. Nie można więc według niego uważać geosynkliny indonezyjskiej za stadium, w jakim znajdowała się pierwotnie np. geosynklina Alp. Łuk Marianów również nie jest bynajmniej wcześniejszym stadium łuku indonezyjskiego. Rozwój tych łuków zależy jest natomiast od miąższości powłoki sialu, czyli od historii danego obszaru i warunków paleogeograficznych, istniejących w chwili powstawania łuków. „Śledząc przejścia stref tektonicznych Indonezji do Azji, można się przekonać, że różne fizjogeograficzne cechy girland wysp na Oceanie i łańcuchów górskich na kontynencie nie świadczą o różnych stadiach rozwoju. Wytworzenie się girlandy wysp lub łańcucha górskiego, rowu oceanicznego lub rowu przedgórskiego... zależy wyłącznie od warunków geograficznych, panujących w okresie intensywnej działalności tektonicznej, szczególnie zaś u schyłku ostatnich epok nacisku w skorupie ziemskiej. Miąższość sialu i ilość materiału znoszonego z lądu są głównymi regulującymi czynnikami.“ A więc nigdy nie dojdzie do powstania gór typu alpejskiego na miejscu łuków indonezyjskich, nigdy — w obecnych warunkach geograficznych. W przyszłości, gdy zwiększy się miąższość sialu w tym obszarze, przy powtarzających się okresach nacisku dojdzie, być może, do wytworzenia się łańcucha górskiego z rozległym lądem na zapleczu i kontynentalnym rowem przedgórskim na przedpolu.

Stanowisko U m b g r o v e'a nie może być przyjęte bez zastrzeżeń i modyfikacji. O wnioskach płynących z jego rozważań będzie mowa w jednym z następnych rozdziałów.

Natomiast dlaczego łuk wulkaniczny powstaje po wewnętrznej stronie głębi pierwotnej, a nie na zewnątrz od niej, wyjaśnia U m b g r o v e w sposób zupełnie przekonujący.

Kulminacja fali skorupy ziemskiej, powstająca po wewnętrznej stronie wpuklenia, jest wyraźnie wyższa od kulminacji fali, powstającej po stronie zewnętrznej. Dzieje się tak dlatego, że korzeń sialu przenikający w głąb simy powoduje powstawanie prądów konwekcyjnych, biegnących na obie strony (rys. 10). Jednak prądy kierujące się do wewnątrz zbie-

gają się wachlarzowato i wypychają ku górze skorupę ziemską, powodując jej pękanie, intruzje i powstawanie wulkanów. Tego rodzaju nadmiaru magmy nie ma na zewnętrznej stronie wpuklonego pasa, gdzie magma rozchodzi się bez przeszkód. W ten sposób można wytłumaczyć fakt, dlaczego łuk wulkaniczny powstaje zawsze po wewnętrznej, a nigdy po zewnętrznej stronie łuku niewulkanicznego (zewnętrznego). Z chwilą zmniejszenia się nacisku bocznego zaczyna się proces przywracania równowagi izostaticznej i masy sialu, wtłoczone w pierw w głąb simy zaczął teraz fałdując się wypiętrzać ku górze. Tworzy się zewnętrzny łuk wysp niewulkanicznych (rys. 9, profil B). Jednocześnie po obu stronach łuku zewnętrznego powstają głębie. Jedna z takich głębów powstaje między łukiem wewnętrznym a zewnętrznym, a druga — na zewnątrz od łuku zewnętrznego. Widać z tego, że głębia brzeżna łuku podwójnego jest najzupełniej różna genetycznie od głębów brzeżnej łuku pojedynczego.

W dalszym stadium zaczyna się przejawiać topienie się korzeni sialu, co powoduje intruzje batolitów, wpuklanie się strefy I i w rezultacie pewne części zewnętrznej girlandy wysp zostają zalane przez morze (profil C). W zapadliskach tych gromadzą się osady morskie.

Następna epoka nacisku powoduje powtórne fałdowanie i wgniatanie mas sialu w strefie I, wzrost przejawów wulkanizmu w strefie II i fałdowanie się osadów w strefie III (profil D).

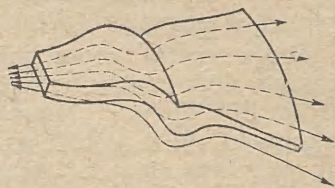
Z chwilą zmniejszenia się nacisku następuje powtórne izostaticzne wyniesienie strefy I, zmniejszenie się wulkanizmu strefy II i izostaticzne wynoszenie strefy III (profil E).

Fazy A—C w przypadku Indonezji mogą odpowiadać trzeciorzędowi, faza D — pleistocenowi, a faza E — holocenowi. Jako przykład dużej amplitudy ruchów w zewnętrznym łuku wysp może służyć znany fakt występowania plio-pleistocenów koralowych utworów (faza C) na Timorze i Ceramie na wysokości około 3 tys. m nad poziomem morza (faza E).

U m b g r o v e zajmuje się również wyjaśnieniem powstania wewnętrznych części geosynkliny (strefa III). Strefa ta położona jest w części fali skorupy ziemskiej, skierowanej w dół. Można w niej wyróżnić obszary wyniesione nad poziom morza (Jawa, Sumatra, Borneo) oraz obszary znajdujące się poniżej poziomu morza (głębina Flores). Przyczyny tego leżą według U m b g r o v e'a w ilości osadów gromadzących się w tych pogrążających się basenach.

Pierwszy rodzaj basenów, które U m b g r o v e nazywa idiogeosynklinami, są to baseny, w których prędkość gromadzenia się osadów przewyższa prędkość pogrążania. Z basenami tymi związane są indonezyjskie złoża naftowe.

Drugi rodzaj basenów nie jest dostatecznie wypełniany przez osady i stale pozostaje pokryty morzem.



Rys. 10. Gromadzenie się simy pod skorupą ziemską po wgiętej stronie łuku wysp i powstawanie wulkanizmu i plutonizmu łuku wewnętrznego (wg Umbgrove'a).

Należy zwrócić uwagę, że U m b g r o v e, chociaż przypisuje dużą rolę osadom przy tworzeniu się łuków wysp, to jednak uważa, że w geosynklinach, odwrotnie niż na platformach, większe znaczenie mają ruchy spowodowane przez czynniki wewnętrzne niż ruchy izostatyczne, wywołane akumulacją lub denudacją.

Przyczynami wewnętrznymi tłumaczy również J. U m b g r o v e rozkład dodatnich anomalii siły ciężkości. Anomalie dodatnie po obu stronach ujemnych anomalii spowodowane są według niego prądami skierowanymi w górę i na zewnątrz, wywołanymi przez wytłaczanie siły przy wgniataciu korzeni sialu. Większe anomalie grawitacyjne po wewnętrznej niż po zewnętrznej stronie łuku (rys. 8) tłumaczy U m b g r o v e w podobny sposób jak i powstawanie łuku wulkanicznego po wewnętrznej stronie ujemnej anomalii — wachlarzowatym schodzeniem się prądów simatycznych do wewnątrz łuków.

Wnioski powyższe odnoszą się do zachodniej części Indonezji. Część wschodnia nie wykazuje takiej regularności w rozkładzie elementów tektonicznych i morfologicznych. Poważne komplikacje wnoszą zagięcie ku zachodowi łuku ujemnych anomalii. Zaginają się również łuki wysp. W wyniku tego szczególnie zawiły węzeł utworzył się w rejonie Celebes — Halmaheira (rys. 8). Wtórne wygięcie się łuków ujemnych anomalii i łuków wysp ku Azji, w przeciwieństwie do innych łuków, spowodowane jest łącznym działaniem sił w miejscu największego zbliżenia Azji i Australii. Dokładne teoretyczne wyjaśnienie takiego, a nie innego rozkładu anomalii grawitacyjnych, wulkanów, łuków wysp i trzęsień ziemi w tym rejonie wymaga jeszcze dalszych, bardziej szczegółowych badań.

PORÓWNANIE GEOSYNKLIN WSPÓŁCZESNYCH (ŁUKÓW WYSP) Z GEOSYNKLINAMI UBIEGŁYCH OKRESÓW GEOLOGICZNYCH

Myśl, że archipelagi Wysp Sundajskich można uważać za góry *in statu nascendi*, pierwszy wypowiedział G. M o l e n g r a f f w 1913 r. Paralelizację indonezyjskich łuków wysp z dawnymi strefami orogenicznymi (geosynklinami) przeprowadzało wielu badaczy. Ostatnio problemem tym zajęli się J. U m b g r o v e i H. K u e n e n. Dla uniknięcia nieporozumień najlepiej wyjaśnić na początku, co będziemy nazywać geosynkliną. Za geosynkliny uważa się powszechnie wydłużone części powierzchni ziemi, które przeszły długie i znaczne pogażenie, a następnie zostały intensywnie pogażowane i wypiętrzone. Obszar Indonezji definicji tej odpowiada w zupełności.

Jeśli już mowa o porównywaniu geosynklin współczesnych i kopalnych, to należy zdać sobie sprawę z tego, że można porównywać jedynie geosynkliny w tych samych fazach rozwoju. Porównywanie różnych faz różnych synklin da oczywiście wyniki błędne. W jakiej fazie rozwoju znajduje się Archipelag Sundajski dzisiaj? Z samej tylko analizy batymetrycznej wynika, że morza w tej strefie są bardzo głębokie, takie, jakie bywają w kopalnych geosynklinach tylko w stadium przegłębienia (np. w doggerze reglowym Tatr). Jeśli tak, to można wnioskować, że główna faza ruchów górotwórczych w Indonezji dopiero nastąpi.

Wiemy już, że obszary Indonezji składają się z szeregu łuków wysp i głębokich depresji między nimi. Łuki wysp odpowiadają intrageantyklinom (kordylierom), a depresje — intrageosynklinom. J. U m b g r o v e i H. K u e n e n zajmują się jedynie klasyfikacją depresji.

Podział ten i analogie do elementów geosynklin kopalnych według tych autorów ilustruje zamieszczone niżej zestawienie.

Depresje współczesne	Depresje kopalne
A. Łuki wysp Indonezji wraz z depresjami.	A. Geosynklina złożona z szeregu intrageosynklin i intrageantyklin (np. geosynklina Alp).
B. Części tychże:	B. Części tychże:
I. Głębie	I. Rowy
1. Głębie brzeżne (np. głębia Timor).	1. Rowy brzeżne (rowy przedgórskie) (Saumtiefen, np. basen molasowy Alp, zagłębia paraliczne karbonu).
2. Głębie położone między łukami wysp (np. głębia jawańska).	2. Rowy (kotliny) śródgórskie (np. karbońskie zagłębie limniczne).
II. Baseny	II. Baseny
1. Baseny położone między rozgałęziającymi się łukami wysp (np. morze Celebes).	1. Baseny (masywy, jądra) śródgórskie (Innensenken, np. Nizina Pannońska).
2. Baseny zapadliskowe, niezgodne z przebiegiem łuków wysp (np. Zat. Bone przy Celebesie).	2. Baseny niezgodne (np. Basen Paryski, Moskiewski itp.).

Analogie powyższe nie są zupełne z tego względu, że porównuje się geosynkliny w różnych stadiach ich rozwoju. Nie można np. mówić o zupełnej analogii głębi Timor z górnośląskim zagłębiem paralicznym. W tym wypadku obie geosynkliny znajdują się w różnych stadiach rozwoju — jedna przed, a druga po orogenezie. Trafniejsze byłoby raczej porównanie z którąś z intrageosynklin wewnętrznych geosynkliny jurajskiej Alp.

Wspominaliśmy już powyżej o tym, że główną przyczynę tych rozbieżności widzi U m b g r o v e nie tyle w innej fazie rozwojowej, ile w odmiennych warunkach paleogeograficznych, w jakich powstawały góry w geosynklinie np. Alp, od tych, w jakich powstają góry w geosynklinie malajskiej. Istota rzeczy polega według niego na tym, że powłoka sialu w Indonezji jest cieńsza i z tego powodu procesy tektoniczne nie mogą doprowadzić do powstania gór i zakończenia cyklu diastroficznego. Wynika więc z tego, że łuki indonezyjskie znajdują się nie tylko w innym stadium rozwoju w obrębie jednego cyklu diastroficznego, lecz w ogóle w innym etapie rozwojowym, spowodowanym odmiennymi warunkami geograficznymi. Na czym różnica ta polega w istocie, wykażemy w następnym rozdziale.

ŁUKI WYSP A GENEZA OCEANÓW NA TLE OGÓLNEGO ROZWOJU TEKTONICZNEGO ZIEMI

Wiadomo jest z licznych badań grawimetrycznych, sejsmicznych, petrograficznych i z analizy krzywej hipsograficznej, że centralna część Pacyfiku zbudowana jest ze skał bazaltowo-perydotytowych, przykrytych niegrubą powłoką osadów. Jest to miejsce, gdzie prawie bezpośrednio do powierzchni litosfery dochodzi sima. Natomiast peryferyczne części Pacyfiku wykazują budowę zupełnie odmienną. Wulkany tych rejonów (rys. 11) wyrzucają lawę andezytową, bardziej kwaśną od lawy wulkanów hawajskich. Badania sejsmiczne wykazują zwykle dwoistość w budowie litosfery w tej strefie. Nad simą rozciąga się tutaj miejscami stosunkowo jeszcze niegruba powłoka sialu.

Linia, która oddziela dwa rejony o tak różnej budowie, jest to tzw. linia andezytowa.



Rys. 11. Prowincje petrograficzne Oceanu Spokojnego (wg Chabba, uproszczone).

W związku z tym można zauważyć fakt następujący: łuki wysp występują wyłącznie na zewnątrz od linii andezytowej, w peryferycznych częściach Pacyfiku. Ani jedną girlandę wysp nie występuje w centralnej, simatycznej części Pacyfiku. Na obszarze tym rozrzucone są jedynie nieznaczne archipelagi wysp (Wyspy Hawajskie, Tuamotu, Wyspy Towarzystwa itp.), które nie mają już kształtu łuków, lecz kształt linii prostych. Wyspom tym nie towarzyszą już głębie oceaniczne. Jasną jest rzeczą, że tego rodzaju wyspom nie można przypisywać genezy podobnej do genezy łuków wysp. Można by przypuszczać, że powstały one w związku z przecięciem kuli ziemskiej przez powierzchnię hypocentrów biegnącą zupełnie pionowo. Jednak na wyspach tych nie notowane są zupełnie trzęsienia ziemi, co wyklucza tę możliwość. Genezę ich (są to przeważnie wyspy wulkaniczne) wiąże się zwykle z wielkimi pęknięciami skorupy ziemskiej i związanym z tym wulkanizmem.

K u e n e n zauważył, że w podłożu łuków indonezyjskich występuje jeszcze podłoże sialiczne, że głębie i łuki wysp tworzą się na obszarach, które niegdyś były lądem. Według K u e n e n a żaden łuk wysp nie tworzy się bezpośrednio na podłożu simatycznym. Jest to twierdzenie ważne, które głęboko wkracza w podstawy teorii geosynklin.

Przyjmuje się powszechnie, że skorupa ziemska od zarania swych dziejów podlega ewolucji, która polega na wzroście platform kosztem geosynklin. W związku z tym istnieją dwie grupy poglądów.

Zwolennicy pierwszej grupy poglądów (H a u g, K o b e r, A r c h a n g i e l s k i, B i e ł o u s o w) uważają, że cała skorupa ziemska znajdowała się niegdyś w stadium geosynklinalnym. Na całej powierzchni ziemi rozciągała się „pangeosynklina”. Oceany były również geosynkliną, która już w prekambrze została usztywniona i przeobrażona w platformę. Według tej teorii oceany nie różnią się zasadniczo od kontynentów — jedno i drugie zbudowane są z platform i późniejszych geosynklin. Dno oceanów leży tylko na niższym poziomie hipsometrycznym. Jeśliby jednak tak było, to jak wytłumaczyć prawie zupełny brak sialu na dnie centralnej części Pacyfiku? W. B i e ł o u s o w sądzi, że stosunkowo późno, bo w czasie orogenezy alpejskiej, ląd rozpościerający się pierwotnie na miejscu Pacyfiku popękał i zapadł się, a intrudująca z głębi magma ultrazasadowa przetopiała i zasymilowała pierwotne granity sialu. Tak więc wg B i e ł o u s o w a sima Pacyfiku nie jest pierwotna, lecz wtórna.

Zwolennicy drugiej grupy poglądów uważają, że Pacyfik jest pierwotną strukturą skorupy ziemskiej (S t a u b, G u t e n b e r g, K o s s m a t, W e g e n e r, A r g a n d, M a z a r o w i c z, K r o p o t k i n, Z a w a r i c k i i inni). Badacze ci przyjmują, że sima Oceanu Spokojnego wraz z cienkim pokryciem sialu stanowi pierwotną skorupę ziemską, uległą grawitacyjnej dyferencjacji w okresie zastygania Ziemi. W wyniku tej dyferencjacji utworzyła się sztywna płyta bazaltowo-perydotytowa, o własnościach tektonicznych, przypominających platformy kontynentalne, oraz cienka powłoka pierwotnych granitów sialu. Pacyfik nie podlegał ruchom tektonicznym na poważniejszą skalę od zarania dziejów Ziemi. Nie było tu geosynklin ani tym bardziej platform. Obszar ten pokryty był stale morzem. Tu należy się spodziewać pełnej serii osadów poczynawszy od utworzenia się pierwotnej skorupy ziemskiej. Tu jest kolebka faun, rozprzestrzeniających się później do innych mórz.

Większość badaczy przychyła się obecnie do tej ostatniej teorii, różnią się jednak co do poglądów na następujące zagadnienie:

Jak wytłumaczyć obecne nierównomierne rozłożenie sialu? Czy sial jest pochodzenia pierwotnego (z dyferencjacji) i rozpościerał się na całej powierzchni Ziemi i dopiero później został rozbity na poszczególne części, czy też sial jest pochodzenia wtórnego (w stosunku do pierwotnej skorupy ziemskiej) i został utworzony dopiero później, w wyniku lokalnej dyferencjacji? Powstaje przy tym również zagadnienie, czy pierwotny sial złożony był ze skał kwaśnych czy zasadowych?

K. D a r w i n, a później W. P i c k e r i n g, podzielaający pierwszy pogląd, postawili hipotezę, że Pacyfik powstał w miejscu oderwania się Księżyca. W ten sposób powstać mogło miejsce nie przykryte powłoką sialu. Pogląd ten, choć w formie zmodyfikowanej, podziela rów-

niez U m b g r o v e. Zwolennicy epeiroforezy (W e g e n e r, du T o i t, S t a u b, G u t e n b e r g) nie zastanawiają się nad pochodzeniem pierwotnych kier sialowych podlegających później wędrówkom, lecz przyjmują ich obecność jako zjawisko pierwotne.

Zwolennikami drugiego poglądu są: L a w s o n — badacz łuków wysp, R i t t m a n oraz K r o p o t k i n i Z a w a r i c k i.

Według A. L a w s o n a, pierwotna skorupa ziemska składała się wyłącznie z simy — z bazaltów leżących na dunitach. Produkty niszczenia bazaltów składane w miejscach niższych, wzbogacone w krzemionkę, dały później początek granitom i sialowi.

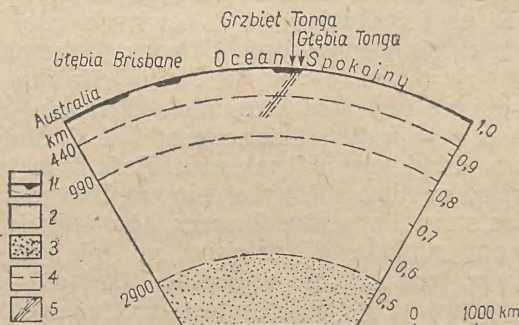
Z a w a r i c k i analizując wyniki dotychczasowych badań łuków wysp i teorii tektonicznych w ogóle doszedł do wniosku, że zasadniczym błędem wszelkiego rodzaju konstrukcji tektonicznych jest operowanie zjawiskami, zachodzącymi na zbyt płytkich głębokościach. Tymczasem, jak wynika z analizy głębokich trzęsień ziemi, przyczyny zjawisk tektonicznych, obserwowanych na powierzchni, tkwią głęboko w Ziemi, znacznie głębiej, niż to było zakładane przez wszystkich dotychczasowych badaczy. Co to za zjawiska odbywają się w głębi Ziemi, na razie nie wiemy. Im jednak zawdzięczamy efekty widoczne na powierzchni.

Opierając się na tych założeniach Z a w a r i c k i e g o oraz wyzykując teorię L a w s o n a - R i t t m a n a, P. K r o p o t k i n (1950 r.) stworzył nową teorię wyjaśniającą genezę oceanów, kontynentów i łuków wysp. Będąc zwolennikiem permanencji i pierwotności struktury Pacyfiku przyjmuje on, podobnie jak L a w s o n i R i t t m a n, że pierwotną skorupą ziemską była sima bazaltowo-perydotytowa z cienką tylko pokrywą granitowego sialu. W prekambrze nie cała skorupa ziemska została pofałdowana i usztywniona. „Płyty oceaniczne“ nigdy nie były lądem. Obszary te reagowały na ruchy górotwórcze jedynie przez tworzenie „zmarszczek“ — niewielkich przegięć skorupy ziemskiej, widocznych w reliefie dna na głębokości 3,5 — 6,0 km, o amplitudzie 0,1 — 1,0 km i długości 5—50 km.

Platformy kontynentalne nie są więc pierwotnym, lecz wtórnym elementem skorupy ziemskiej, powstałym drogą lokalnej dyferencjacji pierwotnej skorupy ziemskiej typu zasadowego. Dyferencjacja ta spowodowana jest według K r o p o t k i n a pęknięciami związanymi z powierzchniami głębokich hypocentrów. Do wniosku tego prowadzi fakt, że na Pacyfiku linie przecięcia się powierzchni hypocentrów z powierzchnią ziemi przebiegają w pobliżu łuków wysp. Przy tych zaś łukach grupują się granitowo-bazaltowe skupiska sialu (rys. 12). Widać więc z tego, że tworzenie się sialu powodowane było procesami dyferencjacji ultrazasadowego podłoża i wyciskaniem łatwo topliwych granitowych i bazaltowych stopów do powierzchni Ziemi wzdłuż głębokich pęknięć. W ten sposób wytworzyły się masy sialu podatne na późniejsze fałdowania. Wzdłuż głębokich pęknięć tworzyły się rowy oceaniczne — pierwsze geosynkliny. W ten sposób zaczął się proces tworzenia się gór i przeobrażania geosynklin w platformy.

Różnica w poglądach U m b g r o v e' a i K r o p o t k i n a odnośnie głębokich pęknięć skorupy ziemskiej i głębokich trzęsień ziemi polega na tym, że U m b g r o v e uważa, że pęknięcia tworzą się tam, gdzie

stykają się ze sobą siał i sima (łuki pojedyncze) lub siał o różnej grubości (łuki podwójne), K r o p o t k i n zaś za główną przyczynę obecności siału przy daleko w głąb Pacyfiku wysuniętych łukach wysp uważa obecność głębokich powierzchni pęknięć i głębokich trzęsień ziemi.



Rys. 12. Profil przez południowo-zachodnią część Oceanu Spokojnego z wąskimi strefami siału wzdłuż łuków wysp, związanych z głębokimi pęknięciami (wg Kropotkina, uproszczone). 1. litosfera — granitowo-osadowy siał, wraz ze strefą bazaltową; 2. barysfera — (podłoże peridotytowe — sima); 3. jądro Ziemi; 4. poziomy, na których prędkość fal sejsmicznych zmienia się raptownie; 5. strefy o aktywnej sejsmicie — dzisiejsze głębokie pęknięcia.

Na podstawie tych rozważań można sobie wyrobić następujący pogląd na rozwój tektoniczny Ziemi i rolę łuków wysp przy tym procesie. W prekambrze powstawać zaczęły w pewnych częściach Ziemi łuki wysp, dające początek geosynkinalnej fazie jej rozwoju. Z czasem z geosynklin tych powstały pierwsze platformy. Proces wzrostu platform kosztem geosynklin trwa do dzisiaj. Łuki pojedyncze U m b g r o v e'a uważa należy za najpierwotniejszy rodzaj łuków wysp, jakie powstawały na Ziemi wprost na pierwotnej simatycznej skorupie ziemskiej jeszcze w prekambrze. Pacyfik i, być może, część Oceanu Indyjskiego, stanowi relikտ pierwotnej skorupy ziemskiej, która zanika stopniowo, wciągana w rytm geosynkinalnego rozwoju Ziemi. Podwójne łuki wysp U m b g r o v e'a stanowią dalsze stadium, mogące powstać w odmiennych warunkach geograficznych wtedy, gdy już na simie utworzyła się dostatecznie gruba pokrywa siału.

Z rozważań tych wynika, że Ziemia w swym rozwoju tektonicznym nieuchronnie zdąża do zlikwidowania oceanicznych relikտów pierwotnej skorupy ziemskiej oraz geosynklin i do utworzenia „panplatformy“.

Istnieją jednak dowody, że proces ten nie zostanie doprowadzony do końca.

S. B u b n o f f zauważył słusznie, że z teorii geosynklin wynika, iż powinny one powstawać jako elementy pierwotne z przekształcania pierwotnej skorupy ziemskiej. Tymczasem jednak A. P i e j w i e i W. S i r i c y n zauważyli, że geosynkliny w ciągu dziejów Ziemi nie powstawały w miejscach, gdzie była jedynie pierwotna skorupa ziem-

ska. W wielu wypadkach w korzeniach gór znajdują się wielkie masy skał prekambryjskich, intensywnie pofałdowanych, intrudowanych i usztywnionych, o wielkich cechach platform (np. Plateau Central, Wogezy, Masyw Czeski i inne). Z faktu tego badacze ci wysnuli wniosek, że w historii Ziemi w prekambrze istniał etap przedgeosynklinalny, etap, w którym w specjalnych warunkach utworzyła się pierwotna „panplatforma”. Dopiero na tej platformie w pewnych miejscach tworzą się w ściśle określonym czasie geosynkliny. Utwory prekambryjskie na platformach i w korzeniach gór są resztką tej „panplatformy”.

Pogląd ten nie da się zapewne utrzymać, gdyż znane są typowe osady geosynklinalne z prekambriu Fennoskandii i Kanady, co zaprzecza rzekomemu stadium przedgeosynklinalnemu. Poza tym teoria ta nie tłumaczy wielu zjawisk, a między innymi niewątpliwego powstawania łuków wysp wprost z simy Pacyfiku. Zwraca ona jednak uwagę na fakt, że geosynkliny mogą powstawać czasami na miejscu platform, gdyż w przeciwnym razie trudno jest wyjaśnić obecność prekambryjskich usztywnionych masywów w jądrach i wewnątrz łańcuchów górskich.

Na zjawisko to zwrócił już wcześniej (1924 r.) uwagę A. G r a b a u, który na podstawie obserwacji poczynionych w Chinach doszedł do wniosku, że mezozoiczne geosynkliny Chin powstały z rozpadu i uaktywnienia starej platformy. Być może, że zjawisko to miało również miejsce już dawniej, w okresie kaledońskim i hercyńskim. Jeśli tak istotnie było, to byłby to proces, który następowałby po etapie geosynklin i platform. Jeżeli przyjąć tezę A. G r a b a u o powstawaniu wtórnych geosynklin na miejscu platform, to obecnie na Ziemi można by wyróżnić cztery wielkie jednostki strukturalne, istniejące obok siebie, lecz historycznie różnowiekowe:

- 1) pozostałość po pierwotnej, simatycznej skorupie ziemskiej w postaci płyty Pacyfiku,
- 2) geosynkliny pierwotne różnego wieku, powstałe wprost z pierwotnej, simatycznej skorupy ziemskiej,
- 3) platformy różnego wieku,
- 4) geosynkliny wtórne różnego wieku.

*

Z przytoczonych rozważań widoczne jest, jak dużo płodnych myśli wniosły badania łuków wysp do teorii rozwoju tektonicznego Ziemi.

Sama geneza łuków wysp nie jest jeszcze dostatecznie wyjaśniona. Z a w a r i c k i zwrócił ostatnio uwagę na potrzebę szczególnych i systematycznych badań, prowadzonych najnowocześniejszymi metodami. Na szczególną uwagę zasługuje analiza głębokich trzęsień ziemi. Dalsze badanie łuków wysp przyczyni się na pewno do lepszego zrozumienia budowy i rozwoju tektonicznego Ziemi.

W roku bieżącym przypada 50 rocznica ogłoszenia przez Einsteina trzech prac, które okazały się przełomowymi w rozwoju fizyki. Dla uczczenia tej rocznicy Niemieckie Towarzystwo Fizyczne zorganizowało uroczystą sesję naukową z udziałem licznych fizyków zagranicznych. Wrażenia z sesji, pióra jednego z polskich delegatów — prof. Lorii, zamieszczamy poniżej.

Zaledwie miesiąc po tej sesji cały świat został poruszony smutną wiadomością: Einstein nie żyje. Zmarł wielki uczoney, który całe swe życie poświęcił tak owocnej służbie dla nauki, człowiek przepojony jak najgłębszym humanitaryzmem, walczący bezustannie w obronie wolności nauki, wolności sumienia, o wykorzystywanie osiągnięć nauki dla dobra ludzkości.

Dla uczczenia pamięci Einsteina odbyło się 19.V. br. w Instytucie Fizyki PAN uroczyste posiedzenie Prezydium Polskiej Akademii Nauk, Instytutu Fizyki PAN oraz Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Krótkie sprawozdanie z tego posiedzenia zamieszczamy na str. 269. Obszerniejsze artykuły poświęcone życiu i dziełu Einsteina ukążą się w następnych numerach „Kosmosu B”.

•
Redakcja

PIĘĆDZIESIĘCIOLECIE NAUKOWEJ TWÓRCZOŚCI ALBERTA EINSTEINA

(Sprawozdanie z uroczystej sesji obu bratnich oddziałów
Niemieckiego Towarzystwa Fizycznego w Berlinie
dn. 18 i 19 marca 1955 r.)

W dniach 18 i 19 marca br. odbyły się w Berlinie wschodnim i zachodnim dwa wspólne posiedzenia Niemieckiego Towarzystwa Fizycznego (Deutsche Physikalische Gesellschaft), istniejącego obecnie w dwóch niezależnych od siebie oddziałach. Były one poświęcone uczczeniu niezwykle zaiste rocznicy: oto w r. 1905 w miesiącach czerwcu (9), lipcu (18) i wrześniu (26) w 17 tomie czasopisma *Annalen der Physik* ukazały się trzy rozprawy zupełnie podówczas jeszcze nie znanego autora Alberta Einsteina. Miał on wtedy zaledwie 26 lat, był niedawno promowanym doktorem filozofii, zajmował w Bernie Szwajcarskim skromne stanowisko urzędnika biura patentowego... i był — jak to w późniejszych latach niejednokrotnie wspominał — bardzo zadowolony ze swego losu. Miał bowiem stosunkowo wiele wolnego czasu na rozmyślania nad podstawowymi problemami fizyki. Owocem tych rozmyślań były wspomniane rozprawy. Rzucone w nich genialne myśli zawierały już nieomal pełny program ogromu pracy całego jego życia i wytyczyły drogę, którą kroczyła nowoczesna fizyka w ciągu ubiegłego 50-lecia.

Program uroczystości obejmował dwa wykłady.

Pierwszy odbył się dnia 18 marca w Berlinie zachodnim w sali wykładowej Politechniki w Charlottenburgu. Wykładowcą był prof. Max Born, który niedawno powrócił do Niemiec z Wielkiej Brytanii, gdzie spędził 20-letni okres emigracji wojennej jako profesor fizyki teoretycznej na katedrze „Tait-Chaire of Natural Philosophy” uniwersytetu w Edynburgu. M. Born (ur. w r. 1882) należy do tej generacji fizyków, którzy uczestniczyli w rozwoju fizyki współczesnej przez całe ostat-

nie 50-lecie. Z Einsteinem łączyły go węzły przyjaźni osobistej, zadzierzgnięte jeszcze w r. 1908. Przyjaźń ta, oparta na głębokim wzajemnym zrozumieniu, szacunku i sympatii, podtrzymywana częstymi spotkaniami i długoletnią korespondencją, przetrwała wszystkie okresy rozłąki w tych burzliwych czasach dwóch wielkich wojen — pomimo dość poważnych nieraz różnic w poglądach na zasadnicze sprawy naukowe.

Prof. B o r n wprowadził przed 28 laty tzw. probabilistyczną interpretację funkcji falowej Schrödingera, która przyczyniła się bardzo skutecznie do unaocznienia sensu fizycznego abstrakcyjnych metod mechaniki kwantowej, a przez to spopularyzowała je, zbliżyła do praktyki i przyspieszyła jej postęp. Za to przyznano mu połowę nagrody Nobla w dziale fizyki za r. 1954. Był on istotnie najodpowiedniej dobranym prelegentem na to uroczyste zebranie. W głęboko ujętym, bardzo treściwym wykładzie, świadczącym o suwerennym opanowaniu całości przedmiotu, omówił Born tę część wielkiego dzieła Einsteina, która dotyczyła jego udziału w rozwoju teorii kwantów. Tytuł wykładu określał jasno zasięg jego treści; brzmiał on: *Einstein und die Lichtquanten*. Prelegent nawiązał do pierwszej rozprawy z r. 1905 pt. *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt*.

Na wstępie przypomniał genezę hipotezy o kwantowym charakterze procesów emisji i absorpcji promieniowania, która doprowadziła P l a n c k a do półempirycznej, interpolacyjnej formuły na rozkład energii w widmie promieniowania temperaturowego, zrównoważonego. Została ona uzyskana przez porzucenie klasycznego założenia o ekwipartycji energii i ostrożne, nie bez wahania dokonane, sformułowanie myśli o nieciągłym, kwantowym charakterze wymiany energii.

Na tym tle wystąpiło jasno doniosłe znaczenie Einsteinowskiej korpuskularnej koncepcji „kwantu światła“, czyli „fotonu“ (G. N. L e w i s). Koncepcja ta stanowiła już odważny krok, prowadzący daleko poza granice ostrożnego sformułowania Plancka. Einstein uzasadnił jej wartość heurystyczną tym, że zdaje ona sprawę z prawidłowości zjawisk luminescencji, wyrażonych prawem Stokesa, oraz fotoelektrycznej emisji elektronów z metalu, która odbywa się według praw odkrytych przez L e n a r d a (1902). W interpretacji Einsteinowskiej prawa te można wyrazić w niezwykle prostej i sugestywnej postaci, nadającej się szczególnie dobrze do weryfikacji doświadczalnej (Millikan, 1916) oraz do wyznaczenia dokładnej wartości Planckowskiej stałej h .

Dociekania Einsteina zamieszczone w pierwszej rozprawie z r. 1905 zawierały już nie tylko ideę przewodnią, lecz również plan oraz metodę dalszej rozbudowy kwantowej teorii promieniowania. Miała ona doprowadzić na drodze teoretycznej przez konsekwentne zastosowanie statystycznych rozważań do zgodnej z wynikami doświadczenia Planckowskiej formuły na rozkład energii w widmie promieniowania zrównoważonego.

Przez następnych lat 20 koncentrowały się myśli Einsteina uparcie i przenikliwie na takich problematach, jak fluktuacje energii w polu promieniowania, mechanizm procesów kierunkowej emisji i absorpcji fotonu, odrzut cząstki emitującej foton o pędzie $h\nu/c$, przeniesienie tego pędu na cząstkę absorbującą itp. Każdy fizyk zna te późniejsze prace Einsteina z lat 1917, 1924, 1925, które są już dzisiaj tylko niejako pamiątkowymi słupami milowymi na stromej a przepięknie prostej drodze wiodącej do pierwszej statystyki kwantowej, związanej z nazwiskami Einsteina i Bosego. W głęboko ujętym, pięknym wykładzie wiódł Born słuchaczy poprzez całą historię rozwoju mechaniki kwantowej, wskazując umiejęt-

nie i dyskretnie ślady twórczych impulsów, pochodzących od Einsteina. Jednym z najważniejszych etapów tego rozwoju był ten, w którym zjednoczyły się dwa główne nurty myśli Einsteinowskiej: specjalna teoria względności i korpuskularna teoria kwantów. Dalsze ślady wpływu Einsteina na rozwój współczesnej fizyki prowadzą więc poprzez teorię zjawiska Comptona, teorię fal Louis de Broglie'a, mechanikę falową Schrödingera wraz z Bornowską interpretacją funkcji falowej — aż do relatywistycznego równania Diraca i jego rozlicznych konsekwencji.

Drugie posiedzenie odbyło się w Berlinie wschodnim. Uczestnicy zebrali się w budynku Niemieckiej Akademii Nauk w odświeżonej udekorowanej sali, która może pomieścić około 200 osób. Okazało się jednak, że liczba obecnych jest co najmniej dwa razy większa. Zebrani musieli więc przejść do niedaleko położonego budynku uniwersytetu, do dużej sali matematycznej, którą wypełnili po brzegi.

Mówił profesor Uniwersytetu Warszawskiego dr Leopold Infeld, długoletni współpracownik Einsteina, jeden z najlepszych dzisiaj znawców teorii względności. W jasnym, świetnie zbudowanym wykładzie, zatytułowanym *Die Geschichte der Relativitätstheorie* przypominał pokrótce dwa podstawowe postulaty oraz główne wnioski tzw. teorii względności szczególnej, wyłożonej w dwóch publikacjach Einsteina z 1905 r. (17 i 18 t. *Annalen der Physik*). Wspominał przy tej sposobności, że prawdopodobnie pierwszym, który ocenił trafnie ich autora oraz wagę i zasięg jego nowych, rewolucyjnych myśli — był August Witkowski prof. UJ. Po przeczytaniu rozprawy Einsteina zatytułowanej skromnie *Zur Elektrodynamik bewegter Körper* powiedział już w roku 1905, że autor tej pracy okaże się może w przyszłości drugim Kopernikiem.

Omawiając rozliczne zastosowania tej teorii podkreślił Infeld, że do jej triumfów należą nie tylko: doświadczalna weryfikacja zależności masy ciała od jego prędkości, zmiana rytmu chodu zegara podczas ruchu, zależność czasu życia mezonów od ich prędkości, stwierdzenie istnienia fal Broglie'a, ale także nowy wynik nie opublikowanej jeszcze pracy młodego fizyka polskiego Józefa Werlego. Pokazał on, że z relatywistycznych równań ruchu dla nukleonów w skalarnym lub pseudoskalarnym polu mezonowym wynika możliwość istnienia siły odpychającej, która działa między dwoma nukleonami, znajdującymi się w bardzo małej od siebie odległości.

Ważniejszym dla nauki i dla przyszłej historii ludzkości okazał się ten wniosek mechaniki relatywistycznej, który wyraża się w słynnym twierdzeniu Einsteina o związku między masą ciała a całkowitym zasobem jego energii. Twierdzenie to mówi, że zmiana całkowitego zasobu energii ciała o E dźwuli wywoła przyrost (albo ubytek) jego masy o $E/9 \cdot 10^{20}$ kg. Opierając się na tej zależności orzekł Einstein już w r. 1905 (*Annalen der Physik* t. 18), że użytkowanie energii zawartej w jądrze atomu powinno być w zasadzie możliwe.

Czterdzieści lat później poznała ludzkość tragiczny dowód słuszności tego twierdzenia. Dowodem był niestety wybuch pierwszej bomby atomowej w Hiroszimie. Dzisiaj nie ulega już dla nikogo żadnej wątpliwości, że dowód ten mógł być już wtedy zademonstrowany w innej formie. Stało się to jednak dopiero 10 lat później z inicjatywy ZSRR. Pierwszym, który natychmiast i głośno zaprotestował przeciw zbrodniczemu użytkowaniu zdobyczy nauki — był A. Einstein. Infeld podkreślił z naciskiem historyczne znaczenie faktu, że właśnie w ZSRR zbudowano pierwszą eksperymentalną elektrownię atomową i wykazano w ten sposób ekonomiczną możliwość realizacji takiego użytkowania energii jądrowej, jakie odpowia-

dało humanitarnym wyłącznie intencjom tego, który pierwszy zrozumiał i uzasadnił możliwość jej ujarzżenia.

Obszerniej zajął się Infeld analizą treści ogólnej teorii względności, którą Einstein stworzył w latach 1911—1916. Doprowadziła ona, jak wiadomo, do nowej teorii grawitacji, która pozwoliła przewidzieć i wytłumaczyć zjawiska takie, jak ruch perihelium Merkurego, wpływ pola grawitacyjnego Słońca na rozchodzenie się światła oraz przesunięcie słonecznych linii widmowych ku czerwieni. Wszystkie te efekty zostały potem stwierdzone w wynikach obserwacji podejmowanych wielokrotnie w tym celu. Ich istnienia nie można było wydedukować z równań klasycznej Newtonowskiej mechaniki.

Piękny wykład Infelda zawierał wiele cennych uwag na tematy, które były przedmiotem długoletnich i trudnych badań Einsteina w okresie późniejszym, od 1916 do 1938 r. Ich wynikiem było m. in. wyprowadzenie z równań ogólnej teorii względności poprawnych równań ruchu dla gwiazd „podwójnych“. Zostało ono dokonane (1938) po raz pierwszy w historii nauki z przybliżeniem idącym dalej niż Newtonowskie.

Myślą przewodnią wieloletnich dociekań Einsteina było stworzenie jednolitej teorii względności, która by się opierała wyłącznie na równaniach pola i pozwalała z nich wydedukować równania ruchu ciał niebieskich, działających na siebie w tym polu. Dociekaniami tym poświęcił Einstein 35 lat swego pracowitego życia. Pierwsze zarysy tej jednolitej teorii sformułował on w r. 1950.

Przy końcu swego referatu zwrócił Infeld uwagę na znamieny fakt, że ogólna teoria względności, która istnieje już lat 40, jest dzisiaj jeszcze żywotna. Jakkolwiek szybki rozwój doświadczalnej i matematycznej fizyki w pierwszej połowie XX stulecia przesunął zainteresowania większości badaczy ku innym, łatwiej dostępnym, praktycznie ważnym, a mniej abstrakcyjnym problemom — ukazują się jeszcze dzisiaj nowe i ważne prace w tej dziedzinie. Dotyczy to przede wszystkim interpretacji podstawowych pojęć, którymi się teoria ta posługuje, oraz postulatów, na których się opiera. Einstein uznaje za najistotniejszą podstawę swej teorii ważność postulatu ogólnej zasady względności (tzn. że wszystkie transformacje są dopuszczalne) i dąży do sformułowania równań pola grawitacyjnego, identycznego z polem metrycznym.

Infeld broni w dyskusjach tego stanowiska autora teorii i usiłuje je poprzeć nowymi argumentami, ale ze względu na uroczysty charakter berlińskiej prelekcji ograniczył się tylko do stwierdzenia tego faktu, unikając polemicznej dyskusji.

Wykład został przyjęty owacyjnymi oklaskami. Były one wyrazem istotnego, a nie tylko grzecznościowego uznania. Uwaga jednego z gospodarzy rzuca miłe światło na genezę tego spontanicznego odruchu słuchaczy. Powiedział on piszącemu ten referat: „Było widoczne, że Infeld rozumie znakomicie Einsteina oraz że go kocha“.

Stanisław Loria

W HOŁDZIE EINSTEINOWI

18 kwietnia 1955 r. zmarł w Princeton Albert E i n s t e i n. Dla uczczenia jego pamięci odbyło się 19.V. br. uroczyste posiedzenie Prezydium Polskiej Akademii Nauk, Instytutu Fizyki PAN oraz Polskiego Towarzystwa Fizycznego. W posiedzeniu wzięli udział liczni fizycy i przedstawiciele pokrewnych dziedzin nauki z całego kraju. Otwarcia posiedzenia dokonał Sekretarz Wydziału III Polskiej Akademii Nauk prof. M. Ś m i a ł o w s k i, a referaty o życiu i działalności E i n s t e i n a wygłosili: prof. J. W e y s s e n h o f f, prof. L. I n f e l d oraz prof. S. L o r i a.

Prof. W e y s s e n h o f f, nawiązując do 50 rocznicy ogłoszenia przez E i n s t e i n a jego trzech epokowych prac poświęconych szczególnej teorii względności, teorii ruchów Browna i zjawisku fotoelektrycznemu, omówił pokrótce całą działalność naukową wielkiego uczonego — działalność, której kierunek został wytyczony przez te właśnie trzy prace ogłoszone w 1905 roku. Główną uwagę poświęcił prof. W e y s s e n h o f f teorii ruchów Browna opracowanej przez E i n s t e i n a i jednocześnie niezależnie przez polskiego fizyka Mariana S m o l u c h o w s k i e g o. W żywym referacie uzupełnianym wspomnieniami osobistych kontaktów ze Zmarłym prof. W e y s s e n h o f f w interesujący sposób przedstawił warunki, w jakich powstawała teoria względności, a także i późniejsze prace E i n s t e i n a — próby stworzenia unitarnej teorii pola.

W pięknym głęboko ujętym referacie prof. I n f e l d — długoletni współpracownik E i n s t e i n a — przedstawił zebrany historię teorii względności, jej rozwój i osiągnięcia. Szczególna teoria względności jest dziś znana dobrze wszystkim fizykom; wkracza ona nawet do techniki. Prof. I n f e l d zwrócił jednak uwagę, że jej sukcesy to nie tylko znane powszechnie przepowiedzenie możliwości wyzwolenia energii jądrowej — faktu, którego realizacja wstrząsnęła światem i zrewolucjonizowała naukę; sukcesów teorii względności należy szukać nie tylko w zależności masy od prędkości, zmiany rytmu poruszającego się zegara czy też zależności czasu życia mezonów od ich prędkości, bowiem dwa największe triumfy fizyki XX wieku w przepowiadaniu pewnych zjawisk — fal de Broglie'a i pozytonów — są ściśle związane z teorią względności. Ostatnio także na terenie mezodynamiki teoria względności odnosi nowe sukcesy.

Ze względu na dorobek myśli ludzkiej większe znaczenie niż szczególna teoria względności — mówił prof. I n f e l d — ma ogólna teoria względności, dająca przepiękną, głęboką i logicznie zwartą teorię grawitacji. Teoria ta przewiduje zgodnie z doświadczeniem ruch perihelionowy Merkurego i innych planet, wobec którego mechanika klasyczna była zupełnie bezradna, a doświadczenie potwierdzenie uginania się promieni świetlnych w polu grawitacyjnym 8 lat po przepowiedzeniu tego zjawiska przez E i n s t e i n a uczyniło go najśłynniejszym człowiekiem na świecie. Ogólna teoria względności została wprawdzie ukończona w 1916 roku, jednak w r. 1938 został uczyniony nowy istotny krok w jej rozwoju. Dwa postulaty, na których opierała się ogólna teoria względności — równania pola i równania

ruchu — zostały sprowadzone do jednego. Równania ruchu, jak wykazał E i n s t e i n z I n f e l d e m, wynikają z równań pola.

Na zakończenie nawiązując do odkrytej przez E i n s t e i n a zasady równoważności masy i energii, która dała początek erze atomowej, prof. I n f e l d przypomniał o nieustannej walce genialnego uczonego o wykorzystanie osiągnięć nauki dla dobra ludzkości, o utrzymanie pokoju na świecie.

Prof. L o r i a mówił w swym referacie o udziale E i n s t e i n a w rozwoju fizyki kwantowej. E i n s t e i n był tym, który ośmielił się pozornie zignorować falowe własności światła i przez wprowadzenie pojęcia kwantu światła powrócić do korpuskularnej teorii, całkowicie odrzuconej od czasów Y o u n g a i F r e s n e l a. Przy pomocy niezwykle prostego prawa, wspierał potwierdzonego doświadczeniami M i l l i k a n a, potrafił E i n s t e i n wyjaśnić zjawisko fotoelektryczne. Dobrze znane są także jego osiągnięcia w teorii promieniowania, badania fluktuacji promieniowania ciała czarnego w poszukiwaniu źródeł prawa Plancka, które w 1925 roku, pod wpływem pracy hinduskiego fizyka B o s e g o, uwieńczone zostały opracowaniem pierwszej statystyki kwantowej — statystyki Bosego-Einsteina. Cały bogaty wkład E i n s t e i n a do rozwoju fizyki kwantowej znalazł swe odbicie w pięknym referacie prof. L o r i i przeplatany wspomnieniami osobistych kontaktów ze zmarłym uczonym.

Czas trwania referatów nie pozwolił na przedstawienie w nich w wyczerpujący sposób całego ogromnego wkładu E i n s t e i n a do rozwoju nauki. Niemniej jednak głęboka ich treść, opracowana przez jak najbardziej odpowiednich wykładców, pozwoliła uczestnikom posiedzenia właściwą miarą ocenić genialne dzieło E i n s t e i n a i jego prace, które wytyczyły drogi rozwoju fizyki XX wieku.

Włodzimierz Kołos

V OGÓLNOPOLSKI ZJAZD GEOGRAFICZNY

W dniach 4—7 września 1954 r. odbył się w Lublinie V Ogólnopolski Zjazd Polskiego Towarzystwa Geograficznego. Ze względu na przypadającą 10-tą rocznicę Polski Ludowej przybrał on szczególnie uroczysty charakter, podejmując zadanie podsumowania dorobku polskiej geografii w okresie ostatniego dziesięciolecia.

Na zjeździe, na który przybyło ponad 400 członków Towarzystwa Geograficznego, wygłoszono następujące referaty: S. Leszczycki *Dorobek geografii polskiej i drogi jej rozwoju w Polsce Ludowej*, M. Klimaszewski *Rzecz o geografii fizycznej w okresie 10-lecia Polski Ludowej*, J. Kostrowicki *Rzecz o geografii ekonomicznej w minionym 10-leciu*, R. Galon *Polskie Towarzystwo Geograficzne w latach 1945—1954*; ponadto wygłoszono szereg referatów związanych z zagadnieniami Wyżyny Lubelskiej, z geografiami Lublina, z Pojezierzem Łęczycko-włodawskim i innymi problemami geograficznymi województwa lubelskiego, a przede wszystkim: *Rzeźba Wyżyny Lubelskiej* (A. Jahn), *Charakterystyka gospodarcza woj. lubelskiego* (F. Uhorzak).

Prof. S. Leszczycki przedstawił dorobek polskiej geografii w 10-leciu Polski Ludowej podkreślając znaczenie działalności Polskiego Towarzystwa Geograficznego, które już w 1945 r. wznowiło swą działalność w oddziałach warszawskim, krakowskim i lubelskim, później w innych ośrodkach uniwersyteckich oraz w Szczecinie, Gdańsku, w Częstochowie i Stalinogrodzie. Na pierwszym powojennym zjeździe polskich geografów, który odbył się w r. 1946 we Wrocławiu, wysunięto postulat zjednoczenia sił polskich geografów, co doprowadziło do powołania jednego tylko Towarzystwa Geograficznego w miejsce czterech istniejących przed wojną.

Od zjazdu wrocławskiego Polskie Towarzystwo Geograficzne zaczęło odgrywać czołową rolę w rozwoju polskiej geografii, stając się instytucją koordynującą i wytyczającą nowe drogi polskiej geografii.

Dalszym etapem rozwoju geografii polskiej był zjazd Polskiego Towarzystwa Geograficznego w Gdańsku w r. 1949. Na zjeździe tym podkreślono konieczność powiązania geografii z potrzebami życia oraz oparcia prac i badań geograficznych na nowoczesnej naukowej metodologii.

Ważnym etapem w dalszym rozwoju geografii były prace związane z I-szym Kongresem Nauki Polskiej. Wygłoszony referat Podsekcji Geografii stał się podstawą dla dalszych prac geograficznych w Polsce. Od r. 1951 rozpoczęto organizować problemowe konferencje poświęcone najważniejszym zagadnieniom geograficznym. W ciągu 4 lat (1951—1954) odbyło się 28 takich konferencji, w których ustalono stan badań nad danym zagadnieniem w Polsce i za granicą oraz najważniejsze zadania na najbliższą przyszłość.

Od 1952 r. akcję koordynującą w zakresie planu badań, wydawnictw, konferencji i zjazdów przejął Komitet Geograficzny powołany przy Polskiej Akademii Nauk. Realizacja jednak ustalonego planu wykonywana była nadal wspólnie z Polskim Towarzystwem Geograficznym.

Po przedstawieniu wyników badań w poszczególnych dziedzinach geografii przemówienie swe zakończył prof. S. L e s z c z y c k i stwierdzeniem, że dorobek naukowy polskiej geografii w pierwszym dziesięcioleciu powojennym przewyższa dorobek całego okresu międzywojennego. Związane jest to z warunkami, jakie geografii polskiej dała Polska Ludowa, stwarzając dla jej rozwoju niezmiernie pomyślne perspektywy.

W czasie zjazdu otwarta została wystawa geograficzna obejmująca działy: mapę użytkowania ziemi w Polsce, mapę morfologiczną Polski, mapę hydrograficzną Polski, mapę atlasu regionalnego woj. lubelskiego oraz wydawnictwa kartograficzne z okresu powojennego dziesięciolecia.

W ramach zjazdu odbyła się dwudniowa wycieczka naukowa na Roztocze zachodnie i środkowe. Specjalnym pociągiem z wagonami restauracyjnymi i miejscami sypialnymi udali się geografowie w okolice Szczepieszyna, Zwierzyńca, Długiego Kąta, Suśca oraz w rejon górnej Tanwi i górnego Sopotu. Uczestnicy zjazdu otrzymali obszerny, starannie wydany i licznymi mapkami i rysunkami zaopatrzony *Przewodnik V Ogólnopolskiego Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geograficznego* z pracami A. C h a ł u b i ń s k i e j i T. W i l g a t a (podział fizjograficzny woj. lubelskiego), A. J a h n a (zarys morfologii Wyżyny Lubelskiej), K. i T. W i l g a t ó w (położenie i rozwój Lublina) oraz z przewodnikiem wycieczki po Roztoczu.

Walne zgromadzenie delegatów PTG nadało w dniu 9 września 1954 r. godność członka honorowego prof. S. L e s z c z y c k i e m u za zasługi dla rozwoju polskiej geografii; godność członków honorowych Towarzystwa nadano również geografom radzieckim M. B a r a ń s k i e m u i S. K a l e s n i k o w i.

Kazimierz Maślankiewicz

Wojciech Rubinowicz: *Kwantowa teoria atomu*, PWN, Warszawa 1954, stron 432, cena 33,75 zł.

Minęło już 50 lat od odkrycia Plancka. Przez 50 lat trwa zwycięski pochód idei teorii kwantów, początkowo starszej teorii kwantów, następnie mechaniki falowej.

Fizyka mikroświata, a w szczególności fizyka atomu, jest kwantowa.

Od wielu lat wyklada się też na naszych uniwersytetach mechanikę kwantową. Nie było jednak dotąd polskiego podręcznika mechaniki kwantowej. Książka profesora Rubinowicza jest pierwszym polskim podręcznikiem mechaniki kwantowej. Ukazanie się tej książki na naszym rynku wydawniczym jest szczególnie cenne ze względu na to, iż nie posiadaliśmy do niedawna nawet tłumaczeń podręczników z tej dziedziny. Dopiero niedawno ukazało się tłumaczenie książki Błochincewa.

Książka profesora Rubinowicza jest jednak nie tylko zwykłym podręcznikiem mechaniki kwantowej. Profesor Rubinowicz był jednym z twórców starszej teorii kwantów. Teoria ta, chociaż musiała ustąpić miejsca mechanice falowej, odegrała nie tylko ogromną rolę historyczną w rozwoju mikrofizyki, lecz przez swą modelowość pozwala zbliżyć się intuicją do praw rządzących światem atomów i cząsteczek, pozwala wyrobić intuicyjne rozumienie faktów doświadczalnych. Książka profesora Rubinowicza w swej pierwszej części zawiera piękny, pełny wykład starszej teorii kwantów.

Ta część książki zapewnia *Kwantowej teorii atomu* wyjątkowe miejsce wśród literatury światowej. Dzięki tej części *Kwantowa teoria atomu* jest książką, w której widzi się drogę rozwojową teorii kwantów, w której formalny gmach mechaniki falowej z drugiej części staje na mocnych fundamentach powiązania z doświadczeniem.

W podręczniku profesora Rubinowicza, prawdziwie „fizycznym“, uwaga czytelnika musi skoncentrować się na zjawiskach fizycznych, faktach doświadczalnych, ich tłumaczeniu. Strona formalna mechaniki kwantowej jest tu raczej na drugim planie. Dzięki podaniu drogi genetycznej uogólnień z faktów doświadczalnych, konieczności coraz to radykalniejszych odstępstw od fizyki klasycznej, aby być w zgodzie z doświadczeniem, gmach formalny mechaniki kwantowej ukazuje się tu we właściwej perspektywie. Czytelnik rozumie, do czego on jest potrzebny. Moim zdaniem, właśnie na tym polega w dużej mierze rozumienie mechaniki kwantowej.

Druga część książki poświęcona jest mechanice falowej. Mechanika falowa nie należy do przedmiotów łatwych do wykładu. Czytając tę część podręcznika prof. Rubinowicza wyraźnie widzi się jego kunszt dydaktyczny. Jest on napisany bardzo przystępnie, zarazem jednak tak, że żadna istotna strona omawianych problemów nie została pominięta.

Na pierwszy rzut oka zaskakującym nieco wydawać się może układ 2 części książki. Profesor Rubinowicz najpierw wyklada mechanikę falową, roz-

wiązuje problem wodoru, oblicza funkcje własne, a interpretację funkcji falowej, interpretację teorii pomiaru podaje w rozdziale kończącym mechanikę falową.

Przyjęte przez autora rozwiązanie wydaje się jednak słuszne ze względów dydaktycznych. Taki układ, jaki przyjął on w książce, odpowiada też historii rozwoju mechaniki kwantowej. Najpierw było równanie Schrödingera i rozwiązanie problemu wodoru, potem interpretacja Borna. Posiadając równanie Schrödingera i opis przez nie faktów doświadczalnych widzi się konieczność i drogę do radykalnych odstępstw w interpretacji od fizyki klasycznej. W układzie stosowanym przez innych autorów, gdy na pierwszych stronach książki czytelnik czyta o interpretacji mechaniki kwantowej, trudno mu zazwyczaj ją zrozumieć. Nie może on bowiem rozumieć jej potrzeby.

Ostatnie rozdziały książki zawierają rachunek perturbacji, jego zastosowanie do problemów fizycznych i relatywistyczną teorię elektronu. Książkę kończy rozdział o teorii promieniowania.

Charakteryzując książkę należy zwrócić uwagę na jeszcze jedno: można z niej nie tylko zrozumieć, na czym polega kwantowa teoria atomu, lecz także dobrze nauczyć się mechaniki kwantowej. Zawiera ona pełne rachunki, a stosunkowo bardzo mało zwrotów w rodzaju: „łatwo widzieć, że...”. Pełność wykładu, możliwość przesłедzenia myśli matematycznej w konkretnych rozwiązaniach — to niewątpliwie poważna zaleta książki profesora R u b i n o w i c z a jako podręcznika.

Dorzucić tu należy, że zawiera ona też paragrafy uzupełniające wiadomości czytelnika z mechaniki i fizyki klasycznej w tych miejscach, w których ewentualne luki w erudycji czytelnika mogłyby się odbić negatywnie na jej rozumieniu.

Jerzy Plebański

D. B ł o c h i n c e w: *Podstawy mechaniki kwantowej*. Tłumaczyli z rosyjskiego Zbigniew Kopec i Józef Werle, PWN, Warszawa 1954, stron 592, cena 35,60 zł.

Książka D. B ł o c h i n c e w a poświęcona jest nowszej mechanice kwantowej nierelatywistycznej. Jest to podręcznik uniwersytecki, obejmujący w tym zakresie materiał bardzo obszerny. Można by go podzielić z grubsza na następujący sposób: pierwsze dwa rozdziały stanowią wprowadzenie, w rozdziałach III—XVI podana jest mechanika kwantowa jednej cząstki w polu zewnętrznym, rozdziały XVII—XXVII poświęcono mechanice kwantowej wielu cząstek. Ponadto na końcu książki zebrane są liczne uzupełnienia o charakterze matematycznym.

Wprowadzenie rozpoczyna się przedstawieniem kwantowej teorii światła i jej sukcesu w wytłumaczeniu zjawiska fotoelektrycznego i wyników badań A. C o m p t o n a nad rozpraszaniem promieni rentgenowskich. Dalej omówiono doświadczenia F r a n c k a - H e r t z a i S t e r n a - G e r l a c h a. Doświadczenia te prowadzą do ogólniejszego pojęcia cechy charakterystycznej mikroświata — atomizmu. Polega on nie tylko na tym, że cząstki złożone składają się z zupełnie określonych cząstek elementarnych, ale że stany wewnętrzne cząstek złożonych zmieniają się w sposób nieciągły. Dalsze wywody stanowią przygotowanie do wyłożenia zasady nieoznaczoności przez wykazanie, że po uzupełnieniu obrazu korpuskularnego cząstki pojęciami teorii falowej pęd nie jest funkcją współrzędnych. W koncepcji de Broglie'a pęd cząstki swobodnej związany jest z długością fali wzorem

$p=2\pi h/\lambda$. Ponieważ nie ma sensu mówić o długości fali w jakimś punkcie, prawa strona wypisanego związku nie jest funkcją położenia. A więc nie ma sensu pytanie, jaki jest pęd cząstki w jakimś punkcie.

Omówione doświadczenia wskazują na konieczność stworzenia nowych teorii, zdolnych do właściwego opisu mikroświata. Próbą takiej teorii była starsza teoria kwantów stworzona przez N. B o h r a i rozpatrzona szkicowo w krótkim paragrafie.

W rozdziale II między innymi omówione są trudności interpretacyjne fal de Broglie'a i pochodząca od M. B o r n a interpretacja probabilistyczna funkcji falowej. W §§ 14 i 17 Błochincew podaje swoje poglądy stwierdzając, że funkcja falowa odnosi się nie do jednej cząstki, lecz do wielkiej ilości (zbioru, zespołu czystego) cząstek, które niezależnie jedna od drugiej znajdują się w tym stanie i dlatego mogą służyć do przeprowadzenia dużej ilości identycznych pomiarów. Te poglądy spotkały się z krytyką zawartą m. in. w art. W. F o c k a pt. O tak zwanych zespołach w mechanice kwantowej¹.

Przytoczę kilka zdań: „Konieczność krytycznego przeanalizowania pojęcia zespołów kwantowych staje się szczególnie nagląca, zwłaszcza dlatego, że pojęcie to zostało wprowadzone przez D. B ł o c h i n c e w a do jego książki, będącej podręcznikiem uniwersyteckim. Doskonała pod innymi względami książka D. B ł o c h i n c e w a *Osnowy kwantowej mechaniki* ma tę wadę, że podstawowe zagadnienia mechaniki kwantowej oświetlone są w niej w sposób błędny”. „Interpretacja mechaniki kwantowej w duchu tej idei prowadzi bowiem zarówno do wewnętrznych sprzeczności, jak i do sprzeczności z podstawowymi tezami materializmu dialektycznego“.

Przy końcu artykułu pt. *Odpowiedź akademikowi W. Fockowi* pisze D. B ł o c h i n c e w: „Przedstawione przez W. F o c k a pojęcie funkcji falowej jako charakterystyki pojedynczej cząstki prowadzi do niepoznawalności stanu pojedynczych cząstek przed doświadczeniem oraz dopuszcza możliwość bezprzyczynowych zmian ich stanów. Takie pojmowanie teorii fizycznej jest sprzeczne z materializmem i nie może przyczynić się do rozwoju nauki o mikrozwiskach“.

Dyskusji tej nie należy uważać za zakończoną.

Rozdziały III, IV, VI, VII, XI, XIII, XIV podają podstawy teoretyczne nowszej teorii kwantów. Omówione są następujące zagadnienia: przedstawienie wielkości mechanicznych za pomocą operatorów z podaniem postaci najważniejszych operatorów, zmiana w czasie wektora stanu na gruncie równania Schrödingera oraz zmiana w czasie wielkości mechanicznych. Następnie podano macierzowe przedstawienie operatorów, równanie Schrödingera i zależność operatorów od czasu w postaci macierzowej, przejście od jednej reprezentacji do drugiej za pomocą transformacji unitarnych oraz ciekawy paragraf o macierzy gęstości. Dalsze rozdziały poświęcone są rachunkowi zaburzeń w wypadku zaburzenia niezależnego od czasu, teorii zderzeń oraz rachunkowi zaburzeń w wypadku zaburzenia zależnego od czasu.

W rozdziale VI rozpatrzony jest związek mechaniki kwantowej z mechaniką klasyczną i optyką.

Rozdział X poświęcony jest momentowi własnemu elektronu, uwzględnionemu na gruncie równania Pauliego.

Przez cały czas wykład prowadzony jest w sposób jasny i przystępny. Pomyślowo wprowadzono pojęcie operatorów. Mianowicie w rozdz. II pokazano, że war-

¹ Wydany w tłum. polskim w książce *Zagadnienia filozoficzne fizyki* — zeszyt drugi. Odpowiedź D. Błochincewa zamieszczona jest również w tym zeszycie. Cytaty wyjęte z tego tłumaczenia.

tość średnią wyrażenia zależnego od pędów można znaleźć mając funkcję falową zależną od x -ów, jeżeli dokona się formalnie podstawienia $p_x \rightarrow -i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$ (to sugeruje jaką postać ma mieć operator pędu). Dowód przebiega przez rozwinięcie funkcji od x -ów na całki Fouriera. Przydałoby się jednak potem wyjaśnienie, że rozwinięcie na całki Fouriera odpowiada rozwinięciu na funkcje własne właśnie operatora $-i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$ tzn., że postępowanie to było szczególnym przypadkiem metody podanej w § 22.

W ciekawy sposób dochodzi autor do równań na wartości własne żądając, by średnie odchylenie kwadratowe wyników pomiarów wielkości mechanicznych było równe zeru. Interesujące jest również otrzymanie równania Schrödingera z odpowiednio sformułowanej zasady przyczynowości zakładającej istnienie operatora liniowego, przyporządkowującego funkcji falowej jej zmianę w czasie. Uogólniając rozważania dla cząstki swobodnej, postuluje się, że operatorem tym jest hamiltonian.

Rozdziały V, VIII, X, XII stanowią ilustrację i zastosowanie wywodów teoretycznych rozdziałów poprzednio omówionych. Szczególnie ciekawe są całkiem ogólne rozważania ruchu w polu siły centralnej, podobnie jak ruchu elektronu w polu periodycznym.

Rachunek zaburzeń zilustrowany jest oscylatorem anharmonicznym oraz rozszczepieniem linii widmowych w polu elektrycznym i magnetycznym.

Teoria przejść kwantowych, spowodowanych zaburzeniem zależnym od czasu, zastosowana jest do wysyłania, pochłaniania i rozpraszania światła oraz do zjawiska fotoelektrycznego.

W rozdziale XVI, poświęconym przenikaniu cząstek przez bariery potencjału, zilustrowano to zagadnienie rozpatrzeniem zimnej emisji elektronów z metalu oraz teorii promieniotwórczego rozpadu α .

Rozdziały XVII i XVIII poświęcone są uogólnieniu teorii ruchu cząstki w polu zewnętrznym na przypadek wielu cząstek. Ciekawsze zastosowania to uwzględnienie ruchu jądra w atomach i rozpatrzenie układu cząstek wykonujących małe drgania. Oprócz tego pouczający jest paragraf o zasadzie zachowania energii w mechanice kwantowej.

W rozdziale XIX omówione są układy cząstek jednakowych. Po powołaniu się na fakty omawiane w rozdziałach poprzednich podane zostały sugestie prowadzące do przyjęcia zasady identyczności cząstek. Ponadto omówiono związek stanów symetrycznych i antysymetrycznych ze statystyką i spinem cząstek.

Następny rozdział poświęcony jest rozpatrywaniu zespołów wielu cząstek za pomocą metody drugiego kwantowania. Przejście do nowych zmiennych dynamicznych, liczb obsadzeń, danych stanów, wprowadzenie operatorów niszczenia i tworzenia, jak również kwantowanych funkcji falowych przeprowadzone jest systematycznie i w sposób przystępny. Dzięki temu paragraf ten jest pożytecznym wprowadzeniem w zagadnienia wychodzące zasadniczo poza ramy tego podręcznika.

Jako najprostszy przykład układu wieloelektronowego omówiono atom helu (kierunki spinów w para- i ortohelu, energię wymienną). Kwantowomechaniczną teorię tworzenia się cząsteczek zilustrowano na przykładzie cząsteczki wodoru.

W osobnym paragrafie omówione zostały siły chemiczne, w szczególności siły wiązania homeopolarnego (siły walencyjne), oraz międzymolekularne siły dyspersyjne (siły Van der Waalsa).

W rozdziale przedostatnim zwięźle, ale jasno oddając istotę rzeczy, opisano metodę Blocha fal spinowych w kwantowomechanicznej teorii ferromagnetyzmu.

W zakończeniu zamieszczony jest paragraf zawierający podsumowanie podstawowych twierdzeń i zadań mechaniki kwantowej. Podręcznik kończą rozważania na temat granic stosowalności mechaniki kwantowej oraz polemika z poglądami na mechanikę kwantową, w szczególności szkoły Kopenhaskiej.

Książka D. B ł o c h i n c e w a dostępna do niedawna tylko w języku rosyjskim była bardzo polecana studentom jako stojąca na wysokim poziomie, a jednak przystępnie napisana i zawierająca obszerny materiał. Obecnie wydanie tego podręcznika w języku polskim umożliwi zapoznanie się z nim o wiele większej liczbie tych, którzy pragną poznać gruntownie podstawy teoretyczne mechaniki kwantowej wraz z licznymi zastosowaniami.

Tłumaczenia na język polski dokonano w sposób bardzo staranny. Przypisy redaktora tłumaczenia odsyłają w odpowiednich miejscach do nowszej literatury. Ponadto usunięto szereg omyłek nie uwzględnionych w erracie wydania rosyjskiego. PWN wydało książkę bardzo starannie, na dobrym papierze, w ładnej płóciennnej oprawie.

Zygmunt Galasiewicz

Ignacy Z ł o t o w s k i, *Michał Łomonosow — życie i twórczość*, Warszawa 1954, PWN, str. 276. Cena zł 7,20.

Jest to pierwsza polska praca, przedstawiająca życie i całokształt twórczości naukowej wielkiego i wszechstronnego uczonego, którego ojczyzną był kraj Białomorski rozciągający się wzdłuż brzegów Morza Białego.

W rozdziale wstępnym, poprzedzającym życiorys Ł o m o n o s o w a, dał autor interesująco ujęty przekrój życia w Rosji Piotra I, zwracając szczególną uwagę na ówczesne stosunki gospodarcze i oświatowe. Z rozdziału tego dowiadujemy się m.in., że do końca XVII wieku poza szkołami podstawowymi, w których ograniczono się wyłącznie do nauki czytania i pisania, istniały tylko dwie wyższe uczelnie: Kijowska Akademia Duchowna oraz Moskiewska Szkoła Teologiczna, zamieniona później na Akademię Słowiańsko-grecko-łacińską. W tej ostatniej, zwanej powszechnie Akademią Spaską, wykładano obok teologii także przedmioty świeckie w duchu scholastycznym. Dopiero w roku 1701 otworzono w Moskwie Szkołę Nauk Matematycznych i Zeglarskich, w roku 1706 — Szkołę Medyczną, w r. 1712 — Szkołę Inżynierską, a w r. 1714 szereg szkół średnich, których programy obejmowały takie przedmioty, jak arytmetyka, geometria i geografia. W tym czasie powstawały i szkoły o charakterze zawodowym, jak Akademia Morska w Petersburgu, Szkoła Artyleryjska oraz dwie Szkoły Górnicze w Ołońcu i Jekaterynburgu. Wreszcie w roku 1725 rozpoczęła swą działalność zaprojektowana jeszcze za życia Piotra I Akademia Nauk w Petersburgu, w której ramach mieściło się także gimnazjum i uniwersytet.

Opisując dzieciństwo Michała Ł o m o n o s o w a, urodzonego w r. 1711 w osadzie Denisowka (obecnie Łomonosowo) na jednej z wysp u ujścia Dźwiny w rodzinie chłopskiej, słusznie zwraca uwagę autor na fakt, że ludność kraju Białomorskiego wolna była od powszechnej ówczesnie niewolniczej pańszczyzny i rozwijała się w atmosferze silnie rozwiniętego życia społecznego. Ludność wybrzeża zajmowała się rybołówstwem, zapuszczając się często na wyprawy dalekomorskie, a piękna, lecz surowa przyroda wysp nadmorskich wyrabiała samodzielność i hartowała charaktery ich mieszkańców.

Podróże morskie na statku rybackim, zbudowanym przez ojca Michała, pozostawiły niezatarte wspomnienia w umyśle przyszłego uczonego. Ogłoszona po wielu la-

tach praca naukowa na temat zrealizowania północnej drogi morskiej poprzez Ocean Syberyjski do Wschodnich Indii zawiera piękne opisy wrażeń z czasu młodości, kiedy miał sposobność obserwowania zjawisk przyrody i zapoznania się z naturalnymi bogactwami całego wybrzeża. W pracy tej zamieszczony jest m. in. opis procesu warzenia soli, prowadzonego w klasztornych warzelniach nadmorskich, którym później badacz nie raz mógł się przyglądać.

Na podstawie obserwacji z lat młodzieńczych przedłożył w r. 1745 młody profesor chemii Michał Ł o m o n o s o w Petersburskiej Akademii Nauk notatkę o połowie pereł u wybrzeży półwyspu Koła, co świadczyć może o rozwiniętym zmyśle obserwacyjnym i dużej zdolności rzeczowego analizowania obserwowanych zjawisk kilkunastoletniego chłopca i co słusznie podkreśla autor pracy o życiu i twórczości Ł o m o n o s o w a.

W kolejnych następnych rozdziałach *Akademia Spaska w Moskwie i Gimnazjum akademickie w Petersburgu* zaznajamia się czytelnik z tokiem studiów w tych obu stolicach Ł o m o n o s o w a, który w wieku lat 19 opuścił rodzinne strony, by urzeczywistnić swe marzenia dalszego uczenia się i kształcenia.

Nie łatwe było życie w Moskwie i Petersburgu dla młodego studenta, który walczyć musiał z wielu trudnościami. Nieprzeciętne jednak zdolności zwróciły uwagę nauczycieli i gdy do gimnazjum akademickiego w Petersburgu postanowiono przyjąć kilkudziesięciu najzdolniejszych uczniów z całego kraju — w liczbie ich znalazł się i Ł o m o n o s o w.

Zakreślone programami studia nie wystarczały szybko rozwijającemu się przyszłemu badaczowi. Każdą wolną chwilę poświęcał na czytanie prac z zakresu fizyki i chemii oraz na zapoznanie się z problemami filozoficznymi i zagadnieniami światopoglądowymi. Słusznie podkreśla prof. Z ł o t o w s k i, że przeciwstawiająca się bezpłodnej scholastyce nauka K a r t e z j u s z a, stanowiąca pierwszą próbę oparcia poglądu na świat na materiale ściśle naukowym i obejmująca w sposób jednolity i racjonalny cały wszechświat od przestrzeni międzyplanetarnej do myśli ludzkiej, była dla Ł o m o n o s o w a prawdziwym objawieniem i stała się drogowskazem w całej jego dalszej pracy naukowej. Przekonuje o tym czytelnika trafnie wybrany cytat pracy z r. 1746, w którym Ł o m o n o s o w pisze: „Sławny i pierwszy wśród nowych filozofów K a r t e z j u s z odważył się obalić filozofię A r y s t o t e l e s a i nauczać w myśl własnych poglądów i pomysłów. Nie mówiąc o innych jego zasługach jesteśmy mu szczególnie wdzięczni za to, że ośmielił uczonych do występowania w imię prawdy przeciwko A r y s t o t e l e s o w i, przeciwko sobie samemu i przeciwko innym filozofom i tym samym utorował drogę do swobodnego filozofowania i do większego postępu nauk“.

Działo się to w okresie, kiedy chemia przekształcała się z tajemniczego kunsztu alchemików w poważną dyscyplinę naukową. W roku 1720 założono w Petersburgu laboratorium chemiczne, w którym analizowano rudy różnych metali, badano materiały budowlane i przyrządzano farby. W siedem lat później powołano do życia stałą katedrę chemii, którą objął poważny badacz J. G. G m e l i n. Był on zamiłowanym przyrodnikiem i wkrótce po uzyskaniu katedry wziął udział w badawczej ekspedycji na Syberię, z której powrócił dopiero po latach dziesięciu.

Prowadzone na Syberii badania obejmowały także znajdowane minerały i rudy. W związku z tym okazało się konieczne uczestnictwo wykwalifikowanego chemika, który równocześnie byłby obznajmiony z górnictwem i metalurgią. Wobec braku odpowiednich szkół w kraju postanowiono wysłać paru najlepszych studentów gimnazjum akademickiego na przeszkolenie do Niemiec. Wśród wybranych znalazł się i Ł o m o n o s o w, który w r. 1736 opuścił Rosję; udając się do Marburga, a następnie do Fryburga.

Młodego Ł o m o n o s o w a, opierającego swój światopogląd na zasadach filozofii kartezjańskiej, nie mogły zadowolić wykłady chemii na Uniwersytecie Marburskim. Chemię pojmowano tu jako praktyczne rzemiosło bez wyprowadzania wniosków i uogólnień teoretycznych. Wykłady profesora Christiana W o l f f a, czołowego przedstawiciela niemieckiej filozofii idealistycznej, będącej jakby nową scholastyką, przypominały Ł o m o n o s o w o w i nieznosne lata nauki w Akademii Spaskiej



Gmach Pałacu Sztuki i obserwatorium Łomonosowa

w Moskwie. Mimo bowiem olbrzymiej wiedzy encyklopedycznej prace W o l f f a zawierały wiele naiwnych i trudnych do przyjęcia poglądów. W o l f f usiłował na przykład dowieść, że gwiazdy zostały po to stworzone, by wskazywały drogę podróżnym lub świeciły ludziom, którzy mogą pracować w nocy. Według W o l f f a ciała fizyczne składają się z materii występującej pod postacią niedostrzegalnych cząstek, oddzielonych od siebie szczelinami. Wszystkie ciała miały być zbudowane z różnych materii „prostych“, których ogólnej liczby nie można było określić, gdyż wiele z nich stanowiło substancje „nieuchwytne“, jak np. materia cieplna, materia świetlna, materia magnetyczna, materia elektryczna, a nawet materia ciężenia. Obok materii właściwej, warunkującej takie cechy ciał, jak twardość, wytrzymałość czy chropowatość, W o l f f odróżniał materię zmienną (wypełniającą szczeliny materii właściwej), od której miała zależeć objętość ciał, oraz materię uboczną (przenikającą swobodnie przez szczeliny materii właściwej), określającą stopień płynności ciał, ich stan cieplny, ciężar i sprężystość. Ciepło, według W o l f f a, miało polegać na ruchu materii cieplikowej, przechodzącej od jednego ciała do drugiego, natomiast nie nagrzewającej ciał, gdy jest w stanie spoczynku. Podobnie tłumaczył on rozchodzenie się światła jako skutek ruchu udzielanego materii świetlnej przez ciała świe-

cące za pośrednictwem przylegających do siebie kulek sprężystych, stanowiących materię eteru. Wreszcie działaniem tego samego eteru usiłował W o l f f uzasadnić przebieg obserwowanych zjawisk elektrycznych.

O krytycznym nastawieniu Ł o m o n o s o w a do poglądów niemieckiego nauczyciela świadczą jego pierwsze prace z zakresu fizyki, a mianowicie: *Praca z fizyki o przemianie ciała stałego w płynne w zależności od ruchu uprzednio istniejącego płynu* oraz *Rozprawa fizyczna o różnorodności ciał złożonych, polegającej na różnym spojeniu korpuskuł, którą gwoli ćwiczenia się napisał Michał Łomonosow, student matematyki i filozofii, w miesiącu marcu 1739 roku*.

W lecie roku 1739 opuszcza Ł o m o n o s o w na polecenie Petersburskiej Akademii Nauk Marburg, udając się do Fryburga dla studiowania górnictwa i metalurgii. Praktyczne zapoznanie się z górnictwem i geologią przydadzą się później Łomonosowowi, gdy pisać będzie pracę *O warstwach ziemnych*.

Po przeszło trzyletnim pobycie w Niemczech wraca wreszcie Ł o m o n o s o w do swej ojczyzny, by próbować realizować różnorodne śmiałe plany i zamierzenia.

W niedługim czasie pisze swą znakomitą pracę *Elementy chemii matematycznej*, stanowiącą pierwszy w historii nauki wykład podstaw chemii teoretycznej.

Prof. Z ł o t o w s k i podkreśla, że głęboko dialektyczna myśl powiązania chemii doświadczalnej z trwałą podbudową teoretyczną przewija się przez całą działalność naukową Ł o m o n o s o w a. Nigdy nie odgraniczał on nauki podstawowej od stosowanej. Był wrogiem idealistycznego podziału wiedzy na rzekomo niezależne od siebie dyscypliny, stojąc na stanowisku materialistycznego poznawania przyrody przez zespolenie całego przyrodoznawstwa w drodze ścisłego powiązania teorii z doświadczeniem.

Petersburska Akademia Nauk nie potrafiła właściwie ocenić znakomitej pracy Ł o m o n o s o w a. Należy bowiem pamiętać, że wykształcenie wielu członków Akademii, na dużej mierze cudzoziemców, i poziom naukowy ich prac nie były wysokie, o czym świadczyć może m.in. praca wtedy ogłoszona *O napisie nagrobkowym na mogile Adama, znajdującej się przypuszczalnie na wyspie Cejlon*.

Objąwszy w Akademii stanowisko adiunkta Ł o m o n o s o w szybko naraził się na skutek swej niezależności sądów wielu członkom Akademii, którym zarzucał bezczynność naukową, biurokrację i kumoterstwo. Oskarżony znalazł się w więzieniu, z którego uwolniono go dopiero po półrocznym pobycie.

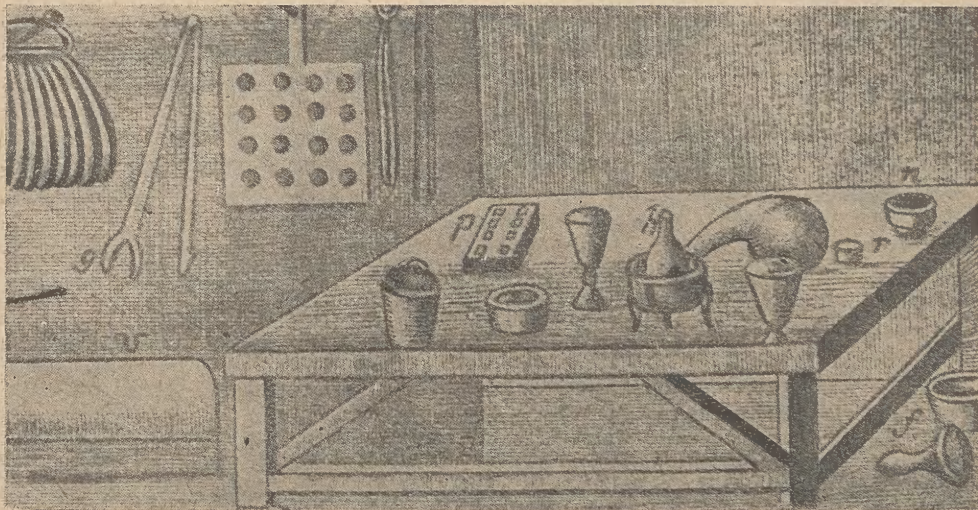
Uważając chemię za główny swój zawód rozpoczął Ł o m o n o s o w starania o uzyskanie w Akademii katedry chemii. Na podstawie przedłożonych prac naukowych uzyskał stopień profesora, w czym dużo dopomogła mu opinia akademika Leonarda E u l e r a, który w swym liście pisał: „Należy tylko życzyć, aby i inne akademie zdołały dokonać takich odkryć, jakich dokonał Łomonosow”.

Wszechstronność Ł o m o n o s o w a jest zdumiewająca. Prócz ważnych prac z zakresu chemii i fizyki czynnie zajmuje się mineralogią, geologią, agrobiologią i astronomią, biorąc również udział w przygotowaniu *Wielkiego Atlasu Cesarstwa Rosyjskiego*. We wszystkich tych pracach Ł o m o n o s o w jest badaczem oryginalnym, torującym nowe drogi nauce.

Ł o m o n o s o w pierwszy, jeszcze przed L a v o i s i e r e m, formułuje prawo zachowania materii, on również uważany jest za twórcę chemii fizycznej, którą wydzielił jako nową gałąź przyrodoznawstwa. Wypowiadając w r. 1741 pogląd na budowę najdrobniejszych cząstek materii wyprzedza o 70 lat molekularną hipotezę A v o g a d r a.

Wymienione przez autora książki zasługi Ł o m o n o s o w a w dziedzinie nauk geologicznych wymagałyby może kilku uzupełnień. Myślą przewodnią w pracach geo-

logicznych Ł o m o n o s o w a była idea wiecznej zmienności przyrody i wzajemnego związku zjawisk geologicznych. Zajmując się zagadnieniami litologii i sedymentologii wyciąga właściwe wnioski z warunków dzisiejszych, przenosząc je do czasów minionych. Zdaniem radzieckiego badacza skał osadowych L. B. R u c h i n a w pracach Ł o m o n o s o w a należy szukać źródeł rosyjskiej nauki litologicznej.



Stół laboratoryjny Łomonosowa

W pracach swych podkreślał znaczenie długości czasu geologicznego, stawiając również problem diagenety, której ważność została zrozumiana przez geologów dopiero przed kilkudziesięciu laty. Warto zacytować również zdanie światowej sławy geochemika radzieckiego W. I. W e r n a d s k i e g o, który w związku z ogłoszoną przez Ł o m o n o s o w a teorią o organicznym pochodzeniu ropy naftowej wypowiedział pogląd, że nie ma w wieku XVII żadnej teorii, którą można by przyrównać do tych rozważań.

Niewątpliwie pod wpływem Ł o m o n o s o w a i jego prac Petersburska Akademia Nauk ogłosiła w r. 1785 konkurs na stworzenie klasyfikacji skał, który spowodował pierwsze prace w tej dziedzinie. Pod przewodnictwem Ł o m o n o s o w a i przy jego bezpośrednim udziale opracowywano niejedno zagadnienie z zakresu technologii niemetalicznych surowców. W tym właśnie czasie D. I. W i n o g r a d o w, uchodzący za odkrywcę rosyjskiej porcelany, nie tylko potrafił stosować dobre recepty sporządzania masy porcelanowej, lecz na ziemiach Rosji znalazł również odpowiedni surowiec mineralny.

Michał Ł o m o n o s o w jest wybitną postacią i na polu humanistycznym. Jest on autorem opartej na naukowych podstawach *Gramatyki rosyjskiej*, w której po raz pierwszy wyraźnie oddzielił język rosyjski od cerkiewno-słowiańskiego; napisał jednotomową *Krótką kronikę rosyjską*, *Retorykę*, zasłynął również jako poeta mistrzowsko władający słowem wierszowanym.

Niewielu tylko współczesnych potrafiło właściwie ocenić genialne osiągnięcia naukowe Ł o m o n o s o w a. On sam również zdawał sobie sprawę z tego stanu rzeczy, kiedy na kilka dni przed śmiercią wypowiedział słowa: „Widzę, że muszę umierać. Spokojnie i obojętnie patrzę na śmierć. Żałuję tylko, że nie zdołałem dokonać tego

wszystkiego, co zamierzałem, dla dobra ojczyzny, dla rozwoju nauk i dla sławy Akademii, i że teraz u schyłku życia widzę, że wszystkie moje pożyteczne zamierzenia zginą razem ze mną”.

Ł o m o n o s o w zmarł w roku 1765, lecz dopiero po 140 latach ukazało się pełne wydanie wszystkich jego prac, pozwalające właściwie ocenić twórczy wkład do nauki genialnego badacza.

Nielatwe było zadanie autora monografii o Michale Ł o m o n o s o w i e. Wywiązał się on z niego doskonale, dając żywą sylwetkę nieustrudzonego badacza i bojownika o prawdę. Prof. Z ł o t o w s k i w właściwy sposób zobrazował środowiska, w których żył i działał Ł o m o n o s o w, podkreślając równocześnie niezależność jego śmiałej myśli. Wyjątki z jego dzieł i wypowiedzi stanowią naukowe dowody poglądów badacza wyprzedzającego swą epokę. Dla uwypuklenia nowoczesności poglądów Ł o m o n o s o w a cytuje autor książki niejednokrotnie późniejsze, a nieraz i współczesne nam prace wielu uczonych i myślicieli.

Bardzo starannie wydana (przez Państwowe Wydawnictwo Naukowe) i zaopatrzona na wielu trafnie wybranymi rycinami, książka powinna znaleźć się w rękach zwłaszcza tych, którzy interesują się naukami przyrodniczymi i ich rozwojem.

Kazimierz Maślankiewicz

✓ „Archiwum Mineralogiczne“ Tom XVIII, Zesz. 1, 1954, PWN.

Staraniem Komitetu Geologicznego Polskiej Akademii Nauk ukazał się po 7-letniej przerwie pierwszy zeszyt tego wydawnictwa. „Archiwum Mineralogiczne“ zostało założone w roku 1925 jako jedno z ciągłych wydawnictw Warszawskiego Towarzystwa Naukowego. Powstało ono z inicjatywy profesora Uniwersytetu Warszawskiego Stanisława T h u g u t t a, który aż do r. 1947 nieprzerwanie pełnił obowiązki redaktora. Do r. 1938 ukazało się 14 roczników „Archiwum Mineralogicznego“. Tom XV, przygotowany w r. 1939, został zniszczony przez barbarzyńskie działania wojenne hitlerowskich najeźdźców na terenie miasta Warszawy.

Po odzyskaniu niepodległości prof. T h u g u t t rekonstruuje zniszczony tom XV, wydając go drukiem na nowo w r. 1945. W latach następnych wychodzą jeszcze dwa dalsze tomy: XVI (1946) i XVII (1947), trud jednak redagowania przekracza siły jednego człowieka, zwłaszcza że prof. T h u g u t t osiadł w Krakowie, a „Archiwum Mineralogiczne“ wydawane było w Warszawie.

Warunki wznowienia tego wydawnictwa stworzyło dopiero powstanie Polskiej Akademii Nauk, której Wydział III powołał w r. 1953 Komitet Redakcyjny. Profesor T h u g u t t wszedł do niego jako redaktor honorowy. Na naczelnego redaktora został powołany prof. K. S m u l i k o w s k i, na sekretarza naukowego mgr Z. W a l e n c z a k.

Ukazujące się obecnie w nowej szacie „Archiwum Mineralogiczne“ zamierza zamieszczać oryginalne prace poświęcone krystalografii, mineralogii, petrografii i geochemii, drukując je po polsku i dając streszczenia w językach kongresowych. Przewiduje się możliwość drukowania prac poświęconych problematyce ogólniejszej, bardziej interesujących naukę zagraniczną, w całości w jednym z języków kongresowych, ze streszczeniem w języku polskim. Oprócz prac oryginalnych zamieszczane będą krótkie notatki naukowe, artykuły referatowo-dyskusyjne oraz bibliografia, co niewątpliwie przyczyni się do nadania czasopismu piętna aktualności i do silniejszego powiązania nurtu rozwojowego nauki polskiej z nauką zagraniczną.

Na pierwszy zeszyt „Archiwum Mineralogicznego” złożyły się prace: B. Ziółko w s k i e j *Zależność kąta osi optycznych w kryształach od współczynników załamania*, T. P e n k a l i *Przejście z rzutu gnomonicznego do rzutu stereograficznego za pomocą ekiejki*, K. S m u l i k o w s k i e g o *Zagadnienie glaukonitu*, S. M a c i e j e w s k i e g o *O niebieskim amfibolu Gór Kaczawskich*, J. A n s i l e w s k i e g o *Keratofiry Gór Kaczawskich*, M. B o r k o w s k i e j *Osobliwa skała oolitowa z okolic Łukowa na Podlasiu*.

Z wymienionych prac w języku angielskim została przedstawiona praca obszerna o glaukonicie (*The problem of glauconite*) ze streszczeniami w języku polskim i rosyjskim.

Liczne tablice i wykresy w tekście oraz mikrofotografie stanowią cenne uzupełnienie tego wydawnictwa o starannej szacie zewnętrznej.

Kazimierz Maślankiewicz

„Biuletyn Peryglacjalny”, Rok I, Zesz. 1, 1955.

Staraniem Łódzkiego Towarzystwa Naukowego ukazał się pierwszy numer nowego czasopisma poświęconego zagadnieniom peryglacjalnym. Termin „peryglacjalny”, przyjęty niemal powszechnie w nauce światowej, związany jest z polską rozprawą zmarłego w czasie ostatniej wojny geografa, geologa i gleboznawcy, profesora Uniwersytetu Jagiellońskiego dra Walerego Ł o z i ń s k i e g o, która ukazała się w r. 1909 w wydawnictwach Polskiej Akademii Umiejętności: *O mechanicznym wietrzeniu piaskowców w umiarkowanym klimacie*. Wymieniony autor wprowadził w tej rozprawie po raz pierwszy nowe pojęcie „peryglacjalnej facji”.

Zasadnicza treść pojęcia „peryglacjalny” odnosi się do zjawisk towarzyszących lądolodowi, a więc rozmieszczonych na peryferiach obszaru glacialnego. Dzięki temu, że praca W. Ł o z i ń s k i e g o została również wydana w języku niemieckim, a w rok później wygłosił on na ten temat referat na międzynarodowym kongresie geologicznym w Sztokholmie w r. 1910, termin ten dosyć szybko został przyjęty przez innych badaczy.

Badania lat ostatnich wykazały duże znaczenie oddziaływań zjawisk peryglacjalnych i skutków geologicznych i geomorfologicznych. Badania peryglacjalne otwierają nowe perspektywy dla paleoklimatologii, gleboznawstwa i gruntoznawstwa oraz paleobotaniki i paleozoologii. W peryglacjalnej problematyce szczególne miejsce przypada najdawniejszym pradziom człowieka, ponieważ życie ludzi z wielu okresów paleolitu wiązało się właśnie z peryglacjalnym środowiskiem.

Na treść pierwszego numeru „Biuletynu Peryglacjalnego” złożyły się artykuły: A. J a h n a *Zasługi Walerego Łozińskiego w dziedzinie badań peryglacjalnych*, J. D y m i k a *Zagadnienie genezy lessu w Polsce* i M. D o r y w a l s k i e g o *Zastosowanie wskaźnika zaokrąglenia do badań peryglacjalnych oraz krótsze notatki: Badania osadów jaskiniowych w Dziadowej Skale, Peryglacjalne struktury tundrowe w Tychowie, Niecki korazyjne w okolicach Łodzi, Gleby kopalne w lessie okolic Bodzechowa, Struktury peryglacjalne w epoce kredowej w Moglinie, wreszcie Materiały do terminologii i Sprawozdania z literatury*. Uzupełnienie ogłoszonych prac stanowią streszczenia w języku rosyjskim i fotografie umieszczone na oddzielnych tablicach oraz rysunki i wykresy w tekście.

Kazimierz Maślankiewicz

T R E Ś C

<i>Leopold Infeld</i> — Od Kopernika do Einsteina	209
<i>Ewa Kalinowska-Widomska</i> — Z zagadnień elektryczności atmosferycznej . . .	227
<i>Walery Goettel</i> — Drogi rozwojowe geologii polskiej	237
<i>Zbigniew Janusz Kotański</i> — Łuki wysp	247

KRONIKA NAUKOWA

<i>Stanisław Loria</i> — Pięćdziesięciolecie naukowej twórczości Alberta Einsteina . .	265
<i>Włodzimierz Kołos</i> — W hołdzie Einsteinowi	269
<i>Kazimierz Maślankiewicz</i> — V Ogólnopolski Zjazd Geograficzny	271

RECENZJE

<i>Jerzy Plebański</i> — Wojciech Rubinowicz, „Kwantowa teoria atomu“	273
<i>Zygmunt Galasiewicz</i> — D. Błochincew, „Podstawy mechaniki kwantowej“ . .	274
<i>Kazimierz Maślankiewicz</i> — Ignacy Złotowski, „Michał Łomonosow — życie i twórczość“	277
<i>Kazimierz Maślankiewicz</i> — „Archiwum Mineralogiczne“	282
<i>Kazimierz Maślankiewicz</i> — „Biuletyn Peryglacjalny“	283

Z NOWOŚCI WYDAWNICZYCH

Arkadiusz Piekara

ELEKTRYCZNOŚĆ I BUDOWA MATERII

PWN 1955, str. 700, rys., zł 42,25

Treść

CZĘŚĆ I. Podstawy nauki o elektryczności i magnetyzmie

I. Ogólne prawa prądu elektrycznego: O natężeniu prądu elektrycznego — O napięciu elektrycznym i o oporze — Siła elektromotoryczna i opór wewnętrzny źródła prądu — Rozgałęzienie prądu.

II. Elektrostatyka: O ładunkach elektrycznych — O polu elektrycznym: indukcja elektrostatyczna — O polu elektrycznym: potencjał i natężenie — O polu elektrycznym: siły, praca, energia — Dielektryk w polu elektrycznym

III. Pole magnetyczne: O natężeniu pola magnetycznego — Pole magnetyczne prądu elektrycznego — Materia w polu magnetycznym — Zastosowania

IV. Indukcja elektromagnetyczna, jej zastosowania i konsekwencje: O zjawisku indukcji elektromagnetycznej — Prądnicie prądu stałego — Prąd przemienny — Pojemność w obwodzie prądu przemiennego — Drgania elektryczne

CZĘŚĆ II: Zjawiska elektryczne w materii i w próżni

V. Zjawiska elektryczne w ciałach stałych: Przewodnictwo metali — Napięcia kontaktowe — Emisja elektronów z metali

VI. Zjawiska elektryczne w cieczach: Elektroliza — Polaryzacja elektrolityczna. Akumulatory — Ogniwa galwaniczne

VII. Zjawiska elektryczne w gazach i w próżni: Prądy elektryczne w powietrzu pod normalnym ciśnieniem — Prądy elektryczne w gazach rozrzedzonych — Zjawiska elektryczne w doskonałej próżni — Niektóre zastosowania lampy katodowej, komórki fotoelektrycznej i lampy Brauna

VIII. Promieniowanie elektromagnetyczne, fale i kwanty: Odkrycie fal elektromagnetycznych i ich własności — Fale elektromagnetyczne nietłumione — Ku falom coraz krótszym — Promieniowanie świetlne — Promieniowanie rentgenowskie i inne

CZĘŚĆ III. Budowa materii

IX. Atom i drobina: Budowa atomu i widma atomowe — Budowa drobin i widma drobinowe

X. Zjawiska jądrowe: Promieniotwórczość — Sztuczne przemiany jądrowe — Promienie kosmiczne

XI. Jądro atomowe i jego energia: Budowa jądra atomowego — Wyzwolenie energii jąder atomowych.

Wartości ważniejszych stałych fizycznych — Skorowidz

PWN

Z NOWOŚCI WYDAWNICZYCH

Monografie Popularnonaukowe

I. P. Natanson

NAJPROSTSZE ZADANIA NA MAKSIMA I MINIMA

Przekł. z rosyjskiego

PWN 1955, str. 47, rys., zł 2,30

*

I. P. Natanson

SUMOWANIE NIESKOŃCZENIE MAŁYCH

Przekł. z rosyjskiego

PWN 1955, str. 75, rys., zł 1,95

*

Wacław Sierpiński

TROJKĄTY PITAGOREJSKIE

PWN 1954, str. 94, zł 7,50

*

Eugeniusz Chyżewski

CHEMIA FIZYCZNA NIEKTÓRYCH ZJAWISK ŻYCIA
CODZIENNEGO

PWN 1955, str. 311, rys., zł 8,10

*

Jozef Kunský

BLOKDIAGRAMY

(Geograficzny wykres bryłowy)

przekł. z czeskiego

PWN 1955, str. 269, rys., zł 23,30

*

ARCHIWUM MINERALOGICZNE

tom XVIII, zesz. 2

PWN 1955, str. 175 — 353, zł 28

*

D. J. Panow

METODY NUMERYCZNE ROZWIĄZYWANIA RÓWNAŃ
RÓŻNICZKOWYCH

przekł. z rosyjskiego

PWN 1955, str. 187, rys., tabl., zł 12,40

PWN

Cena zł 9.—

PWN