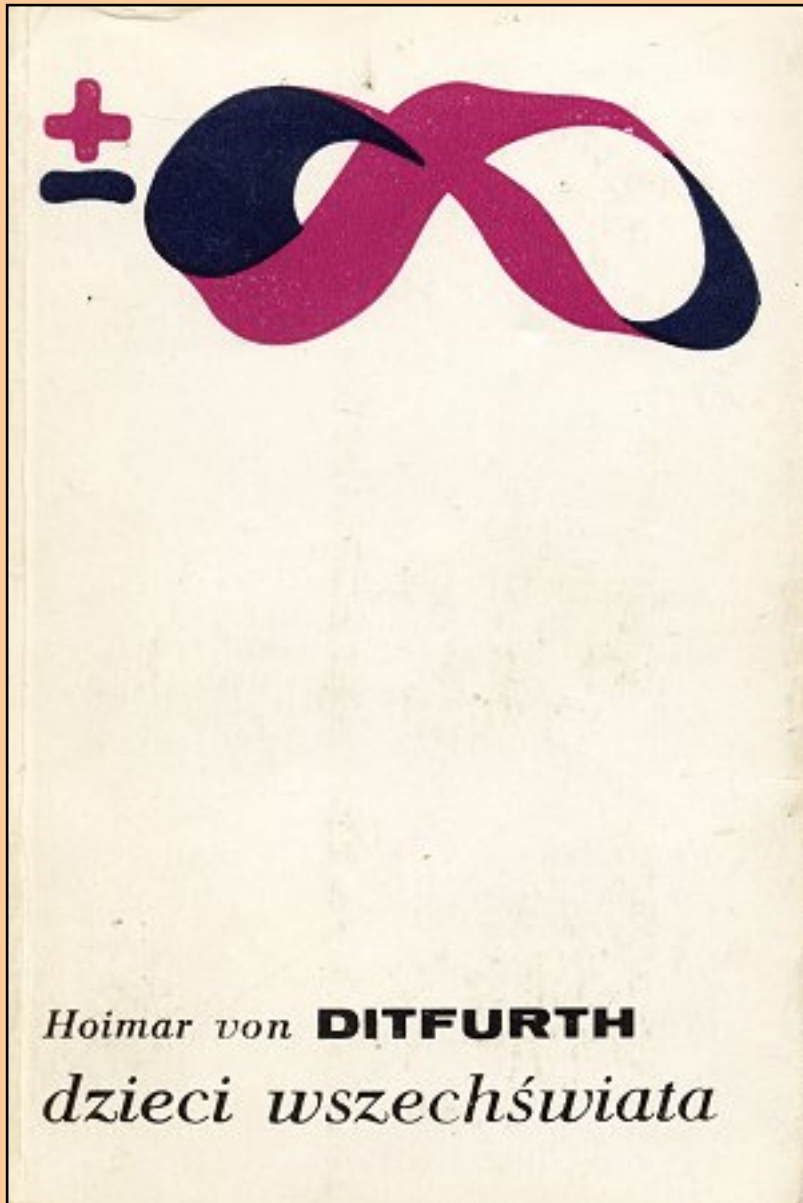


HOIMAR VON DITFURTH
DZIECI WSZECHŚWIATA

(Kinder des Weltalls. Der Roman Unserer Existenz / wyd. orygin.: 1970)



Inne książki autora wydane w Polsce:

Na początku był wodór
Nie tylko z tego świata jesteśmy
Duch nie spadł z nieba
Pozwólcie nam zasadzić jabłonkę
Dziedzictwo człowieka z neandertalu

SPIS TREŚCI:

Słowo wstępne – Maciej Iłowiecki

Wstęp. Miejsce akcji

Wiedza przyrodnicza i ludzka samowiedza

Astronautyka a proporcje astronomiczne

Ziemia – statkiem kosmicznym

Ziemia nie jest samowystarczalna

Portret gwiazdy

Wiatr słoneczny

Niewidzialna kula

Klatka dla wiatru słonecznego

Prześwietlenie planety

Rozkojarzenie "czasu uniwersalnego"

Kosmiczny piruet

Księżycowy hamulec

Zegar biologiczny

Nowy obraz Układu Słonecznego

Wyprawa w przeszłość

Katastrofa w osłonie magnetycznej

Motor ewolucji

Czas jaszczura

Kosmiczny "strzał w dziesiątkę"

"Przemiana materii" we Wszechświecie

Materia, z której się składamy

Dzieci Wszechświata

Wkładka ze zdjęciami

REGULAMIN KIPPIN

Przedruk jest kopią regulaminu a zarazem pliku ogólnoinformacyjnego

Poza formalnym regulaminem, poniżej możesz znaleźć dodatkowe informacje i uwagi prywatne z mojej strony. Dowiesz się między innymi jak można wesprzeć rozwój archiwum oraz w jaki sposób KIPPIN może pomóc w rozwinięciu własnych skrzydeł.

Korespondencja

e-mail awaryjny: kippin@poczta.onet.pl

proszę się upewnić pod www.kippin.prv.pl czy nie ma e-maila głównego

i jeśli jest to korespondować w miarę możliwości korespondować właśnie tam

Informacje uzupełniające

Zanim przejdę dalej czuję się zobowiązany powiedzieć parę słów na temat "dlaczego?". Formalna odpowiedź brzmi: "uważam, że każdy ma prawo do darmowego pozyskiwania informacji o charakterze dydaktyczno-edukacyjnym, a zawartość KIPPIN, w swej internetowej postaci, według mnie takie cechy nosi". Od siebie miałbym właściwie nieco więcej do powiedzenia.

Przede wszystkim – "dlatego", że książki są w Polsce drogie i będą prawdopodobnie coraz droższe, a standard życia niestety – ale maleje i tu również nie zanoszą się na poprawę. Polacy czytają coraz mniej. Dlaczego? Bo nie mają za co. Ja sam mieszkam w regionie największego zagrożenia

bezrobociem [te ich hasła – tu nie ma zagrożeń – tu JEST bezrobocie] i od trzech lat należę do tego grona, bez prawa do zasiłku. Ilu jest w podobnej bądź analogicznej sytuacji? I niech część z tych ludzi – będzie chciała pogłębiać swoje zainteresowania. Co dalej? Bo – nie samym chlebem człowiek żyje, a wegetacja to nie jest życie.

Księgarnie również nie prosperują najlepiej, zwłaszcza w małych miasteczkach, a o wsiach nie wspominając już w ogóle. A co za tym idzie – szeroka gama książek nie jest w ogóle zamawiana, stąd właściwie nie wiadomo co tak naprawdę jest dostępne na polskim rynku wydawniczym. Książki niestety po okładce ani po krótkiej recenzji nie ocenisz – recenzje są po to aby najlepiej schodził towar; nie ważne czy "rodzynek" czy przysłowiowa "kicha". Ocenic książkę – znaczy mieć ją w rękach. Czy księgarz po raz drugi coś dla ciebie zamówi jak odłożysz swój niedoszły nabytek (który nie spełnił oczekiwań) na półkę ze zrezygnowaniem? Czy księgarz w ogóle zdecyduje się coś zamówić za pierwszym razem? Biblioteki też nie inwestują w literaturę z zakresu proponowanego w KIPPIN, a powody są te same – brak pieniędzy. Inna też jest sprawa, że z czasem pewne książki stają się na rynku niedostępne w ogóle.

Co pozostaje? Coraz tańszy i coraz bardziej dostępny internet (niestety – tylko siłą wielkich pieniędzy stało się, że standardem wirtualnych książek jest zamiast wszechobecnego html'a, pdf – format którego obsługa na starych komputerach i w ogóle obsługa jako taka jest utrudniona – korzysta się z tego niewygodnie, jest to nieporęczne i potrafi stwarzać problemy z wyświetlaniem). Przewagą internetu nad innymi mediami jest globalny dostęp; wystarczy słaby komputer z modemem i telefon – nie ważne gdzie mieszkasz, czy w małym miasteczku czy na wsi. Niewątpliwą zaletą jest też bezpośredni dostęp dla wielu użytkowników jednocześnie.

Drugim powodem dla którego zdecydowałem się sprowadzić swoje zbiory do formy elektronicznej jest zwykłe ludzkie niechlujstwo. Książkę wystarczy pożyczyć trzem różnym osobom, i właściwie – o ile wróci, to niekoniecznie w stanie nadającym się do użytku. A kto mi za to zwróci? Z formy elektronicznej każdy może sobie bezpiecznie korzystać, a ja mam wszystko pod ręką w razie potrzeby. Jak mówiłem – wiele osób może korzystać w tym samym czasie z danego materiału. No i przybywa mi w ten sposób znajomych, co jest zdecydowanym plusem.

Trzeci powód uważam również za dość istotny. Moje doświadczenie z internetem nie jest najlepsze. Mimo ogromu witryn internetowych, tak naprawdę polskie zasoby są bardzo ubogie w poważniejsze propozycje. Coraz więcej ludzi sięga po internet i nie da się tego ukryć – są to w większości ludzie młodzi. I nie da się tego zatrzymać. Nierzadko szukają samopotwierdzenia, czy oparcia – nawet jeśli duchowego. A co zastają? Ogólny bałagan, w skład którego oprócz "perełek" wchodzi także sterty hałaśliwych ofert reklamowych, praktyki –

nazwijmy je "sektopodobne". Niestety perełek jest mało. Poziom naszego internetu paranormalnego jest ogólnie bardzo niski. Wiele materiałów się powiela, są fragmentaryczne. A wielu po prostu brakuje... Tyle – mówiąc w skrócie.

Czwarty powód. Ludzie z upośledzeniami wzroku bądź niewidomi. Sam mam takich znajomych. Co z nimi? Kto im pomoże? Rozwiązaniem są książki elektroniczne połączone z syntezerami mowy. Tu wychodzi jeszcze jeden istotny wątek. Pdf nie zawsze musi współpracować z syntezerem mowy (często nie współpracuje). Dlatego wybrałem html w połączeniu z prostotą obsługi i bez zbędnych "bajerów".

Ktoś po przyjacielsku zasugerował mi, że "odbieram wydawnictwom i piszącym chleb" czyli część dochodu. Nie była to złośliwa uwaga, gdyż od tej osoby otrzymałem również jedną autorską książkę – na użytek KIPPIN. Nie powiem, że nie myślałem nad tym wcześniej. Sądzę jednak – pomijając fakt iż niektórych książek z czasem nie można nigdzie dostać (czyli nakład nie istnieje) – że aż tak źle nie jest. Biorę pod uwagę następujące fakty. Oprócz ludzi ubogich, których najzwyczajniej na książki nie stać – gdzie większość z tej grupy raczej nie zechce owych książek kupić – istnieją także tacy, którzy po zapoznaniu się z lekturą w formie elektronicznej zechcą mieć firmowy egzemplarz. Różne kierują nimi powody. Jednym jest fakt, że z komputera – co jak co – ale nie czyta się najlepiej. Dopóki nie pojawią się naprawdę dobre syntezery mowy nie ma szans na zrewolucjonizowanie rynku e-book'ów. Nie ma to jak pocziwa papierowa książka. A wydruk niekoniecznie musi się opłacać – i może też być tak, że wydrukowanie wyszłoby drożej – cóż, każdy chce z czegoś żyć. Książki elektroniczne mogą mieć też dużo więcej błędów. Znam ludzi, dla których książka w formie elektronicznej ma charakter raczej poglądowy. Znam też ludzi, którzy lubią kupować książki papierowe dla samego ich posiadania – pod warunkiem że warto. Sądzę zatem, że KIPPIN w pewien sposób rekompensuje część strat, będąc swojego rodzaju promocją zachęcającą do kupowania. Wiem że jest ciężko. Obu stronom – zarówno sprzedającej jak i kupującej. Ale wydaje mi się, że ważniejszym od liczb i zer po jedynce – jest rozwój ludzki. Ci którzy piszą – też robią to dla ludzi. Bo jeśli nie ludzie będą czytać to kto...?

Całe przedsięwzięcie powstało i rozwija się dzięki życzliwości ludzkiej. Pożyczony sprzęt, pomoc organizacji sieciowej (dzięki kŻYhu, dzięki Lambar), nadsyłane materiały (dzięki Wam wszystkim przychylnym)... Moją pracą – wkładem w KIPPIN były setki godzin spędzonych przy skanerze, OCR'owaniu, poprawkach i składaniu tego do html'a. Pełny wymiar godzin pracy. Teraz wiem, że nie robiłem tego na darmo. Pozwoliło to na rozwój dla mnie ale i z korespondencji widzę że pomogło również wielu innym. Wierzę, że z czasem uda się pchnąć to przedsięwzięcie na dalszy etap, rozwijając wątki praktyczne.

Apel do właścicieli praw autorskich oraz osób piszących.

Moje warunki bytowania są skromne. Należę do grupy społecznej zwanej "granica ubóstwa". Region zamieszkania nie rokuje również na poprawę, a rzekłbym nawet że jest coraz gorzej. Nie będę się tu szczegółowo zwierzał, bo moim celem nie jest sztuczne wzbudzenie współczucia, ale chciałbym skłonić czytającego do głębszych refleksji – zanim wyda osąd dotyczący tego co się znajduje dalej. Wierzę, że moje argumenty mogą być przekonujące. W tym miejscu proszę jedynie o przynajmniej przymknięcie oka na istnienie zbiorów KIPPIN i ich rozwój. Moja prośba dotyczy także w szczególności działalności mającej na celu "zachęcenie do sponsoringu" jak to określam. Jak wspomniałem już poprzednio – powietrzem samym nie umiem żyć, a do breatharianizmu mi jeszcze daleko.

Słowo wyjaśnienia, dlaczego nie zwracam się wpierw do właścicieli praw autorskich. KIPPIN jest swojego rodzaju rewolucją, tak jak za czasów "czerwonej inkwizycji" rewolucją była walka o wolność słowa i poglądów. Dziś kulą u nogi jest biurokracja i – niestety pieniądze. Czasem sam zastanawiam się co tak naprawdę myślą ludzie, piszący piękne artykuły ubrane w pięknych słowach, o harmonii, rozwoju duchowym, "sprzedawcach ludzkich dusz"... Ilu publicystów robi to dla idei a ilu... nie.

Zwracanie się "z prośbą o zezwolenie na wykorzystanie" materiałów wiąże się z następującymi problemami. Pieniądze i biurokracja to jeden powód. Drugim jest brak zainteresowania na rozwój przedsięwzięć typu KIPPIN (niestety – internet nie zakradł się do naszych domów – on się wdarł i na długo jeszcze ma szansę pozostać). *"Kim jest ten mały szary człowieczek? – zostawmy go na szarym końcu długiej kolejki oczekujących interesantów"* – zaczynając, nie miałem żadnego znaczenia strategicznego. Czy ktoś zwróciłby uwagę na moje zapytanie? A jeśli nawet – to czy odzew byłby wystarczający aby stworzyć prężny projekt? Ile czasu potrwają negocjacje, co zostanie zażądane w zamian, jakie warunki zostaną postawione? I tak dalej. Czy w tych okolicznościach mogłoby powstać cokolwiek, nie pytając już nawet "kiedy"? Nie znam się na takich negocjacjach, nie stać mnie na pokrywanie żadnych kosztów; jestem zwykłym szarym człowiekiem, który postawił sobie cel. Część powodów wymieniłem, a nad innymi się jeszcze być może nawet nie zastanawiałem.

Teraz archiwum już istnieje, i to od jakiegoś czasu. Podtrzymuję też zdanie, że jest to swojego rodzaju wybieg z mojej strony. Jeśli zostanę zignorowany – w porządku, jeżeli ktoś zwróci na mnie uwagę (w sensie pozytywnym) – również w porządku. To jest mój dorobek i zarazem pewien punkt wyjścia. Nie chcę aby moja wypowiedź wydawała się prowokacyjnie obskurna; z czasem zamierzam z każdym się skontaktować i podjąć stosowne rozmowy odnośnie ewentualnej współpracy, ale na tym etapie jeszcze nie powinienem.

Mimo zrozumiałego dystansu szczerze zapraszam do współpracy, szczególnie wydawnictwa, redakcje periodyków i osoby piszące bądź tłumaczące materiały. W pewnym sensie zbiory KIPPIN wyrobiły sobie renomę i wydaje się, że książki które trafiają tu – zyskują na wartości. Może to być więc dobra reklama dla domów wydawniczych ale też dla osób prywatnych. Podkreślam tylko, że książki lub inne materiały zanim tu trafią – przechodzą przez "cenzora" czyli przeze mnie. Ktoś musi.

* * *

Osoby posiadające możliwość archiwizowania zbiorów (książki, publikacje, artykuły) lub posiadające własne zbiory komputerowe, jeżeli zechcą wzbogacić archiwum KIPPIN, mogą je przysyłać. Po przyjrzeniu się materiałom, mogą one zostać zamieszczone w archiwum. Mile widziana okładka oraz informacje o wydawnictwie, by w przypadku nawiązania dialogu z autorami lub właścicielami praw autorskich, była możliwa aktualizacja informacji o nich. Materiały proszę przysyłać na adres e-mail. W przypadku chęci skorzystania z metod klasycznych (przesyłka pocztowa, list), adres kontaktowy również przez e-mail.

Osoby, które zechcą udostępnić posiadane materiały, a nie mają możliwości sprowadzenia ich do postaci komputerowej (w końcu są to ciężkie godziny pracy, przynajmniej ze skanerem, a później z obróbką OCR – czytaniem tekstu z grafiki, a nie każdy posiada skaner; wiem coś o tym wszystkim), proszone o przedstawienie swoich propozycji (co chciałyby udostępnić, w jakiej formie posiadają materiały, czy chciały by je wypożyczyć, czy wysłać ksero) i ewentualnie adresu, aby było możliwe nawiązanie kontaktu lub ustalenie warunków przekazu materiałów. Mile widziana pomoc nieodpłatna. Co do adresów korespondencyjnych, obowiązują te same.

Archiwum można również wesprzeć podejmując się tłumaczenia wskazanych materiałów lub innych ciekawych zbiorów (posiadanych lub znalezionych w internecie). Będą regularnie zamieszczane propozycje, czekające na polskie tłumaczenie – zwykle z angielskiego (wraz z deklaracjami, ile osób podjęło się tłumaczenia i czego).

* * *

Zapewne są wśród czytelników osoby publikujące lub przyszli autorzy przyszłych bestsellerów. Na życzenie, w archiwum KIPPIN, może zostać zamieszczony dowolny autorski artykuł, książka lub program. Jest to forma wypromowania dla tych, którzy mają ambicję, ciekawe pomysły lub doświadczenia, ocierające się o świat paranormalny. Być może zamieszczenie tu swoich publikacji, ułatwi niektórym start. Jeżeli stroną zainteresują się poważne wydawnictwa, redakcje czasopism i inni inwestorzy, sądzę że zapoznają się oni zarówno z niniejszymi słowami jak i zawartością archiwum biblioteki. Być może przedstawiciele ci

zwrócić uwagę na niektóre propozycje przychodzące od czytelników, i kto wie – może zechcą im pomóc w wydaniu własnej książki, lub zaangażują do współpracy z periodykiem. Zanim jednak dany materiał trafi do KIPPIN przejść musi on przez kryterium weryfikacyjne – cenzora – czyli mnie. Zbiory nie mają jak na razie charakteru beletrystycznego, to znaczy odpadają rzeczy typu fabuła fikcyjna / zmyślona – ogólnie. Zachęcam do pisania.

Informacja do czytelników

Mimo naprawdę wciągającej lektury proponuję dystans w ilości przynajmniej pozwalającej na zachowanie czujności. O tym nie mówi się na co dzień, bo może to niektórych zniechęcić do czytania. Niemniej pisząc to, ja nic nie tracę, a zyskuję czyste sumienie, że nadmieniałem o tym, czym sam staram się kierować, sięgając po nową lekturę.

Każda z książek / publikacji, prezentuje określony punkt widzenia, a nie prawdę jedyną prawdziwą i ostateczną. Dana treść, posiadając swą charakterystyczną atmosferę, język, poziom merytoryczny, pomimo wzbudzanego zachwyty i zapatrzenia w jej zawartość, jest doświadczeniem i rozumowaniem jej autora. Nie należy traktować jego jako autorytetu tylko dlatego, że jest on autorem książki (publikacji, artykułu); jest on także człowiekiem, zdolnym do tego, co inni ludzie. A człowiek może się mylić. Każdy człowiek może się mylić; taka jest natura fizycznego istnienia. Dla czytelnika wskazana jest odrobina zdrowego dystansu, uwzględniającego własny rozsądek i tok myślenia, bazujący nie tylko na ideałach, ale i na realiach codzienności. To, że prawo grawitacji jest złudzeniem nie oznacza, że każdy jest w stanie je od razu pokonać. Może kiedyś. Każdy, zależnie od wykształcenia, wychowania, wiary i sposobu funkcjonowania logiki, tę samą treść zrozumie inaczej niż reszta. Te niedopatrzania, mogą być powodowane niezrozumieniem intencji autora, pryzmatem zainteresowań, lub pobieżnym potraktowaniem jednego wątku na rzecz innego. Należy więc czytać uważnie, a wielokrotna lektura, za każdym razem może wnieść coś nowego (i życzę samych pozytywnych sukcesów). Moje słowa, powinny być wzięte pod uwagę jako informacja, nic więcej.

Jak wcześniej wspominałem, zamieszczone są tu przedruki treści oryginalnej lub profesjonalnie (mam nadzieję) tłumaczonej z oryginału, a nie zredagowane teksty odnoszące się w określony sposób do swych pierwowzorów. Jakiegokolwiek przetwarzanie, interpretowanie oryginalnych treści kaleczy sens oryginału. Niestety wielu różnych publicystów, małego i dużego kalibru, ma tendencję do reinterpretacji. Wynika to po części ze specyfiki wykonywanych przez nich zawodów (uzewnętrznianych zainteresowań) i nikogo za to winić nie można. Niemniej skutki pojawiają się w postaci poważnych niedopowiedzeń, mogących w konsekwencji dane zagadnienie postawić w zupełnie innym świetle. Przykład

podałem w poprzedniej sekcji. Czasem też w oryginale nie chodzi o sam sens słów, ale o określoną kompozycję, wywołującą (prowokującą) zaplanowane reakcje uczuciowo-emocjonalne (wrażenia estetyczne). Myślenie ludzkie po części opiera się na logice, a po części na odczuciach. I o to czasami chodzi autorowi.

Chciałbym zwrócić uwagę na jedną rzecz. Książki, niezależnie od stopnia niebezpieczności proponowanych w nich procedur, technik i propozycji, stoją wszystkie na jednej półce, i różnią się głównie ceną. Jest tego bardzo wiele i cała różnorodność. Nadmiar informacji jest równie mocnym sposobem dezinformacji jak kłamstwa, niedopowiedzenia i mieszanie prawdy z fałszem. Pośród takiego nawału informacji, trudno jest określić, co jaki ma charakter. To, co jednym przyniesie korzyści, innym może skutecznie zaszkodzić. Niniejszą formę ostrzeżenia należy potraktować następująco. Czytając prezentowane tu materiały, bez względu na fascynację i głęboką wiarę, należy potraktować je z odrobiną zdrowego dystansu, zwłaszcza gdy propagują one specyficzny rodzaj zachowań. Nie chcę nikogo odstraszać, a zachęcić do rozwagi. Jej brak – wiadomo jakie może przynieść skutki u osób słabych i/lub niedoświadczonych psychicznie, bądź nazbyt fanatycznie ustosunkowujących się do nowo przyswojonych idei. Zmiana własnej postawy wobec życia nie polega na popadaniu ze skrajności w skrajność, a jeśli już – to w sposób na tyle kontrolowany, by nie przynieść szkód innym ludziom. Pamiętajmy, że każdy ma prawo do wolnego wyboru, co zaakceptować, ale wszyscy jadą na tym samym wózku.

SŁOWO WSTĘPNE

"Spośród licznych i różnorodnych sztuk i nauk budzących w nas zamięłowanie i będących dla umysłów ludzkich pokarmem, tym – według mego zdania – przede wszystkim poświęcić się należy i te z największym uprawiać zapalem, które obracają się w kręgu rzeczy najpiękniejszych i najbardziej godnych poznania [...] A cóż piękniejszego nad niebo, które ogarnia wszystko, co piękne..." [M. Kopernik, *De Revolutionibus...* Warszawa 1953]. Te słowa Kopernika mogłyby być mottem książki Ditfurtha. Nie tylko dlatego, że Hoimar von Ditfurth zajmuje się przede wszystkim związkami Ziemi z Kosmosem, ziemi – z niebem [zgodnie ze stosowaną terminologią astronomiczną nazwy własne planet, gwiazd, układów pisze ślą z dużej litery. Jeśli zaś słowo "ziemia" ma oznaczać powierzchnię, grunt czy użyte jest jako symbol – piszemy je z małej litery. Podobnie używamy słowa Galaktyka lub Droga Mleczna jako nazwy własnej naszego zbioru gwiazd (w odróżnieniu od Innych galaktyk). Zbiór obiektów dostępnych poznaniu nazywamy Wszechświatem (ale wszechświatów może być wiele); przyp. M. Iłowiecki]. Również, a może zwłaszcza dlatego że ta zdumiewająco logicznie skonstruowana książka udowadnia znaczenie owych związków dla świata istot żywych – zatem i bezpośrednio dla nas. Krótko mówiąc: powstanie i ewolucja życia, a także możliwość jego obecnego i przyszłego istnienia wynika ściśle z charakteru wzajemnych powiązań i wpływów w Układzie Słonecznym. Nasz Układ podlega wpływom innych gwiazd i wreszcie całej Galaktyki; Droga Mleczna jest tylko jedną, nie największą, z miliardów galaktyk.

Chcąc zrozumieć, dlaczego najdziwniejsza historia (bo przecież historia życia jest właśnie najdziwniejsza) odbyła się tak, a nie inaczej, i tutaj, a nie gdzie indziej, trzeba zacząć od zrozumienia pewnych związków pierwotniejszych i ogólniejszych i prawidłowości, które nimi sterują. Trzeba objąć spojrzeniem całą scenę, na której się wszystko odbywa: "niebo, które ogarnia wszystko".

Dostrzeżenie wielkości, rozległości, a zatem znaczenia wzajemnych uzależnień w dostępnej obserwacji części Wszechświata, a zwłaszcza w samym Układzie Słonecznym – nie jest, oczywiście, zasługą Ditfurtha. Koncepcje, których jasny wykład przedstawił w swojej książce, są uogólnieniem najnowszych wyników (niekiedy z ostatnich dosłownie dni) nauk przyrodniczych; są popularnym zarysem takiego obrazu świata, na jaki pozwala dzisiejszy stan nauki.

Ujmowanie Kosmosu jako pewnej hierarchicznej, ściśle powiązanej całości nie jest również odkryciem współczesnych. Korzenie takiego poglądu sięgają starożytności, która rozbudowała wiele systemów kosmologicznych, zachowując jednak w większości podstawową zasadę geocentryzmu – spojrzenia na świat przez Ziemię, dla której jakoby miała istnieć cała reszta.

Zresztą w ogóle od czasów najdawniejszych w społeczeństwach prymitywnych (co przetrwało i do dziś) system poglądów na świat miał spełniać ważną funkcję: integrować rzeczywistość, by człowiek nie czuł się w niej obco, dostrzegalne otoczenie miało być jedynie areną dla istnienia ludzi i bóstw, otoczką, w której nawet siły okrutne i wrogie stawały się elementami jednej całości i dzięki temu można je było akceptować i znieść. W tym sensie ogólniejszy pogląd na świat był pierwotnie bardziej może wyrazem konieczności przeciwstawiania się strachowi niż potrzeby intelektu. Niezależnie od tego, że bezpośrednio doświadczenia i obserwacje w sposób oczywisty ułatwiają przyjęcie takiego właśnie modelu.

Wydaje mi się dość interesujące, że obecnie – choć w innej formie i w innych wymiarach – wyniki nauk ścisłych znów prowadzą do tego najstarszego z uogólnień, do pełnej integracji modelu naszego świata.

Oczywiście każda cywilizacja, której "ślad intelektualny" przetrwał, miała własne poglądy na – jak powiedzielibyśmy dziś – strukturę świata. Można uzasadnić tezę, że cywilizacja wyrosła z kręgu śródziemnomorskiego wyjątkowo dużo uwagi poświęcała astronomii i już co najmniej kilka tysięcy lat temu doszła do spójnych i logicznych systemów kosmologicznych. Może dlatego, że systemy te miały nie tylko pełnić rolę swoistego wsparcia psychicznego, nie tylko ułatwiać praktyczną działalność (np. mierzenie czasu, przewidywanie pewnych zjawisk klimatycznych itp.), ale również i przede wszystkim wyjaśniać dostrzegane zjawiska. Stąd kosmologia np. starożytnych Greków wyrosła głównie jednak z obserwacji i najbliższa była empirii spośród systemów kosmologicznych innych narodów (czy też, ściślej mówiąc, najbardziej uwzględniała dostępne obserwacje niezależnie od tego, czy były one błędne czy prawidłowe). Nurt ten, mimo licznych i długotrwałych załamania, odżył w czasach nowożytnych, by dziś dopiero objawić się w pełni.

Wśród dawnych Greków różne były oczywiście poglądy na "budowę świata". Mniej więcej od IV wieku p.n.e. najpowszechniej chyba uznano jeden model podstawowy: kulista Ziemia tkwi w samym środku Wszechświata, jest jego centrum i zarazem jakby dnem, miejscem zatem szczególnie wyróżnionym. Nad Ziemią rozpięte są koncentrycznie sfery coraz wyższe i doskonalsze. Najbliżej obiegają glob ziemski planety, Księżyc i Słońce. Najdalsza sfera unosi gwiazdy. Poza tą sferą nie ma ani przestrzeni, ani materii.

Wszechświat jest więc geocentryczny, statyczny, hierarchiczny, coś w rodzaju samowystarczalnego, doskonałego i wiecznego mechanizmu o bardzo regularnej budowie. Z takiej regularności i trwałości wynikała jedność.

Z geocentryzmu i jedności wynikał bezpośredni wpływ sfer zewnętrznych na wszystko, co działo się w środku – na Ziemi. Planety, Słońce i gwiazdy istniały zapewne po to, by kształtować ludzi i ich poczynania, wpływać na "bieg ziemskich rzeczy".

Taki Wszechświat, mimo iż istniały na nim złe moce, nie był z natury obcy i okrutny; przeciwnie, stanowił jakby wielki dom, w którym wszystko było na swoim miejscu i miało swój los, zależny od losu wszystkiego innego. Zrozumiałe, że przewidzieć bieg rzeczy na Ziemi to ustalić wpływy konstelacji i gwiazd. Zdaniem np. Platona, człowiek jest taką samą nierozłączną częścią wspólnoty ludzkiej, jak częścią całego Wszechświata. Kosmos zyskiwał bezpośredni związek ze światem ludzkim, astrologia stała się nauką ważną i bardzo potrzebną.

Możemy łatwo pojąć, jakim wstrząsem musiało okazać się – po wiekach zamieszkiwania w środku jednolitego świata – stwierdzenie Kopernika. Zepchnięcie Ziemi z uprzywilejowanego miejsca było nie tylko zmianą pewnego systemu kosmologicznego na inny, lepszy zresztą nie tylko dlatego, że prawdziwy. Było wywróceniem całego dotychczasowego systemu wygodnych pojęć, zmieniało zasadniczo stosunki człowieka ze światem. Można sądzić, że opór ówczesnych uczonych i laików wobec -teorii Kopernika wynikał nie tylko z zagrożenia panującej ideologii. Był w jakiejś mierze również wyrazem strachu przed usuwaniem się spod nóg najtrwalszego fundamentu, przed dezintegracją swojego świata.

Upraszczając, można powiedzieć, że odtąd każda nowa zdobycz nauk o Wszechświecie unaoczniała wciąż wyraziściej pewien tragiczny obraz: oto pyłek, coraz drobniejszy i mniej trwały, pędzący bez celu w obojętnych, pustych przestrzeniach, gdzieś u skraju skupiska niezliczonych dalekich i obcych gwiazd.

Na takiej Ziemi wszystko musiało wydawać się przypadkowe i niepewne – nawet Bóg zdawał się nie dawać takiego oparcia, jakie stanowił niegdyś. Być może Blaise Pascal wyraził najlepiej pewne postawy, opisując stan swoich uczuć:

"Kiedy zważam krótkość mego życia, wchłoniętego w wieczność będącą przed nim i po nim, kiedy zważam małą przestrzeń, którą zajmuję, a nawet którą widzę, utopioną w nieskończonym ogromie przestrzeni, których nie znam i które mnie nie znają, przerażam się i dziwię..."; i jeszcze: "Cały ten widzialny świat jest jeno niedostrzegalną drobiną na rozległym łonie natury. Żadna idea nie zdoła się do tego zbliżyć. Darmo byśmy piętrzyli nasze pojęcia poza wszelkie dające się pomyśleć przestrzenie; rodzimy jeno atomy w stosunku do rzeczywistości rzeczy" [B. Pascal, Myśli, 205 i 72, przełożył Tadeusz Żeleński-Boy, Warszawa 1952].

Ciekawe, że Pascal był jednym z najwybitniejszych matematyków i twórcą bodaj pierwszej maszyny rachunkowej i że za jego życia urodził się Newton, który miał niedługo znowu przydać rozpadającemu się światu trwałe fundamenty. W każdym razie takie "pascalowskie" spojrzenie na rzeczywistość przetrwało (w mniej lub więcej zmienionej formie) aż do naszych czasów. Ostatnią może ciekawszą koncepcją naukową, w której uda się znaleźć powiązanie z tamtym nurtem, jest hipoteza wybitnego astronoma angielskiego J. H. Jeansa na temat pochodzenia Układu Słonecznego.

Nie wdając się w szczegóły, przypomnę, że utworzenie się planet przypisywał Jeane wielkiej, przypadkowej katastrofie kosmicznej (obce ciało niebieskie, zbliżywszy się do Słońca, miało wyrwać z niego cygarowatą smugę materii). Istotą rzeczy jest tu przypisywanie przypadkowi głównej roli w powstawaniu światów; tak mogło się stać w przypadkowym, zdeintegrowanym Kosmosie, w którym części niezależne są od siebie i od całości. Taka zasada stała się jednak nie do przyjęcia we Wszechświecie, podległym prawidłom ewolucji materii i będącym materialną jednością – to znaczy w takim, jakim ujmuje go współczesność. A przecież jeszcze przed Jeansem, jeszcze przed zdobyciem większości najważniejszych spośród znanych dzisiaj danych o strukturze Wszechświata, Marks i Engels przedstawili jedną z najspójniejszych teorii: koncepcję przyrody dialektycznej. Materializm dialektyczny chwyta nowy sens i ład Kosmosu w nim samym – rezygnując z poszukiwań poza materialnym światem.

Niemniej, daleko jeszcze do zrozumienia jedności Wszechświata, a charakter zależności nawet w samym Układzie Słonecznym do dziś nie wydaje się jasny. Na trzeciej, licząc od Słońca, planecie tego Układu wydarzyło się coś zdumiewającego – dlaczego tu, dlaczego wtedy, dlaczego tak? Na razie nauka nie przynosi odpowiedzi wystarczających.

Poczucie kruchej samotności i niepojętej przypadkowości – a więc bezsensu – nie opuszcza umysłów najprzenikliwszych. Być może, takie poczucie jest po prostu integralną częścią tego, co nazywamy kondycją ludzką. Być może, wciąż brakuje danych, by uchwycić ogólniejszy sens wszechrzeczy – choć dzisiaj niemal każdego dnia takich danych przybywa z pola nauk ścisłych (i przybywać będzie dopóty, póki trwać będzie poznanie).

Przypuszczam, iż nie przesadzę za bardzo, jeśli powiem, że książka Ditfurtha jest małym szczyblem do zrozumienia sensu, o którym mowa wyżej. W każdym razie książka ta dorzuca sporo nowych informacji, umożliwiających wyrobienie sobie bliższego prawdy poglądu na "najdziwniejszą z historii" – to znaczy na historię życia, i pozwala ocenić – kto wie, czy nie bardziej jeszcze zaskakującą – niesłychaną współzależność nawet pozornie odległych zjawisk w przyrodzie.

W trakcie czytania "Wyłania się [...] nagle fascynujący i nowy, a prócz tego w nowości swej dziwnie znajomy obraz świata powiązanego ze sobą we wszystkich swych częściach, przenikniętego prawami i siłami, pod których wpływem staje się prawdziwym Kosmosem, uporządkowanym kształtem, w najmniejszej nawet części zależnym i określanym przez to, co się odbywa na jego najdalszych granicach." (Rozdział I, s. 31.)

Nowy obraz świata ma znaczenie nie tylko dla poznania. Wedle Ditfurtha bowiem wiedza przyrodnicza ma być drogą do samozrozumienia (co jest prawdą, choć wydaje mi potrzebne uściślenie: wiedza ma być jedną z dróg).

Więcej – ma tworzyć w nas nową wartości, ulepszać ludzki charakter. Ditfurth uważa, że jedną z przyczyn "cynizmu i nihilizmu" obecnych czasów mogło być poczucie izolacji w "pustym i niewiarygodnie wrogim" Kosmosie, którego obraz utrwaliła nauka ostatnich wieków. Zmiana owego obrazu może więc przyczynić się do korzystnych przekształceń psychiki ludzkiej.

Pogląd to interesujący, obawiam się jednak, czy nie nazbyt optymistyczny.

Snując swą piękną opowieść, Hoimar von Ditfurth stara się nie wykraczać poza granice faktów uznanych już za niewątpliwe albo ustalonych z bardzo dużym prawdopodobieństwem. Jego wnioski są wsparte silnymi przesłankami. Rzadko tylko mogą wydawać się nie całkiem prawomocne, jeszcze rzadziej zdarza mu się zapomnieć o wyraźnym odróżnieniu danych pewnych od jedynie prawdopodobnych. Zdarza się to jednak, zwłaszcza wtedy gdy przychodzi opuścić pewny grunt nauk ścisłych. Ponieważ książka przeznaczona jest dla niespecjalistów, pozwalam sobie zwrócić uwagę na parę nieścisłości, które udało mi się zauważyć.

Np. w swych rozważaniach, na temat agresywności ludzkiej (strony 42 – 43) Ditfurth ujmuje ją, jako rodzaj wrodzonego popędu. Nie jest to ściśle – dzisiaj uczeni skłonni są przypisywać społecznym mechanizmom wywoływania agresywności co najmniej taką rolę, jaką pełnią mechanizmy biologiczne. Erich Fromm na przykład w ogóle nie uznaje agresywności u człowieka za popęd wrodzony. Stwierdzenie, iż "czyn kilku fanatyków pociągnął za sobą wybuch wojny" (s. 43 – chodzi o I wojnę światową; ma to być przykład popędowego charakteru agresywności) jest w sposób oczywisty ahistoryczne i w ogóle niesensowne. Każdemu uczniowi chyba wiadomo, że historycy znaleźli wystarczającą liczbę przyczyn (ekonomicznych, politycznych i społecznych) wybuchu I wojny (i w ogóle każdej wojny), zamach zaś w Sarajewie spełnił rolę jedynie swego rodzaju "spustu". Trudno pojąć, dlaczego zwykle ostrożny i logiczny autor w tym wypadku radykalnie odrzuca swą logikę- Można tylko dodać, że mimo błędnych założeń, Ditfurth dochodzi w tym samym rozdziale do słusznych wniosków o realności niebezpieczeństw, grożących ludziom.

Przedstawiając – zresztą fascynujący – portret gwiazdy (Słońca), Ditfurth, pociągnięty logiką opisywanej teorii ewolucji Układu Słonecznego zapomina dodać, że taki właśnie przebieg ewolucji jest wprawdzie najpowszechniej dziś przyjęty w nauce, niemniej nie 'jest udowodniony bez zastrzeżeń. Podobnie z hipotezą o powstawaniu we wnętrzach gwiazd wszystkich pierwiastków z wodoru (w rozdziale "Materia, z jakiej się składamy"). Jest to tzw. hipoteza B2FH (żartobliwy skrót od nazwisk jej twórców: małżeństwa Burbidge'ów, Fowlera i Hoyle'a), pięknie uzasadniona, ale i atakowana za to, że nie wyjaśnia wystarczająco dobrze pewnych faktów. Ostrożność nakazywałaby o tym wspomnieć.

Również warto dodać, że teza na temat neandertalczyka (s. 356) – jakoby był on

boczną, ślepo zakończoną odnogą ewolucji homo sapiens (a więc tylko kuzynem dzisiejszego człowieka, nie zaś jego przodkiem) jest tezą ostatnio ostro zwalczaną przez niektórych antropologów. Jest też mało prawdopodobne, że neandertalczyki nie posługiwali się jakimiś zaczątkami mowy.

Wreszcie na s. 197, Ditfurth zbyt lekko – moim zdaniem – "załatwia" jeden z najciekawszych problemów filozofii matematyki i w ogóle teorii poznania: chodzi o relację między równaniami matematycznymi a obiektami świata fizycznego. Samo sformułowanie problemu przez autora nie jest najszcześniejsze: "Owa równowaga pomiędzy ruchem gwiazd a wywodzącymi się z naszej logiki regułami arytmetycznymi pozostaje tajemnicą po dzień dzisiejszy." Owszem, ale spór idzie właśnie o to, czy te reguły "wywodzą się z naszej logiki", tj. są pochodną umysłu ludzkiego, czy też są odbiciem rzeczywistości, w której tkwią, ukryte w "porządku natury". Marksisci uznali już dawno pierwotność rzeczywistości wobec struktur umysłu, ale to już inna historia.

I ostatnia sprawa: Ditfurth niezwykle pomysłowo i jasno toczy wywód o przyczynach istnienia i przemianach magnetosfery Ziemi, a zwłaszcza o zasadniczym wpływie tych przemian na ewolucję życia. Jest to relacja urzekająca logiką i podbudowująca może najsilniej główną tezę książki – o współzależności zjawisk pozornie odległych. (Dowodzi się tu m. in. rzeczy naprawdę zdumiewającej – a przecież prawdziwej – że zachowanie się rozległej na 200 000 kilometrów magnetosfery jest ściśle związane z zachowaniem molekuł w mikroskopijnym jądrze żywej komórki! Czyż potrzeba czegoś więcej?)

I oto w tym pięknym wywodzie spotykamy hipotezę: główną przyczyną dziwnych w istocie a niesłychanie ważnych dla ewolucji życia "przebiegunowań" Ziemi (tj. stosunkowo nagłych zmian kierunku jej pola magnetycznego) mają być katastrofalne uderzenia w nasz glob gigantycznych meteorytów. Nie da się zaprzeczyć, iż w tym wypadku – na razie – ta właśnie hipoteza spełnia najlepiej warunki, wymagane od teorii naukowych: w najprostszy sposób wyjaśnia możliwie dużą liczbę faktów. Znalezione też oczywiście sporo dowodów, że wielkie zderzenia istotnie przytrafiały się Ziemi nieraz w ciągu jej długiej historii. Wszystko w porządku? Niby tak, ale na miejscu Ditfurtha nie cieszyłbym się specjalnie: hipoteza katastrof zawiera element przypadkowości, jest więc wyłomem w urzekającej intelektualnie i z takim mozolem cały czas budowanej konstrukcji świata – logicznego mechanizmu! Przypuszczam, że kiedyś znajdą się lepsze wyjaśnienia tajemniczych "przebiegunowań" Ziemi – albo też "katastrofy kosmiczne" okażą się podległe jakiemuś żelaznemu prawu, sterującemu nimi w czasie i przestrzeni. Albo... świat nie jest taki, jakim chcielibyśmy go widzieć.

Zresztą przecież cały obraz skomponowany przez Ditfurtha jest syntezą do dziś zdobytych danych obserwacyjnych. W momencie czytania będą to już dane z wczoraj. Postęp nauk jest nieprawdopodobnie szybki. Nie mogą się więc

powstrzymać od przytoczenia tu pewnego ostrzeżenia. Sformułował je jeden z wybitniejszych kosmologów współczesności, Fred Hoyle: "Dla mnie osobiście dokładny stan danych w określonym momencie jest mniej ważny niż trend rozwoju zbioru tych danych. Czy tego chcemy, czy nie, trend ten zdaje się zmuszać nas do przekroczenia pomostu ku nowej, całkowicie nieznannej Ziemi" [F. Hoyle, *The Crisis in Astronomy – w publikacji Physics 50 Years Later*, Washington 1973].

Na razie jednak mamy wystarczająco dobre podstawy naukowe do mniemania, iż przynajmniej nasz Układ Słoneczny stanowi całość organiczną i spójną, w której każdy element ma istotne znaczenie, wszystkie zaś elementy nie są tylko zbiorem, lecz właśnie nową jakością. Przeszłość nie mija ostatecznie – przyszłość wywodzi się z teraźniejszości.

W tej sytuacji Ziemia (i cały Kosmos) nie jest tylko siedliskiem życia – jest jego partnerem; człowiek jest "wkomponowany" w świat, nie – rzucony w "bezlitosną pustkę".

Wydaje mi się wielkim sukcesem Ditfurtha, że po przeczytaniu tej książki można zrozumieć i uznać racje pozwalające mu napisać tak w istocie niezwykle zdanie: "Cała Droga Mleczna ze swymi 100 miliardami słońc była potrzebna, aby narodziło się to, co nas otacza każdego dnia." (s. 394)

Humanistyczny sens, pracy Ditfurtha wyraża się więc w przydawaniu racji pewnemu niezbędnemu poczuciu: poczuciu harmonii między człowiekiem a otaczającym go światem. Nie byłbym sobą, gdybym nie dodał, że współczesna cywilizacja podważa bezlitośnie tę naturalną harmonię – ale to również inna historia.

W książce, która leży przed nami, dowodzi się tezy, że nie jesteśmy "podrzutkami Wszechświata" – jesteśmy jego dziećmi. Jest to prawda – tym ważniejsza, że równie piękna jak bardzo nam potrzebna.

Maciej Łowiecki

MIEJSCE AKCJI

MINIATUROWA SCENA UNOSI SIĘ WE WSZECHŚWIECIE •
DRAMAT ŻYCIA W CIENIUTKIEJ BŁONIE • STRACHEM
PODSZYTA AGRESJA PRZECIWKO OŚWIECENIU • NOWY
PRZEWRÓT DUCHOWY • PUNKT ZOGNISKOWANIA SIŁ
KOSMICZNYCH

Trzy miliardy lat – tego już nie potrafimy sobie uzmysłwić. Okres czasu, w którym przebiegała dotychczasowa historia życia na Ziemi, jest tak długi, że siła naszej wyobraźni nie może mu sprostać. Natomiast przestrzenny rozmiar sceny, na której od zarania historia ta się rozgrywa – tylko nim dla swego celu dysponując – wyda nam się w porównaniu z tym nader mały. Najstarsze odkryte prekambryjskie skamieniałości, a mianowicie prymitywne sinicopodobne jednokomórkowce z tak zwanego gunftint chert (to jest pewnej geologicznie niezwykle starej skały, przypominającej łupek, a występującej na północy stanu Michigan), a w pewnym stopniu także niedawne znaleziska na terenie Afryki Południowej, dowodzą, że życie na Ziemi istnieje już od co najmniej trzech miliardów lat. Wobec takiego dystansu czasu wydolność naszej wyobraźni zawodzi. Nasze odczucie czasu oraz nasza umiejętność oceny i uświadomienia sobie w sposób obrazowy oddalenia, i to również oddalenia w czasie – są z oczywistych przyczyn biologicznych dostrojone do naszej fizycznej budowy, a mianowicie do takiej budowy naszego ciała, jaka umożliwia nam przebycie o własnych siłach co najwyżej dziesięciu ^czy piętnastu kilometrów w przeciągu godziny i jaka określa krańcowy czas trwania naszego życia na siedemdziesiąt, najwyżej osiemdziesiąt lat.

Nie możemy zatem już sobie uzmysłwić, co to jest trzy miliardy lat. Fakt ten, aczkolwiek pośrednio, jest jedna z najważniejszych, chociaż rzadko kiedy rozpoznawanych przyczyn, dla których wielu świątłych współczesnych wciąż jeszcze nie może uwierzyć w prawdę nauki Darwina o ewolucji. Wydaje im się po prostu całkowicie niemożliwe, aby zespołowe działanie przypadkowych nie ukierunkowanych mutacji oraz selekcji dokonującej •wśród nich wyboru, to znaczy, aby tak mozolny "ślepy" proces potrafił "w krótkim czasie niewielu miliardów lat" doprowadzić do powstania jednych gatunków z innych i wytworzenia na drodze wewnątrzgatunkowej konkurencji wyżej rozwiniętych, bardziej skomplikowanych i 'bardziej postępowych form życia, spotykanych obecnie w takiej różnorodności.

Krytykom tym trzeba rzeczywiście przyznać, że to jest niewyobrażalne, jednakże w sensie o wiele bardziej dosłownym od tego, który mają na myśli. W powiązaniu z naszą strukturą jesteśmy bowiem zmuszeni w sposób absolutnie nieunikniony

do dewaloryzowania okresu czasu tego rzędu 'wielkości, a czynimy to tak drastycznie i tak bez żadnej możliwości włączenia w ten proces głębszej rozważki, że podany powyżej argument traci wszelką wartość dowodową. Tendencja ta, której sobie nie uświadamiamy i uświadamiać nie możemy, na domiar złego znajduje oparcie także w naszej pisowni. Gdy przechodzimy z 1000 na 1 000 000 dodajemy po prostu do trzech zer stojących po prawej stronie jedynek – dalsze trzy zera. W ten sposób znakomity system określany mianem dziesiętnego umożliwia nam wygodne obcowanie z wielkimi liczbami. Z drugiej jednak strony już dziecko w wieku szkolnym wskutek tego musi zapomnieć, że dodając te trzy dalsze zera posługuje się wyrefinowaną "stenografią cyfrową", która wyraża fakt, że pierwsza liczba (1000), aby urosnąć do jednego miliona, powinna być przecież napisana tyle razy, ile odpowiada jej właściwej wartości liczbowej, a więc nie mniej aniżeli tysiąc razy jedna za drugą.

Jak wiadomo, istnieją pewne pomoce myślowe, niby protezy dla naszej wyobraźni, dzięki którym na przeciąg pouczającej chwili może nam zaświtać pojęcie o wielkościach, z jakimi mamy tutaj do czynienia: wymawiając co sekundę jedną liczbę możemy doliczyć do tysiąca w ciągu jednego kwadransu. Dla miliona potrzeba w tych samych warunkach – zakładając ośmiogodzinny dzień pracy na liczenie – już całego miesiąca. Aby dojść do miliarda, należałoby temu poświęcić całe życie, dzień po dniu przez osiem godzin, przyjmując wciąż tylko jedną sekundę dla każdej liczby i dożywając jeszcze w tym celu pełnych osiemdziesięciu lat. Podobnie zdumiewające są wyniki przenoszenia rozmiarów czasu na odległości przestrzenne. Gdybyśmy chcieli przedstawić przebieg naturalnej historii ostatnich trzech miliardów lat na graficznym schemacie o długości trzech metrów – to dla całej historii ludzkości łącznie z okresem prehistorii, od epoki brązu począwszy, nie starczyłoby już miejsca nawet dla zaznaczenia jej pod mikroskopem. Dziesięć tysięcy lat zajęłoby na takim grafiku tylko jedną setną milimetra.

Stosując takie i inne eksperymenty myślowe, możemy sobie najwyżej uprzytomnić, że rozmiary czasu, w ciągu których dotychczas rozwijało się życie na Ziemi – są nie do ogarnięcia. Jest już dostatecznie zdumiewające, że potrafimy wtórnie obliczać rząd ich wielkości: przypisujemy im liczby i nazwy, ale już nie pojęcia obrazowe. Czas trwania tego olbrzymiego rozwoju umyka naszej wyobraźni,

Wobec tych rozmiarów – widownia akcji, scena, na której wyłącznie rozgrywa się wszystko, co się dotychczas działo, zda się nam stosunkowo maleńka: jest nią powierzchnia naszej Ziemi. Co prawda "scena" ta liczy sobie ze wszystkim około 500 milionów kilometrów kwadratowych, włączając w to oceany i strefy podbiegunowe. Jeżeli bowiem pragniemy obserwować historię nie tylko samego człowieka, lecz całego życia ziemskiego, musimy naturalnie uwzględnić oceany tak samo jak dżungle i inne rejony, które wydają się nam z naszej perspektywy życiu nieprzyjazne. 500 milionów kilometrów kwadratowych na pewno nie jest

mało, jednakże kwadratowe pole o długości boków nieco więcej niż 22 000 kilometrów jest czymś, co możemy sobie jeszcze bez trudu wyobrazić, a areał takiego pola odpowiadałby właśnie mniej więcej powierzchni Ziemi.

Zwłaszcza nam, ludziom dnia dzisiejszego, szczupłość tej sceny, na której przebiega historia ludzkości, objawia się szczególnie plastycznie wobec zdjęć Ziemi swobodnie unoszącej się w przestworzach, zdjęć przywożonych obecnie przez astronautów z lotów kosmicznych. To co tam płynie nieskrępowanie w nieograniczonej przestrzeni i wydaje się zagubioną kulą tak łatwą do objęcia wzrokiem – jest wszystkim, czym życie dysponowało jako miejscem akcji w ciągu tego niewyobrażalnego okresu trzech miliardów lat. Na powierzchni tej kuli, której wymiar od góry do dołu wynosi równo 12000 kilometrów, rozgrywało się od zarania dziejów wszystko, co człowiek kiedykolwiek czuł i myślał, co zdołał i co wycierpiał, ale nie tylko to: również połączenie

pierwszych abiotycznie powstałych cząsteczek organicznych, ich nieskończenie powolny dalszy rozwój aż do pierwszego zdolnego do replikacji układu biologicznego, "wynalezienie" fotosyntezy, powstanie wielokomórkowców, podbój lądu, odkrycie ciepłokrwistości, pojawienie się świadomości i wreszcie, w czasach najnowszych, zdolność do samozastanowienia.

Aby móc uzyskać właściwą miarę rządzących tu proporcji, musimy do naszych rozważań wciągnąć jeszcze trzeci spośród oddziałujących tu wymiarów. Scena, o której mowa, nie jest przecież powierzchnią liczącą sobie 500 milionów kilometrów kwadratowych, lecz przestrzenią wznoszącą się na tym obszarze. Jak wygląda zatem sprawa wysokości, to znaczy trzeciego wymiaru miejsca akcji? Wydaje się słuszne, aby wymiar ten ograniczyć w górę do 2000 metrów. Wprawdzie człowiek może egzystować bez maski tlenowej na wysokości około dwukrotnie większej. Ale bez kilkutygodniowego okresu aklimatyzacji, połączonej z odpowiednią zmianą składu krwi – przede wszystkim przez wzrost liczby czerwonych krwinek przenoszących tlen – na obszarze powyżej granicy 2000 metrów wydolność organizmu ludzkiego bardzo szybko maleje. A przy tym liczba występujących jeszcze powyżej tej granicy form życia jest tak znikoma i malejąca, że możemy ich tutaj nie uwzględniać w ogóle. Przeciwnie, wysokość 2000 metrów jako przestrzeń do dyspozycji życia na powierzchni Ziemi założyliśmy o tyle hojnie, że średnia wysokość masy lądów naszej planety wynosi tylko 825 metrów. Zresztą rejony powierzchni ziemskiej leżące powyżej 2000 metrów – zupełnie niezależnie od tego, czy w ogóle można je jeszcze uważać za część zasiedlonej przez życie "ekosfery" – są stosunkowo tak niewielkie, że chociażby z tego powodu możemy je śmiało pominąć.

Tak -wiec przestrzeń życiowa, którą próbujemy tu zobrazować, ma około 2000 metrów wysokości. A co z jej głębokością? Nie chcemy przecież w żadnym razie siebie tylko uważać za punkt wyjściowy i uwzględniać wyłącznie stanowisko człowieka: scena, której zarys usiłujemy tu przedstawić, jest wszak widownią

całego ziemskiego życia. Nie wolno nam więc zapominać o wodach, tym bardziej że według tego wszystkiego, co nam dziś wiadomo, właśnie one były tego życia początkiem i kolebką. Jednakże czynnik ten – pomimo że w tych warunkach trudno nie brać go pod uwagę – nie jest wielki. Bądźmy więc bardzo wielkoduszni i dorzućmy jeszcze 1000 metrów. Oczywiście że i w ciemnych głębinach, poniżej tej założonej tu przez nas wielkości, istnieją także żywe istoty. Jak w ostatnich dziesiątkach lat stwierdzili biologowie badający strefy głębinowe, nawet najniższe połączenie dna oceanów na głębokościach ponad 10000 metrów są zasiedlone przez stosunkowo bogatą faunę. W tym wypadku więc rejony, o których mowa – w odróżnieniu od terenów wysokogórskich – reprezentują również część powierzchni ziemskiej, i to część znacznie większą, niż sobie to ogół zwykle wyobraża. Około dwóch trzecich łącznej powierzchni Ziemi (ściśle mówiąc: 361 na 510 milionów kilometrów kwadratowych, czyli 71 procent) pokryte jest wodą. Jednakże z tych 361 milionów kilometrów kwadratowych rejon o głębokości wód między 2000 a 6000 metrów, określany przez oceanologów jako "strefa otchłanna" zajmuje ponad 80 procent (ściśle: 82,7 procent). Pomimo to w tym miejscu, na użytek naszych rozważań mamy prawo ograniczyć ekosferę w dół do 1000 metrów, gdyż w stosunku do obfitości i różnorodności wszystkich form życia łącznie fauna głębokich mórz może być uznana za faunę środowisk krańcowych, ubogich w gatunki. Fauna ta (jak wynika z połowów systematycznie prowadzonych głęboko--morskimi sieciami) na głębokości wód poniżej 1000 do 2000 metrów bardzo szybko i bardzo znacznie rzadnie. Jednakże decydująca przyczyna, która upoważnia nas do uznania założonej dolnej granicy 1000 metrów za założoną hojnie – jest zupełnie inna. Jest nią bowiem stwierdzenie, że wszystkie dotychczas odkryte głębokomorskie istoty żyjące pochodzą również z górnych warstw wody, to jest z owych rejonów powyżej głębokości 500 do 600 metrów, stanowiących ostateczną granicę, do której w sprzyjających warunkach dotrzeć może światło słoneczne, a przynajmniej jego ślady. Zdolność do fotosyntezy, a tym samym pierwotna produkcja pożywienia, wygasa jednak już znacznie "wcześniej. Całe więc życie istniejące poniżej tych warstw nie tylko powstało w najwyższych warstwach morza przenikniętych jeszcze promieniami światła słonecznego, z których dopiero wtórnie powędrowało krok za krokiem w mozolnym przystosowaniu ku głębszym rejonom morza – lecz dla swego utrzymania jest jeszcze po dzień dzisiejszy zdane na organiczne substancje pożywienia, a te powstać mogą tylko w górnych dostępnych słońcu warstwach morza; stamtąd substancje te, już obumarłe, spływają w dół nieprzerwanym, odżywczym strumieniem. Miejsce akcji ma więc – rzecz można – pionowe rozpostarcie liczące łącznie tylko 3000 metrów. Dla zorientowania się, co to oznacza, musimy także tę wartość przenieść na skalę ilustracji 1, a mianowicie dokonanego przez astronautów zdjęcia swobodnie płynącej w przestrzeni Ziemi. Na fotografii tej kula ziemiska w naszej reprodukcji ma średnicę około 12 centymetrów. W tej skali grubość ekosfery wynosi dokładnie 0,03 milimetry. Na zdjęciu kuli ziemskiej tworzy ona

więc tylko cienką błonę, której grubość znajduje się poniżej granicy widoczności.

Oto wszystko. Jest to bowiem nie tylko nasza przestrzeń życiowa, obszar, na którym rozgrywała się dotąd cała historia ludzkości, ale jest to jedyna przestrzeń, jaką rozporządza całe znane nam życie i całe życie w ogóle, we wszystkich swoich formach i odmianach. 500 milionów kilometrów kwadratowych szerokości, 3000 metrów wysokości (czy też głębokości), a wszystko to niejako naciągnięte na kulę grubości 12 000 kilometrów. Kula ta, której wewnątrz także już kilkaset metrów w głąb należy do strefy dla życia "zakazanej", unosi się swobodnie w nie wy miernie rozległej, nieprzeniknionej pustej przestrzeni: oto nasz obszar życiowy, miejsce akcji dramatu ludzkiej historii.

Jakie wrażenie wywołuje taki obraz? Jaki będzie nasz sąd o własnej sytuacji na powierzchni tej Ziemi, gdy w taki sposób spróbujemy przyswoić naszej wyobraźni te liczby i relacje?

Jeżeli spojrzymy na to bez żadnych uprzedzeń, wyda nam się, że mamy przed sobą wzorcowy przykład egzystencji niebezpiecznej, w najwyższym stopniu zagrożonej i pod każdym możliwym względem absolutnie nieprawdopodobnej. Obiektywna rzeczywistość naszego ziemskiego istnienia – tak widziana – pozostaje w diametralnej sprzeczności z poczuciem bezpieczeństwa, przytulności i stałości, które w nas wzbudza nasze bezpośrednie otoczenie. Wystarczy tylko w myślach, w fantazji, cofnąć się na odległość odpowiadającą tej, z której została wykonana przez sondę kosmiczną fotografia naszej planety pokazana na ilustracji I, aby zdać sobie sprawę, że nasze codziennie doznawane wrażenie trwałości, oczywistości i niezawodności tego swojskiego i znanego nam otoczenia jest w rzeczywistości złudzeniem nie znajdującym żadnego poparcia w realnych warunkach naszej sytuacji, ale przeciwnie, będącym z nim w groteskowej wręcz sprzeczności. Nagle widzimy nasz świat w zgodnej z prawdą postaci maleńkiego obszaru jasności, ciepła i życia, rozciągniętego cieniutką warstwą na zagubionej kuli unoszącej się w pustym Wszechświecie. To co z przyzwyczajenia wydaje się codzienne i oczywiste, już z dystansu niewielu tysięcy kilometrów przedstawia się nam jako wyjątkowy nieomal pod każdym względem punkt w przestrzeni, w warunkach tak niewiarygodnych i jedynych w swoim rodzaju, że już samo to zdaje się uzasadniać słuszność wciąż jeszcze rozpowszechnionego poglądu, że Ziemia nasza – a tym bardziej powstałe na niej życie – jest zdarzeniem wyjątkowym, być może nawet jedynym w całym Wszechświecie i dającym się wyjaśnić tylko przez zupełnie nieprawdopodobny zbieg niezwykłych przypadków. Wniosek taki w pierwszej chwili wydaje się istotnie nieunikniony. Perspektywa naszej rzeczywistej sytuacji we Wszechświecie objawiająca się nam, skoro tylko oderwiemy się od nawykowego nieprzemyślanego powszedniego punktu widzenia i spróbujemy "obiektywnie" spojrzeć na to samo otoczenie – przedstawia się tak przekonywająco, że wyobrażenie o Ziemi jako ojczyźnie człowieka i życia zagubionej w bezgranicznych rozmiarach przestrzeni Wszechświata dawno już weszło jako

stały składnik do "nowoczesnego" obrazu świata.

Jednak nie zawsze tak było. Jeszcze przed niewielu wiekami człowiek uważał siebie i Ziemię za elementy do Kosmosu włączone. Wprawdzie człowiek średniowiecza odróżniał położony "pod Księżycem" ziemski świat od wiekuiście niezmiennych niebiańskich sfer gwiazdnych unoszących się nad tym podksiężycowym światem śmiertelnych istot i przemijających spraw, ale nawet przez chwilę nie wątpił przy tym w podstawową jedność tych dwóch zakresów Wszechświata, w ich ścisłe powiązanie; nie wątpił i w to, że nad przebiegającą pomiędzy nimi granicą rozciąga się gęsta sieć rozmaitych sił i wpływów, przenikających tu i tam, skutecznie oddziałujących, których istota objawiała mu się w postaci mnóstwa zróżnicowanych obrazów, alegorii i mitologicznych pojęć.

Takie pojmowanie świata, jakie dzisiaj nazywamy średniowiecznym, nie wytrzymało naporu obiektywnego spojrzenia na własne otoczenie, co przecież stanowi właściwe zadanie i funkcję nauk przyrodniczych. Mity i metafory okazały się nazbyt mgliste, nazbyt niedokładne. Do tego dołączył się jeszcze fakt, że uległy one w znacznym stopniu także pewnemu niebezpieczeństwu, zagrażającemu wszystkim ludzkim zamysłom: niebezpieczeństwu usamodzielnienia się w takim stopniu, że co pierwotnie było pomyślane tylko jako obraz rzeczy, uznane zostało za rzecz realną.

Wynikłe stąd odarcie ze złudzeń tego znanego i bezpiecznego świata stanowiącego część wszechogarniającego Kosmosu – okazało się znacznie bardziej radykalne, aniżeli można było przewidywać. Tym, co zaprowadziło Galileusza przed trybunał, a Giordana Bruna na stos, nie był tylko po prostu nieustępliwy brak tolerancji Kościoła unieruchomionego w gąszczu własnych dogmatów. Przy takim sformułowaniu ów zarzut potomności staje się nazbyt płytki, a przede wszystkim niesprawiedliwy. Dawno już przyzwyczailiśmy się do wyniku obiektywnej analizy świata dokonanej przez nauki przyrodnicze, ale zbyt łatwo przechodzimy do porządku nad strachem, który się krył za agresywną reakcją na pierwsze rezultaty tej analizy, nad wielkim wstrząsem, jaki wyniki te musiały wywołać u współczesnych.

Rezultaty wszak nie polegały na niczym innym, jak na pierwszych zarysach tego obrazu, który próbowaliśmy naszkicować na początku rozdziału. W wyniku bowiem próby oderwania się poprzez tworzenie pojęć przyrodniczych od znanej perspektywy codziennego punktu widzenia i spojrzenia na świat taki, jaki rzeczywiście jest – człowiek po raz pierwszy stanął wobec ewentualności, która musiała go dogłębnie przerazić: ewentualności istnienia we Wszechświecie, któremu on jest obojętny i który z kolei jego też nie obchodzi. To zapoczątkowało "nowoczesny" obraz świata uznany po dziś dzień za obowiązujący: treścią podstawową tego widzenia świata jest, że Ziemia wraz ze wszystkim, co na jej powierzchni istnieje i żyje, beznadziejnie samotna i zagubiona, płynie w ogromnym Wszechświecie, który jest wobec nas obojętny i którego zimny

majestat nic nie ma z nami wspólnego.

My, ludzie dzisiejsi, dawno już przyzwyczailiśmy się do takiego spojrzenia na naszą pozycję w Kosmosie. W głębi naszego jestestwa jesteśmy nawet prawdopodobnie dumni z naszego obiektywizmu i rozsądku umożliwiającego nam zaakceptowanie tej koncepcji naszego "prawdziwego" położenia, rozmiarów tej izolacji, samotności tej zsyłki w nieskończenie wielkim i nieskończenie martwym Wszechświecie. Można wątpić, czy jest to jedyny odruch, jaki w nas wywołała wizja takiego obrazu świata. Widać tu wyraźnie, że nauki przyrodnicze wbrew szeroko rozpowszechnionemu i całkowicie błędnemu pogładowi w żadnym razie nie ograniczają się do zbierania i porządkowania faktów. Jest to tylko środek do celu. Wiedza przyrodnicza nie jest ostatecznie niczym innym jak dążeniem człowieka do wyjaśnienia swojej własnej roli, swojej pozycji w całości układu. Wiedza przyrodnicza jest więc – innymi słowy – także tylko drogą do ludzkiego samozrozumienia. Dlatego też nie należy wątpić, że przekonanie o własnej izolacji w Kosmosie niezmiernie wielkim, nieskończenie pustym i niewiarygodnie wrogim życiu – przekonanie, które w ostatnich setkach lat zaczęło panować nad świadomością ludzkości – pozostawiło w tejże świadomości swoje charakterystyczne ślady. Chociaż oczywiście nigdy nie będzie można tego udowodnić, pragnąłbym pomimo to postawić tutaj hipotezę, że wiele z tego cynizmu i nihilizmu, który napotykamy w psychice "nowoczesnego" człowieka, wyrosło na zimnym podłożu tego obrazu świata.

Jedno z najbardziej fascynujących i najdonioślejszych przeświadczeń torujących sobie obecnie drogę do wiedzy przyrodniczej stanowi rozpoznanie, że taki obraz świata jest w swoich głównych zarysach błędny. To co się odbywa tam, na zewnątrz w przestrzeni Wszechświata, od wysokości niewielu tysięcy metrów nad naszymi głowami począwszy, w żadnym razie nie jest dla nas obojętne. Nauka ostatnich dziesięciu lat zaczęła odkrywać, że – przeciwnie – jest to związane z nami i z podstawowymi dla naszej egzystencji warunkami naszego najbliższego otoczenia na powierzchni Ziemi znacznie ściślej i bardziej bezpośrednio, aniżeli się śniło całej dawnej mitologii. Rodzące się od kilku lat poznanie, że na świecie, w którym się znajdujemy, w rzeczywistości wszystko jest ze sobą ściśle powiązane, sprawy największe z najmniejszymi, to co najbliższe nam, z tym, co się dzieje na pograniczu dostępnego naszej obserwacji Wszechświata – jest może najwspanialszym i najbardziej urzekającym, a na pewno najdonioślejszym olśnieniem nauki o Ziemi i niebie.

Przedmiotem tej książki są najważniejsze odkrycia i wyniki badań, przygotowujące w dzisiejszej dobie to poznanie o decydującym znaczeniu dla naszej samowiedzy. Odkrycia i rezultaty badań wywodzą się z najrozmaitszych dyscyplin nauk przyrodniczych, i to bynajmniej nie wyłącznie ani nawet nie w przeważającej części z najnowszych i najnowocześniejszych dziedzin nauki. Udział geofizyki i paleontologii jest w tym zakresie nie mniej istotny aniżeli badania przestrzeni kosmicznej i kosmologia. I właśnie ów wysoce

charakterystyczny fakt zgodności rezultatów poszczególnych dziedzin wiedzy, stosujących tak bardzo różne metody, rezultatów prowadzących do kształtowania jednego i tego samego obrazu Wszechświata oraz naszej w nim pozycji – dowodzi, że stajemy się świadkami i przeżywamy współcześnie jak gdyby duchowy przewrót w naszym pojmowaniu świata, a znaczenie tego przewrotu jest prawdopodobnie wielkie.

W trakcie próby szkicowania zarysów tego nowego i jeszcze zawsze niepełnego obrazu świata natkniemy się niewątpliwie na zdumiewające i nieoczekiwane powiązania: jak np. to, że życie nasze jest zależne od siły tak słabej, że wystarcza zaledwie do skierowania igły magnetycznej ku północy, a także i to, że prawdopodobnie nie byłoby tej siły, to jest pola magnetycznego Ziemi, wcale, gdyby Ziemia nie miała naturalnego satelity. Dziś doszliśmy do przekonania, że Ziemia bez Księżyca nie nadawałaby się dla nas do zamieszkania; trudno sobie wyobrazić bardziej dobitny i głębszy w swojej symbolice przykład rzeczywiście istniejącego ścisłego splecenia naszego "podksiężycowego" świata z siłami działającymi poza obrębem naszej przestrzeni życiowej. W dalszym ciągu zobaczymy, że w całym Wszechświecie następuje stała wymiana materii obejmująca również naszą Ziemię. Zgodnie z tym, co nam dzisiaj wiadomo, każdy z nas praktycznie biorąc miał już kiedyś w ręku kamień pochodzący z Księżyca, a może nawet z jeszcze o wiele bardziej odległych rejonów Wszechświata. W najnowszych czasach znalazły się nawet poszlaki dowodzące, że ta kosmiczna wymiana materii w sposób decydujący sterowała przebiegiem ewolucji i nadała kierunek przyjęty przez biologiczną filogenezę, w ciągu której życie rozwinęło się od swoich prymitywnych Jtonn wyjściowych do dzisiejszej różnorodności i wreszcie do powstania nas samych. Wyłania się tu więc przypuszczenie, że gdyby nie było tego nowo odkrytego zjawiska, nie stalibyśmy się tym, czym dzisiaj jesteśmy. Samo to już wystarcza do odrzucenia poglądu przez długi czas głoszonego i znajdującego wiarę, jakoby Wszechświat nic nas nie obchodził i że to, co się dzieje poza naszą ciasną przestrzenią życiową, do nas się nie odnosi i żadnego nie ma dla nas znaczenia.

Ale i to jest tylko jednym przykładem spośród wielu. Nie mniej zdumiewające zda się niektórym odkrycie, że Słońce, Ziemia, Księżyc i wszystkie inne planety naszego Układu stanowią poniekąd drogą generację ciał niebieskich. Wszelka materia, jaką znamy, z jedynym wyjątkiem czystego wodoru, powstać musiała na początku historii znanego nam świata w centrum gwiazd stałych wskutek procesów syntezy jąder atomowych; dotyczy to również materii, z której my się składamy. Kosmologowie odkryli, że w nocy tylko dlatego może być ciemno, iż świat nie jest nieskończenie wielki. Nawet spiralnie ukształtowana postać naszego Układu Drogi Mlecznej objawia nam się nagle jako jeden z podstawowych warunków wyjściowych do tego, abyśmy w ogóle mogli powstać.

Wszystko to brzmi niezwykajnie i dla wielu może zrazu nawet niewiarygodnie, a przynajmniej przesadnie, efekciarsko i wydaje się nadmiernie wyeksponowane.

A jednak wszystko to jest słowo w słowo i co do litery prawdziwe. Są to wyniki prac prowadzonych w ciągu dziesiątków lat przez tysiące naukowców. W toku tych prac zebrany został potężny zasób danych, faktów i liczb, a nadmiar ich stawał się chwilami tak wielki, że znalezienie w tym jakiegoś porządku czy systemu wydawało się niemożliwe. Jednakże od kilku lat obraz ów, w każdym razie w tym zakresie badań, o którym tutaj będzie mowa, zaczyna ulegać zasadniczej zmianie. Z pewnych wyników kluczowych wykrystalizowuje się niejako rdzeń – punkt wyjściowy, wokół którego zaczynają się jak gdyby samoistnie grupować inne obok siebie uszeregowane fakty, dotychczas pozornie obojętne. Wyłania się przy tym nagle fascynujący i nowy, a prócz tego w nowości swojej dziwnie znajomy obraz świata powiązanego ze sobą we wszystkich swych częściach, przenikniętego prawami i siłami, pod których wpływem staje się prawdziwym Kosmosem, uporządkowanym kształtem, w najmniejszej nawet części zależnym i określanym przez to, co się odbywa na jego najdalszych granicach.

W ten sposób zarysowuje się obraz różniący się radykalnie od wizji Ziemi nieczułej, płynącej przed siebie przez puste obszary przestrzeni w koszmarnym zagubieniu. Podksiężycowy świat rzeczy przemijających i istot śmiertelnych jest w rzeczywistości tysiąckrotnie skrzyżowany ze sferą gwiazd i całą głębią Wszechświata, w którym panują prawidła i siły rządzące także nami i naszym życiem na Ziemi, i to w takim stopniu, że nie moglibyśmy tutaj żyć, gdyby Ziemia nasza była od nich wyizolowana, tak jak długo wydawało nam się konieczne w to wierzyć. Życionośna powierzchnia naszej rodzimej planety nie jest istniejącym obojętnie we Wszechświecie miejscem, w którym przypadkowo spełniły się krańcowe i bardzo osobliwe warunki, jedyne warunki umożliwiające powstanie życia w znanej nam formie. Przeciwnie, miejsce akcji niosą wpływy i siły sięgające ku nam z głębi Wszechświata, z jego najdalszych krańców i dopiero one nadają naszemu otoczeniu właściwy mu kształt.

Kosmos nie jest ową pustą, zimną i martwą przestrzenią, której majestatyczny ogrom i nie-czułość mogłaby nas napełnić nie tylko podziwem, ale i przerażeniem. Jest podłożem, z którym Ziemia nasza jest zrosnięta tysiącami korzeni, niczym roślina. Powierzchnia Ziemi nie jest, jak niejednokrotnie opisywano, maleńką oazą tolerowaną przez wrogi życiu Wszechświat tylko dlatego, że nie ma żadnego znaczenia. Okazuje się raczej punktem zogniskowania, w którym koncentrują się różnorakie siły kosmiczne i wpływy dopuszczające do powstania naszego świata.

Miejsce akcji objawia się więc w podwójnym znaczeniu jako scena: życie toczące się na powierzchni Ziemi wspomaganie jest – jak zespół aktorów – przez niezliczone siły pomocnicze i mechanizmy, a sieć ich i powiązania sięgają daleko poza obręb samej sceny i poza mury teatru, pozostając normalnie ukryte przed oczami widza, który ich nie poszukuje. Ziemia na pewno nie jest centrum Wszechświata. To złudzenie – już raz na zawsze zdemaskowane – przeminęło.

Niemniej jednak ożywiona Ziemia jest punktem zogniskowania we Wszechświecie, jednym z tych miejsc – może jednym z nieprzeliczonych – w Kosmosie, w których przez zbieg wielu sił, czynników i wpływów, jak gdyby Wskutek potężnego wysiłku ogromnych kosmicznych przestrzeni, spełnione zostały i są nadal podtrzymywane na stosunkowo małym obszarze warunki prowadzące do powstania tego, co nazywamy życiem i świadomością. W książce tej będzie mowa o sposobie, w jaki się to szczegółowo odbywa i o tym, jak to zostało odkryte.

WIEDZA PRZYRODNICZA I LUDZKA SAMOWIEDZA

JAKŻEŻ PRAKTYCZNA JEST ASTRONOMIA • JAKŻEŻ IDEALISTYCZNA JEST WYPRAWA KOSMICZNA

W normalnych warunkach nikt już nie czytuje żadnej publikacji przyrodniczej ani podręcznika z zakresu fizyki bądź astronomii, który został wydany dwadzieścia, trzydzieści albo więcej lat temu. Wobec zawrotnie szybkiego postępu w tych właśnie dziedzinach badań – większość ogłaszanych prac naukowych już nawet o wiele wcześniej traci na aktualności. Wiele czasopism fachowych dawno już stosuje zwyczaj podawania wraz z tytułem dokładnej daty wpływu rękopisu do redakcji, istnieje bowiem zawsze możliwość, że treść publikowanej pracy w czasie krótkiego okresu pomiędzy zakończeniem jej przez autora a wydrukowaniem, zeszytu zostanie chociażby częściowo zakwestionowana bądź skorygowana przez nowe wyniki badań, naukowych. W nowoczesnych naukach przyrodniczych istnieją takie specjalności, w jakich wydanie nowych podręczników (zwykle podaje się w takich książkach od czasu do czasu aktualny "stan wiedzy") od wielu lat już jest opóźnione z tego prostego powodu, że żadna redakcja nie może się zdecydować na podważenie wieloletniej pracy włożonej w jakieś fundamentalne dzieło, wobec ogromnego prawdopodobieństwa, że książka w chwili ukazania się będzie już znowu zdezaktualizowana. Dotyczy to nie tylko określonych dziedzin w zakresie medycyny i biologii, obecnie odnosi się to dziwnym trafem także do sfery astronomii.

Poza środowiskiem fachowców, więcej, można prawie powiedzieć: poza ścisłym kręgiem samych astronomów i astrofizyków, szeroki ogół jeszcze niemal wcale sobie nie uświadamia, że wzrastające tempo badań przyrodniczych dawno już objęło także astronomię. Wiedza o niebie, ta obok medycyny najstarsza z nauk, przez tysiące lat aż do naszych dni rozwijała się nader wolno, jako rezultat cierpliwych, wytrwałych obserwacji i obliczeń prowadzonych przez fanatyków opętanych tajemnicą rozciągającą się na nocnym firmamencie przed ich oczami i lunetami, tajemnicą widoczną i pozornie odkrytą, jednak umykającą ich umiejętności pojmowania. Nie stanowiło dla nich problemu ani nie dziwiło, że praca była mozolna i posuwała się bardzo powoli, że mimo wszelkich wysiłków w większości przypadków zmuszeni byli zadowalać się przekazywaniem opracowanego przez siebie materiału w postaci nie wyjaśnionej następnemu pokoleniu astronomów, w nadziei że ono bądź też następne potrafi materiał ten jakoś wykorzystać; o wiele bardziej zdumiewał ich fakt, że jednak zawsze i stale udawało im się w pojedynczych przypadkach odnaleźć jakąś odpowiedź, jakieś sensowne powiązanie pomiędzy zjawiskami występującymi w owych dalekich regionach a prawidłami rządzącymi tutaj, na naszej Ziemi.

I to również zmieniło się dzisiaj gruntownie, w sposób bardziej radykalny, aniżeli potrafi to ocenić ktoś z dala stojący. Wypowiedź, że w ostatnich dziesięciu latach dokonano w dziedzinie astronomii więcej nowych odkryć aniżeli w tych kilku minionych wiekach od czasu, gdy Kopernik wykazał, że Ziemia nie jest centrum Wszechświata – można by uważać za przesadzoną, gdyby nie pochodziła od jednego ze słynnych astronomów. Istotnie, odkrycia nauki astronomii w ostatnich latach niemal się prześcigały. Charakterystyczne jest, że wydawca znanej astronomicznej książeczki podręcznej w publikowanym w roku 1967 czwartym wydaniu umieścił w wielu miejscach odsyłacze objaśniające, że opisywany stan faktyczny odpowiada stanowi badań w takim to a takim konkretnym czasie; rzecz zakrawająca wręcz na groteskę w odniesieniu do astronomii, zważywszy na dotychczasową historię tej nauki. Zresztą obfitość tych nowych zdobyczy wiedzy, następujących po sobie ustawicznie do dnia dzisiejszego, tylko w bardzo nieznacznym stopniu przypisać należy już skutkom astronautycznej techniki. Niewątpliwie tempo odkryć w zakresie astronomii niebawem przybierze na sile, skoro tylko pierwsze automatyczne obserwatoria zaczną krążyć po okołoziemskich orbitach poza atmosferą Ziemi, a przede wszystkim na niemal pozbawionym atmosfery Księżycu istnieć będzie stałe obserwatorium astronomiczne, z którego będzie można bez przeszkód obserwować Wszechświat we wszystkich zakresach częstości.

Jeszcze dzisiaj spotykamy ludzi, którzy nie mają zrozumienia dla niesłychanego wysiłku podjętego przez naszą generację w dążeniu do realizacji tych celów. Wielu kręci głową na myśl o miliardowych sumach wydawanych na urzeczywistnienie owych planów; tacy nasi współcześni, skoro tylko mowa jest na ten temat, zaczynają przeliczać, ile można by wybudować szkół za jeden jedyny wystrzał na Księżyc, ile kilometrów dróg dałby jeden falstart z Przylądka Kennedy'ego czy z Bajkonuru. Takie realistyczne i pozornie przekonujące zarzuty wynikają z niedoceny proporcji tego, co jest rzeczywiście decydujące dla ludzkości i jej przyszłego rozwoju. Poglądy te są prowincjonalne, i to w 'znaczeniu dosłownym, nawet wówczas gdy są wygłaszane przez osobistości kompetentne w zakresie swojej własnej działalności; występują bowiem jedynie przy ciasnych horyzontach myślowych, jako wypowiedzi w ustach ludzi, którym jeszcze w ogóle nie zaświtało, jak bardzo nieograniczone i absolutnie decydujące znaczenie mają odkrycia astronomiczne. Znaczenie to zresztą nie polega wcale na jakichkolwiek praktycznych konsekwencjach, chociaż i te mogą się okazać donioślejsze i bogatsze w skutki, aniżeli się to dziś ogółowi wydaje; polega ono raczej na pewnym fakcie, dziwnym trafem jeszcze wciąż całkowicie pomijanym, nawet przez tak zwanych ludzi wykształconych. Faktem tym jest, że panujący aktualnie obraz świata, obraz, który w określonym czasie ludzkość tworzy sobie o świecie, staje się zawsze zarazem podstawą samowiedzy człowieka.

Powiązanie to zwykle uchodzi uwagi właśnie ze względu na swój podstawowy

charakter. Także i wtórnice, z historycznej perspektywy, bardzo jest trudno przeniknąć przez wszystkie grube warstwy utworzone z politycznych i innych dziejowych realiów, z konkretnych wydarzeń, przypadkowych konstelacji i uwarunkowanych tradycją tendencji konserwatywnych, przeniknąć aż do owego fundamentu duchowej historii, do samozrozumienia danej epoki, aż do sensu, który sama nadawała swojemu istnieniu i pod którego wpływem działała i podejmowała decyzje. Dla naszej sprawy jest przy tym zupełnie obojętne, czy to samozrozumienie, ta interpretacja własnej egzystencji, ograniczonej w czasie przez urodzenie i śmierć, była w każdym wypadku słuszna czy też błędna i czy w ogóle istnieją i istnieć mogą kryteria stanowiące sprawdzian prawidłowości tego ujęcia. Nie interesuje nas także tutaj problem, czy w ogóle można dokonywać porównawczych ocen ducha rządzącego różnymi epokami historii albo też, czy wolno dopatrywać się postępu w jego rozwoju i jego dojrzewaniu. Ważny jest dla nas tylko fakt, że powiązanie owo istnieje, że sposób, w jaki ludzie widzą swój świat i w jaki pojmują rolę przypadająca im samym w tym świecie, ma oczywisty, a więc podświadomie zdeterminowany, a co najmniej rozstrzygający wpływ na to, jakie decyzje podejmowała ludzkość przez całe generacje.

Wyniki badań i poznanie budowy całego świata ujawniane dzisiaj przez astronomów i przyrodników, obraz, jaki sobie dzieci nasze i wnuki na tej podstawie utworzą o tym świecie i o swojej w nim roli – będzie więc rzutował w sposób niezwykle istotny; miałyby się prawie ochotę powiedzieć, że przesądzi o tym, jak ludzie w nadchodzących dziesiątkach lat będą się wzajem do siebie odnosili, jak będą oceniać samych siebie i z jakich źródeł życia psychicznego czerpać będą w swej reakcji na bezpośrednio oczekujące ich dzisiaj odkrycie tego, że zdołali już ostatecznie zająć całą pozostającą do ich dyspozycji powierzchnię Ziemi, w związku z czym we wszystkich kierunkach i na wszystkich granicach natrafiają na swoich bliźnich.

Kto raz uświadomi sobie te powiązania, nie potrzebuje już żadnego uzasadnienia tego, że sondy kosmiczne, obsadzenie Księżyca stacjami naukowymi i budowa nowych ziemskich obserwatoriów, a zwłaszcza większych radioteleskopów są ważniejsze od wszystkich innych budowli i konstrukcji, jakie dzisiaj wznosimy, ważniejsze nawet od szkół i nowych połączeń komunikacyjnych, aczkolwiek nikt nie zamierza przeczyć wielkiemu ich znaczeniu. Kto raz zrozumie, że na podstawie tych powiązań zapadają w dobie obecnej w dziedzinie nauk przyrodniczych wstępne decyzje formujące i ukierunkowujące naszą postawę wobec życia, kultury, naszych bliźnich, a przez to kształtujące dalszy przebieg historii w najbliższych dziesiątkach lat – ten z kolei z rezygnacją pokręci głową, gdy natknie się na rozpowszechniony, pozornie tak przekonywający, naprawdę jednak bardzo prowincjonalny zarzut, że należałoby "najpierw sprawy tu na Ziemi uporządkować", zanim zacznie się wyrzucać astronomiczne sumy tylko na to, aby przetransportować kilka ton ładunku na beznadziejną i wrogą życiu powierzchnię innych ciał niebieskich.

Niestety to laureat nagrody Nobla przed paru laty sformułował cytowane potem wciąż od nowa zdanie, że podróże kosmiczne nie są niczym innym jak tylko wyrazem bezsensownej żądzy technicznych rekordów, tryumfem gołego rozumu, ale zarazem pożałowania godnym niedostatkiem rozsądku.

Prawda wygląda inaczej. Jakżeż może się udać ludzkości "doprowadzenie do porządku spraw tu na Ziemi", spraw coraz bardziej napiętych i chaotycznych, bez uprzedniego dokonania próby uświadomienia sobie własnej roli w obrębie całości? Jakiż ma być porządek tych spraw, jaka treść i jaka miara są tu istotne? A ten, kto nie jest w stanie zarazić się fascynacją duchowej przygody, intelektualną rozkoszą wnikania w nowe, nie przeczuwane dotąd rejony otaczającej go rzeczywistości, nawet ten zrozumie, że w dzisiejszym naszym położeniu sama tylko fotografia ukazująca kulę ziemską unoszącą się swobodnie w przestworzach, ponad wszystkimi granicami politycznymi, językowymi i ideologicznymi (ilustracja 1), może w sposób nie dający się z niczym porównać unaocznic każdemu mieszkańcowi Ziemi przynajmniej jakiś aspekt naszej sytuacji. Sama więc tylko możliwość takiego spojrzenia na Ziemię, konkretna możliwość nabrania dystansu do codziennej perspektywy, z której dotąd znaliśmy wyłącznie widownię naszych rywalizacji i sporów, mogłaby w wieloraki sposób – a w niemałej mierze także dzięki bezpośredniej współnocie obrazowego przeżycia być bardziej pomocną i większe rokować nadzieje aniżeli niezliczone debaty wszelkich kolegów politycznych.

A jest to przecież bardzo oczywisty i stosunkowo prosty argument, który tu podaliśmy tylko w celu wykazania na jednym przynajmniej przykładzie, jak bardzo powierzchowne i bezmyślne jest twierdzenie – pozornie tak realistyczne i rzeczowe – jakoby wydatki ponoszone . na astronautykę były nadmierne i nierozsądne. Tych rzeczy wiście astronomicznych sum i nie spotykanego w naszych" dziejach od czasów budowy piramid i muru chińskiego wkładu ludzkiej pracy, zużywanych dzisiaj do wprowadzenia na orbitę jednego astronauty na przeciąg' kilku dni – nie można już uzasadniać żądzą technicznych rekordów. Zdjęcia powierzchni Marsa, które wykonała amerykańska sonda międzyplanetarna Mariner IV i zwrótnie nadała na Ziemię – są bezsprzecznie najkosztowniejszymi wizerunkami spośród dotychczas sporządzanych. Jednakże poza całą bezprzykładną rozrzutnością, a także poza szczegółową dyskusją nad argumentami natury wojskowej, politycznej i nacjonalistycznej, dzięki którym skłania się właściwe władze do przyznania niezbędnych miliardowych sum – kryje się w rzeczywistości zjawisko zasługujące na podziw, które powinno nas raczej napawać otuchą. Kryje się bowiem poza tym fakt, że generacja tak często oskarżana o materialistyczne i nihilistyczne nastawienie, znajduje się i rozpęd do mobilizowania wszystkich swych możliwości aż do ostatecznych granic dla ideowego celu, że jest gotowa i zdolna podjąć się najcięższego wysiłku dla rozszerzenia horyzontów i świadomości ludzi.

Prawdą jest, że żyjemy w epoce technokracji. Lecz nasi technicy miewają wizje.

A kto dzisiaj jeszcze wciąż protekcjonalnym bądź lekceważącym tonem ubolewa, że w dobie obecnej nauki przyrodnicze objęły rolę przewodnią w zakresie ducha, ten po prostu jeszcze nie spostrzegł, że nowoczesna nauka przyrody nie jest niczym innym jak dalszym ciągiem metafizyki rozwijanej za pomocą odmiennych środków.

Niepospolite i częściowo rewolucyjne rozpoznania i odkrycia dokonane przez astronomię w ostatnich dziesięciu latach należy rozpatrywać na tle opisanych wyżej powiązań i w świetle ich znaczenia dla nas samych, naszej samowiedzy, naszej postawy życiowej. Ogromna liczba nowych odkryć w tej dziedzinie jest jeszcze daleka od przejrzystego uporządkowania. Niektóre z nich są dotąd całkowicie nie wyjaśnione i wręcz zagadkowe, mimo że są dostępne obserwacjom w postaci wymiernych i obiektywnych danych. Nie dają one razem wzięte jeszcze żadnego zamkniętego obrazu o jednolitych i zrozumiałych zarysach. Najsilniejsze pozostaje więc dotąd zawsze wrażenie zachwiania się naszego dotychczasowego widzenia świata. Jednakże zaczyna ono ustępować miejsca obrazowi Wszechświata, a z niego wyłania się ku nam zupełnie obcy i nowy Kosmos, bynajmniej nie trwający w ponadczasowym spoczynku i bezruchu, przeciwnie, Kosmos, w którym przebiegają potężne procesy rozwojowe, który ma swoją historię, do jakiej i my jesteśmy włączeni, a jej prawa wyciskają piętno na nas samych aż do samego rdzenia naszego jestestwa. Na przykładzie kilku najważniejszych dotychczasowych odkryć pragnę dokonać próby opisanie tej wspaniałej nowej perspektywy, tego ujawnienia ścisłego nierozzerwalnego związku pomiędzy nami a Wszechświatem.

ASTRONAUTYKA A PROPORCJE ASTRONOMICZNE

ROZPOZNANIE POPĘDU AGRESJI • DROGA DO PRAW-
DZIWNEGO WSZECHŚWIATA JEST JESZCZE DALEKA • GDY
MGŁAWICE KOSMICZNE ROZŁOŻYŁY SIĘ • BEZDOMNE
SŁOŃCA? • PRZESTRZEŃ KOSMICZNA NIE JEST "ZDOBYTA" •
ŚWIATŁO "WLECZE SIĘ" PO NIEBIE • ZAFALSZOWANY W
CZASIE WIDOK FIRMAMENTU • ZWODNICZA PRZESŁONA
WIDOCZNOŚCI WE WSZECHŚWIECIE • STO MILIARDÓW
SŁOŃC W JEDNEJ GALAKTYCE • WIELESET MILIARDÓW
GALAKTYK WE WSZECHŚWIECIE • DLACZEGO W NOCY JEST
CIEMNO?

Owo bezpośrednie, osobiste doświadczenie tego, co już od kilku wieków było nam teoretycznie wiadome, a mianowicie, że Ziemia nasza, ten stały grunt pod nogami, stanowi powierzchnię kuli poruszającej się swobodnie w przestworzach, że Ziemia jest jednym spośród niezliczonych innych ciał niebieskich – prawdopodobnie kiedyś objawi się przyszłym historykom jako decydujący krok w dziedzinie ducha, charakteryzujący naszą epokę w ogólnych dziejach myśli ludzkiej. Doświadczenie to w sposób niezauważalny, lecz nieunikniony wyciśnie niezmywalne piętno na mentalności następujących po nas pokoleń. Należy się tego tym bardziej spodziewać, że w toku procesu przemiany nowego spojrzenia na świat nastąpi powszechne uznanie także dziś już dla przyrodnika oczywistego faktu, że życie ziemskie nie jest wcale ani jedyne w swoim rodzaju, ani co więcej, uprzywilejowane: było to naiwne antropocentryczne złudzenie, które jednakże wywarło zgubny wpływ na dotychczasowy przebieg historii ludzkości.

Szczególnie w naszych czasach napotykamy znamienne przykłady jego psychologicznego skutku, polegającego na tym, że równie podświadomie jak nieuchronnie towarzyszy mu inne złudzenie, które dzisiaj zaczyna zagrażać życiu, złudzenie, że istnienie owego życia ziemskiego pomimo wszelkiego ryzyka jednak w jakiś tam sposób jest zapewnione właśnie ze względu na jego jednorazowość – jako szczyt i dotychczasowy ostateczny cel ewolucji kosmicznej. Ten szeroko rozpowszechniony, aczkolwiek nie wypowiedziany pogląd dałby się sformułować w następujący sposób: gdyby agresywność ludzka, popędowa, a więc o napięciu wzrastającym, tak trudno dająca się w inny sposób skanalizować, znalazła pewnego dnia ujście w niepohamowanym wyładowaniu atomowym – byłoby to wprawdzie straszne i mogłoby nawet oznaczać – przejściowo – załamanie kultury i cywilizacji ludzkiej, jednakże nawet i ten krok w gruncie rzeczy nie byłby jakąś sprawą ostateczną. Popęd zawsze znajdzie pretekst do rozbudzenia się. Tak jak u cierpiącego głód w miarę wzrostu łaknienia coraz dalej przesuwa się próg tego, co wydaje mu się jeszcze możliwe

do spożycia, i doprowadza w ostateczności do grzebania w pojemniku ze śmieciami bądź, tak jak ongiś w czasie ekspedycji polarnych niejednokrotnie w końcu dochodziło do rozgotowywania podeszew dla zawartego w nich białka – tak samo każdy inny wrodzony popęd szuka sobie w razie konieczności "obiekta zastępczego".

W przypadkach gdy poziom instynktownego progu agresywności – nieważne, z jakich powodów – jest dostatecznie wysoki, bodziec niezbędny do wyzwolenia jej musi być szczególnie silny; wówczas poważne zajścia, naruszenia granic bądź nawet lokalne napady zbrojne bywają załatwiane bez żadnych dalszych skutków na drodze dyplomatycznej. W odwrotnym zaś przypadku niejednokrotnie najbardziej błahe przyczyny wywołują katastrofę.

Każdy, kto raz uważnie przeanalizował ten aspekt sprawy, dostrzeże, jak wysoce charakterystyczne jest, że historycy dziś jeszcze, po upływie ponad pół wieku, łamią sobie głowy nad powodami lub prawdziwymi przyczynami, które wywołały kataklizm pierwszej wojny światowej. Wprawdzie podwójne zabójstwo polityczne w Sarajewie niewątpliwie stanowiło głęboki wstrząs dla ówczesnego społeczeństwa kierującego się zasadami feudalnymi, jednakże fachowcy jeszcze ciągle, także w świetle świeżo udostępnionych materiałów archiwalnych, usiłują rozwiązać zagadkę, jak mogło dojść do tego, że czyn kilku fanatyków pociągnął za sobą wybuch wojny, w którą wplątany został cały cywilizowany świat. Wiele milionów zabitych – a dotąd nie znaleziono żadnego racjonalnego, zrozumiałego i przekonywającego powodu. Dla każdego, kto choć trochę otarł się o sprawy z dziedziny biologii ogólnej, wrodzonych sposobów zachowania się i dziedzicznych mechanizmów wyzwalających – okoliczności te stają się wyraźnym wskazaniem na popędowy charakter biologiczny także ludzkiej agresywności.

Rozpoznanie i prześwietlenie tej agresywności w całej jej popędowej naturze (dopiero to bowiem umożliwi nabranie emocjonalnego dystansu do pozornych przyczyn aktualnych napięć i do samo-krytycznej korekty własnej postawy) – oto zadanie, które pokolenie nasze musi spełnić, jeżeli ciągłość dotychczasowego rozwoju na naszej planecie nie ma ulec przerwaniu z naszej własnej winy. Konkretnie oznacza to między innymi, że trzeba sobie uświadomić, a także starać się o rozpowszechnienie poglądu, że za kulisami napięć i konfliktów wybuchających tu i ówdzie na Wschodzie i Zachodzie, a podawanych nam do wiadomości codziennie na szpaltach prasy i za pośrednictwem innych przekazań, naprawdę wcale nie kryją się żadne rzeczowe rozbieżności zdań ani też istotne sprzeczności interesów, które by mogły choć w przybliżeniu rozumowo uzasadnić powagę i rozmiar tych napięć. Istnieje zaiste groteskowa dysproporcja pomiędzy faktyczną możliwością "overkillu" – to jest wszechstronnego wręcz wytępienia wszelkiego życia na ziemskim globie i dosłownego wysterylizowania go, a konkretnie występującymi przyczynami, które mogłyby w sposób rozsądny, a przynajmniej zrozumiały upozorować samo powstanie potencjału niszczycielskiego o tak apokaliptycznej doskonałości.

Jasne jest więc, że nie chodzi tu wcale o konfrontację prawdziwie kolidujących ze sobą interesów; przeżywamy natomiast eskalację naprzemiennie występującego lęku i agresywności, których ostateczne źródła tkwią w popędach. Ten, kto sobie to przemyślał, mógłby spać znacznie spokojniej, gdyby wiedział, że dyplomaci, których zawód polega na zajmowaniu się napięciami wynikłymi z tych problemów, oprócz języków obcych, prawa międzynarodowego i reguł protokołu i etykiety chociaż raz w życiu uczyli się także trochę psychologii społecznej i zetknęli z porównawczymi badaniami nad zachowaniem. Są to bowiem nauki, do których właściwie należy zakres ich zadań. Miejmy nadzieję, że sprawa ta jeszcze w porę dotrze tam, gdzie trzeba.

Ponieważ popęd nie daje się dowolnie długo tłumić, a także nie może w toku tego krótkiego okresu czasu, którym jeszcze dysponujemy, ulec zanikowi, nawet wtedy gdy (jak ludzka gotowość do agresji) dawno już stracił na aktualności i stał się anachronizmem w toku cywilizacyjnego i duchowego rozwoju – losy nasze zależą od tego, czy nauczymy się rozpoznawać te powiązania, aby móc odpowiednio korygować nasze zachowanie w sposób racjonalny i przekonywający. Astronautyka, która pozwala nam emocjonalnie przeżyć fakt, że Ziemia jest zbyt mała na wojny domowe, może przyczynić się w sposób decydujący do takiego rozeznania. Samo to Już wystarczy, aby astronautyką uważać za ważniejszą od innych spraw, "które tu na dole należy uporządkować".

Może bardziej jeszcze skuteczne jest pośrednie działanie omówionej na początku tego rozdziału, a przez astronautykę wdrażanej świadomości, że życie ziemskie nie jest i nie może być przypadkiem jedynym ani też zjawiskiem charakteryzującym się jednorazowością bądź jakimkolwiek uprzywilejowaniem. Z tego zaś wynika następujące rozpoznanie: nie istnieje żadne prawo natury, żadna instancja, która by gwarantowała, że życie na naszej Ziemi musi istnieć wiecznie. Jedyłą instancją decydującą w tej sprawie jesteśmy my sami. Tymczasem niebezpieczeństwo, że sami się zgładzimy, jak dotąd stale wzrasta w wyniku złudzenia, że możliwość taka w rzeczywistości w ogóle nie istnieje.

Bezpośrednie, osobiste doświadczenie naszego pokolenia, że według wszelkiego prawdopodobieństwa Ziemia jest w Kosmosie tylko jednym wśród wielu miejsc, w których występuje życie, lokalnym wariantem, którego dalsze losy nie naruszają wcale rozwoju w skali kosmicznej – może ułatwić nam uwolnienie się od tego niezgodnego z rzeczywistością i niebezpiecznego samooszukiwania się. Pod tym względem obecny rozwój zawiera w sobie załączki nadziei. Dąży bowiem wyraźnie w kierunku umożliwiającym ludzkości ujrzenie siebie pewnego dnia jako społeczności obywateli Ziemi.

Każdy bardzo łatwo może sobie uprzytomnić, jak mała jest Ziemia i jaka rola przypada jej we Wszechświecie, gdy porówna stosunek tego, co dotychczas osiągnęły "podróże kosmiczne", do otwierających się przyszłych możliwości i zadań oraz do dotyczących Wszechświata wymiarów.

To, czego dokonała technika astronautyczna w zadziwiająco szybkim czasie, od chwili startu pierwszego sztucznego satelity Sputnika I w dniu 4 października 1957 roku – jest oszałamiające, gdy się pomyśli o niebywałych technicznych problemach wymagających rozwiązania w tym krótkim okresie, problemach, dla których opanowania nie było żadnych absolutnie wzorców. Jednakże ten sam wyczyn wydaje się wręcz śmiesznie mały, gdy zdamy sobie sprawę z wymiarów przestrzennych wchodzących tutaj w grę. Techników naszych słusznie napawa dumą fakt doprowadzenia do krążenia astronauty na wysokości kilkuset kilometrów wokół Ziemi, a ostatnio także do lądowania na Księżycu. Niemniej dzisiaj jeszcze nie można mówić o prawdziwej astronautyce, a coś dopiero o kosmonautyce. Mówiąc obrazowo, to co osiągnęliśmy obecnie, jest jeszcze zawsze bezpośrednią komunikacją miejscową w pobliżu statku kosmicznego zwanego planetą "Ziemia", dotąd bowiem jeszcze żaden człowiek nie opuścił zasięgu jego wpływów.

Spróbujmy unaocznić sobie proporcje, o które tutaj chodzi, za pomocą pewnego myślowego wzorca. Gdybyśmy pomniejszyli nasz Układ Słoneczny sto milionów razy, Ziemia skurczyłaby się do wielkości pomarańczy o średnicy 12 centymetrów. W takiej skali musielibyśmy sobie wyobrazić jej powierzchnię całkowicie gładką, przypominającą wyglądem wypolerowaną kulę bilardową. W każdym razie Mount Everest, którego wysokość na naszym modelu wynosiłaby 0,08 milimetra, moglibyśmy może wyczuć wrażliwą opuszką palca jeszcze jako nieznaczną szorstkość powierzchni, a gdybyśmy chuchnęli na powierzchnię tej do tego stopnia zmniejszonej kuli ziemskiej, grubość utworzonego nalotu przekraczałaby już proporcjonalną głębie naszych oceanów. Księżyc w tej samej skali musielibyśmy sobie wyobrazić jako kulę średnicy 3,5 centymetra okrążającą Ziemię – sprowadzoną do wielkości pomarańczy – w odległości 3,8 metra i poruszającą się po torze o średnicy 7,6 metra. Cały więc układ Ziemia – Księżyc w takim modelu zmieściłby się akurat w dużym pomieszczeniu o wymiarach 8 na 8 metrów.

I tu następuje już pierwszy wielki skok: w tym samym modelu Słońce znajdowałoby się w odległości już 1,5 kilometra i ze swoją średnicą mającą około 14 metrów – to znaczy prawie półtorej wysokości zwykłej wieży do skoków przy basenie pływackim – nie weszłoby już do żadnego normalnego budynku. Mars, następna po nas w swej odległości od Słońca planeta Układu Słonecznego – o średnicy liczącej tylko 7 centymetrów, przy największym zbliżeniu z Ziemią, tzn. wówczas gdy Ziemia właśnie go w pewnym stopniu dogania na "wewnętrznym torze", byłby odległy od nas o mniej więcej 500 metrów. Do zewnętrznego krańca naszego Układu Słonecznego, to jest do toru Plutona, musielibyśmy w naszym modelu przebyć jednak już dwudniowy dość intensywny marsz: do liczącego 6 centymetrów Plutona droga wyniosłaby bowiem już prawie 60 kilometrów! Natomiast nasi "astronaucci" unieśli się w czasie lotów załogowych po orbitach ziemskich zaledwie na wysokość około pięciu milimetrów ponad powierzchnię

pomarańczy obrazującej Ziemię w naszym modelu myślowym, a przewyciężenie 3,8 metra od nas do liczącego 3,5 centymetra Księżyca stanowi jedyny osiągalny w najbliższym czasie cel dla człowieka w podróży kosmicznej.

W tych okolicznościach mówienie już dzisiaj o "lotach we Wszechświecie" jest wielkim eufemizmem, a o "zdobyciu Wszechświata" – wręcz nonsensem. Jak dotąd jeszcze nie wkroczyliśmy w ogóle do Wszechświata. Zasięg jego w pewnym sensie i z bardzo zaskakującego i dopiero w ostatnich latach odkrytego powodu zaczyna się dopiero po drugiej stronie toru Marsa, a może nawet poza torem Plutona, a więc poza granicami naszego Układu Słonecznego. Do tego miejsca bowiem promieniowanie elektromagnetyczne oraz korpuskularne naszego Słońca w tak silnym stopniu decyduje o warunkach środowiskowych, że nie mogą być one uznane za reprezentatywne dla właściwego międzygwiazdowego Wszechświata. W dalszym ciągu książki zajmiemy się bardziej szczegółowo tą sprawą, której od niedawna zaczyna się przypisywać coraz większe znaczenie dla naszej sytuacji tu na Ziemi i dla przystosowania naszej ojczystej planety do zasiedlenia. Tymczasem aby raz jeszcze w sposób prawidłowy ustawić proporcje w skali odpowiadającej rzeczywistości, powracamy do pojęcia "podróży kosmicznej", pojęcia, którym obecnie tak wielu ludzi aż nazbyt łatwo szermuje.

Kto odważy się ocenić – w naszym modelu myślowym (skala 1:100 milionów), w którym Ziemia wielkości pomarańczy w odległości 1,5 kilometra okrąży Słońce o średnicy czternastu metrów – jak daleko od nas może znajdować się najbliższa gwiazda stała, a więc najbliższe "sąsiadujące" z nami słońce? Kto ma chęć, niechaj przeliczy: a Ceniauri, nasze sąsiednie słońce, byłoby w naszym wzorcu już tak odległe, że dla dotarcia do niego musielibyśmy zacząć stosować astronautykę wewnątrz naszego własnego modelu: najbliższa, licząca w modelu 14 metrów średnicy rozżarzona piłka – przy zastosowaniu ciągle tej samej skali – znajdowałaby się bowiem już na Księżycu. A dopiero przy takich międzygwiazdowych odległościach, przy tych przestrzeniach rozciągających się pomiędzy poszczególnymi słońcami, czyli gwiazdami stałymi (obie nazwy oznaczają wszak to samo), można mówić o "Wszechświecie" w pełnym tego słowa znaczeniu. Należy sobie teraz wyobrazić mniej więcej 100 miliardów – jest to znowu liczba, którą możemy napisać i z którą możemy przeprowadzić działania rachunkowe, ale której sobie już nie możemy uzmysłowić – mniej więcej 100 miliardów takich ognistych piłek o średnicy przeciętnie 14 metrów, w takiej samej od siebie odległości, swobodnie przytrzymywanych w przestrzeni, siłami wzajemnego przyciągania; stanowią one części składowe tak zwanej "galaktyki", to jest zamkniętego w sobie układu gwiazdowego, ukształtowanego w postaci dysku bądź soczewki wskutek rotacji wokół wspólnego punktu ciężkości. Nazwa tego układu brzmi "mgławica spiralna" – jest to termin bardzo niefortunny. Jest on mylący i – jak wiele innych pojęć naukowych – daje się wytłumaczyć tylko przesłankami historycznymi. Astronomowie bowiem przez

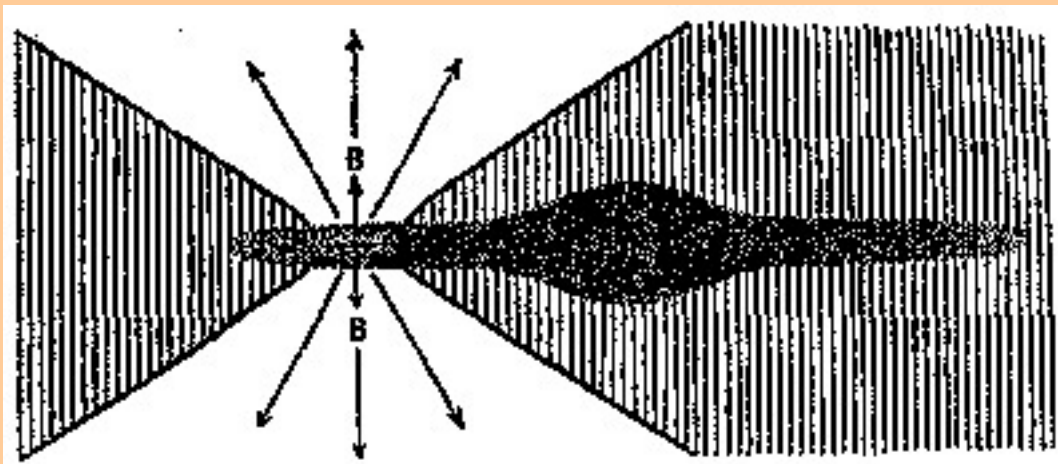
liczne wieki naprawdę wierzyli, że chodzi w tym przypadku o gazowe mgły, takie jakie istotnie często występują w naszej własnej galaktyce. Dopiero w latach dwudziestych obecnego stulecia udało się amerykańskiemu astronomowi Edwinowi Powell Hubble'owi dzięki użyciu nowo skonstruowanego olbrzymiego teleskopu o średnicy zwierciadła liczącej 2,5 metra "rozłożyć" na pojedyncze gwiazdy najbliższą nam, sąsiednią spiralną mgławicę w gwiazdozbiore Andromedy. Mylący "mgławicowy" charakter, jaki wykazują dziś jeszcze prawie wszystkie tego rodzaju twory na najlepszych nawet astronomicznych fotografiach, jest wyłącznie spowodowany naszymi technicznie ograniczonymi środkami reprodukcji. Owe 20 do 100 miliardów słońc (gwiazd stałych), z których przeciętnie składa się każda pojedyncza galaktyka, nawet przez nasze najsilniejsze teleskopy widoczne są zawsze tylko w postaci punktu bez średnicy. Aby więc móc w ogóle odtworzyć taką spiralną mgławicę na fotografii, trzeba pozwolić, aby słabe światło emitowane przez składające się na nią gwiazdy przez kilka godzin nakładało się na płytę fotograficzną. Jednakże wskutek tego następują zjawiska przepromieniowania, a mianowicie to, że poszczególne plama świetlna w warstwie wrażliwej na światło rozprzestrzenia się i zlewa z sąsiednimi punktami świetlnymi, w rzeczywistości bardzo od niej odległymi. W ten sposób nawet na najbardziej nowoczesnych fotografiach astronomicznych zawsze jeszcze powstaje powszechnie napotykanym mgławicowo zatarty widok tych największych ze znanych nam kosmicznych tworów, który całkowicie błędnie oddaje rzeczywiste "wewnętrzne odstępy" pomiędzy poszczególnymi słońcami takiego układu.

Drastyczny przykład może nam posłużyć do skorygowania wrażenia, nieuniknionego z przyczyn niedoskonałości technicznych. Wystarczy sobie wyobrazić, że na terenie całej sieci autostrad w Niemczech zaczyna padać bardzo lekki deszcz, mniej jeszcze niż "mżawka", kropi tak znikomo, że średnio co 70 kilometrów pada jedna jedyna kropla deszczu na jezdnię. Jeżeli więc jedna kropla spadnie w Stuttgarcie, następna leży w kierunku na północ dopiero w Karlsruhe, kolejna w Mannheimie, czwarta we Frankfurcie i tak dalej. Wielkość tych kropli na asfalcie skądinąd całkowicie pustej szosy oraz odstępy pomiędzy nimi liczące 70 do 80 kilometrów wykazują nam w przybliżeniu prawidłowe proporcje wielkości poszczególnych gwiazd stałych i leżących pomiędzy nimi w galaktyce średnich odstępów (przy czym krople w rzeczywistości miałyby najwyżej 0,5 milimetra średnicy!). 20 do 100 miliardów tego rodzaju "kropel gwiazd stałych" przy takich odstępach utworzyłoby wówczas jedną jedyną zamkniętą w sobie galaktykę, jedną "spiralną mgławicę" czy też jedną "drogę mleczną".

Wszystkie te nazwy oznaczają to samo. Także nazwę "droga mleczna" należy rozumieć wyłącznie w znaczeniu historycznym. Według tego, co nam wiadomo, wszystkie gwiazdy Wszechświata przynależą do którejś z niezliczonych galaktyk, wytropionych przez nasze teleskopy w głębiach Wszechświata, już poza

obrębem naszej własnej Drogi Mlecznej. W zależności od kąta, pod którym galaktyka taka nam się ukazuje, w zależności od swojej przypadkowej orientacji w przestrzeni – widzimy ją w postaci okrągłej spirali (ilustracja 2), elipsy bądź też – gdy spoglądamy na nią akurat bezpośrednio od strony jej krawędzi – jako płaską soczewkę (ilustracja 5). Co prawda obecnie na podstawie obliczeń określonych torów poszczególnych gwiazd wydaje się nieomal pewne, że muszą istnieć słońca, które wskutek niezwykle dużej ekscentryczności toru opuszczają kiedyś układ naszej Drogi Mlecznej. Stąd wynika podstawowa hipoteza, że również w nieskończonych, normalnie pustych przestrzeniach pomiędzy poszczególnymi drogami mlecznymi, muszą się znajdować takie słońca, które utraciły swój związek z układem rodzimym i poruszają się obecnie w pustej przestrzeni w całkowitej izolacji. (Myśl jest fantastyczna, gdy sobie wyobrazimy, że mogą być wśród nich słońca z własnym układem planetarnym, a może nawet z planetami zamieszkałymi, i gdy zadamy pytanie, jakie skutki takie uciekanie słońc z normalnego związku układu drogi mlecznej mieć może dla podlegających temu procesowi form życia.) Oczywiście że są to przypadki wyjątkowe, o których nie musimy tutaj pamiętać. W każdym razie gwiazdy we Wszechświecie nie są w zasadzie, jak można by zrazu przypuszczać, równomiernie i poniekąd dowolnie rozmieszczone. Są one w każdym razie częścią składową lub elementami którejś z wielu galaktyk, a dopiero pomiędzy tymi galaktykami Wszechświat jest naprawdę pusty.

Dotyczy to naturalnie także naszego Słońca. Ono również jest gwiazdą stałą jak inne, jest więc również częścią spiralnej mgławicy. Ta zaś tym tylko się dla nas różni od wszystkich innych ogromnych kosmicznych układów wirujących, że jest nasza własna. Oczywiście nie mamy tutaj na myśli żadnego kosmicznego patriotyzmu lokalnego, chcemy jedynie wskazać na szczególną sytuację perspektywiczną, w jakiej znajdujemy się wobec tej własnej spiralnej mgławicy. Jest to bowiem jedyny z galaktycznych układów, jakiego nie widzimy z zewnątrz, tak jak widzimy wszystkie inne układy dróg mlecznych, to znaczy w kształcie mniej lub bardziej rozciągniętej elipsy bądź typowej soczewki; nieuchronnie spoglądamy na niego od wewnątrz, ponieważ nasze Słońce jest jedną ze 100 miliardów gwiazd, z jakich Układ ów się składa. O ile sytuacja ta jest sama w sobie prosta, o tyle – na co wciąż od nowa wskazuje doświadczenie – większość ludzi nie rozumie, jakie z tej sytuacji wynikają konsekwencje w odniesieniu do ukazującego się nam na niebie obrazu. Spiralna mgławica, widziana od wewnątrz, a więc z perspektywy jednego z tworzących ją słońc (mówiąc ściślej: widziana z planety jednego ze swoich słońc), może nam się objawiać tylko jako nagromadzenie gwiazd w określonej płaszczyźnie w przestrzeni, jako skupienie w postaci wstęg lub smug. Widać to wyraźnie na schematycznym rysunku (a także na ilustracji 4).



Schemat naszej własnej drogi Mlecznej widziany od strony krawędzi. Duży punkt wyznacza miejsce, w którym może znajdować się nasz Układ Słoneczny. Objaśnienia liter należy szukać w tekście. Zakreskowane powierzchnie odpowiadają sektorom Wszechświata, do których pył, skoncentrowany również w płaszczyźnie naszego Układu, broni nam wglądu. Bez przeszkód możemy patrzeć w wolny Wszechświat poza naszą Drogą Mleczną tylko w górę i w dół w obrębie pola widzenia o kształcie szpulki diabola.

Gdy z zaznaczonego na schemacie stanowiska naszego Układu Słonecznego będę patrzył na nocne niebo w kierunku pokrywającym się z płaszczyzną naszej mgławicy spiralnej (A), to znaczy w kierunku jej krawędzi bądź też jej centrum – wówczas składające się na nią gwiazdy znajdują się pozornie blisko Jedną za drugą i obok siebie. Im dalej kieruję wzrok swój od owej płaszczyzny, tym bardziej musi się zmniejszać ilość gwiazd wypełniających na niebie taki sam obszar. Najuboższe w gwiazdy będzie mi się •wydawało nocne niebo w miejscach odpowiadających kierunkowi prostopadłemu do płaszczyzny układu o kształcie soczewki (B). Widoczna nawet gołym okiem koncentracja gwiazd, okalających w tej samej płaszczyźnie Ziemię zamkniętym pierścieniem i ciągnących się wokół całego nieba, nie jest więc niczym innym jak tylko obrazem, w którym ukazuje się nam nasza własna mgławica spiralna widziana od wewnątrz (por. ilustrację 4; fakt, że najjaśniejsze gwiazdy tej mgławicy w rzeczywistości są właśnie tak uszeregowane, że tworzą spiralne ramiona, że i nasz własny Układ widziany ze stanowiska innej drogi mlecznej przedstawia typową mgławicę spiralną – został w ostatnich latach bezpośrednio udowodniony dzięki zastosowaniu specjalnych metod radioastronomicznych). Ta tak wyraźnie odznaczająca się biaława wstęga na niebie od dawna, bo już od czasów antycznych, znana była jako "Droga Mleczna", po prostu ze względu na swój wygląd i w powiązaniu z różnymi mitami. Nazwa ta uchowała się także wówczas, gdy w połowie XVIII wieku Immanuel Kant w równie krótkiej jak błyskotliwej i dziś jeszcze godnej czytania dysertacji zainicjował odkrycie prawdziwej przyczyny tego usystematyzowanego nagromadzenia gwiazd. Co więcej: gdy znacznie później, właściwie przed niewiele więcej jak czterdziestu laty, odkrycie Hubble'a

udowodniło, że liczne, dawno znane mgławice o kształcie wrzeciona czy też elipsy są w rzeczywistości układami gwiazd leżących daleko poza naszym własnym "Układem Drogi Mlecznej", ale identycznych z nim pod względem budowy, struktury i składu – wówczas aby do reszty już dopełnić zamieszania, nadano nazwę "drogi mlecznej" (po grecku: galaxis) także tym, wreszcie już w prawdziwej swojej naturze rozpoznanym mgławicom spiralnym. Odtąd wszystkie trzy pojęcia oznaczają to samo.

Owe drogi mleczne, spiralne mgławice czy też galaktyki są największymi twórcami istniejącymi w ogóle we Wszechświecie. Rozmiary ich znacznie przekraczają zdolność naszej wyobraźni, która nam przecież już raz prawie nie dopisała przy próbie uzmysłowienia sobie na przykładzie modelu myślowego odległości międzygwiazdowych (od jednej gwiazdy stałej do drugiej). Cóż nam pomoże informacja, że na przebycie drogi od określonego punktu na krawędzi naszej własnej Galaktyki do dokładnie przeciwległego punktu na krawędzi jej strony przeciwnej światło potrzebowałoby około 100 000 lat? To znaczy, że średnica naszej Galaktyki wynosi 100000 "lat świetlnych"? Te rotujące układy kosmiczne są tak nieprawdopodobnie wielkie, że nawet najstarsze z nich od czasu powstania Wszechświata – około 10 do 15 miliardów lat temu – do dnia dzisiejszego, obróciły się wokół swojej osi nie więcej niż dwadzieścia razy, pomimo że obracają się z taką prędkością, iż położone na ich peryferii słońca przebywają przy tej rotacji do 500 kilometrów na sekundę. (W przypadku naszego własnego Słońca i jego planet, z których jedną jest Ziemia, owa prędkość wywołana rotacją naszej Drogi Mlecznej wynosi tylko około 260 kilometrów na sekundę, ponieważ nasz Układ Słoneczny nie jest położony na samym skraju naszej Drogi Mlecznej; zob. schemat na s. 53.) Następujący eksperyment myślowy pozwoli nam chyba najłatwiej wytworzyć sobie choć słabe pojęcie, o jakie tutaj chodzi rozmiary:

Gdy nakłujemy szpilką zdjęcie jakiejś galaktyki, powstała w ten sposób w mgławicy spiralnej dziurka jest tak wielka, że pojazd kosmiczny poruszający się z prędkością światła (300 000 kilometrów na sekundę) – co jest oczywiście utopijną fantazją – nie przerzuciłby nas z jednej strony tej dziurki na przeciwległą. Nawet bowiem podróż takim wyimaginowanym statkiem kosmicznym wymagałaby co najmniej 700 lat! Ten pochodzący od Eduarda Verhulsdonka eksperyment myślowy pragnąłbym jeszcze uzupełnić uwagą, że przez przekłucie takiej dziury w galaktyce zniszczeniu uległoby około miliona gwiazd, czyli słońc, spośród których – zgodnie z najnowszymi statystycznymi i logicznymi przesłankami – jakieś 50 000 może posiadać własne układy planetarne, a z nich – według wszelkiego prawdopodobieństwa – co najmniej kilkaset może być zamieszkałych przez formy życia takich czy innych gatunków. Kto raz przebył laki proces myślowy i ma go w pamięci, ten już nie będzie szafował tak bardzo rozpowszechnionym dziś sloganem o "zdobyciu" Wszechświata. Ten, kto tego terminu używa, nie wie, o czym mówi.

Historia Nowej Persei z roku 1901 może nam również dać przybliżone pojęcie o tym, czym są odległości astronomiczne. Ponieważ historia ta stanowi szczególnie efektowny przyczynek do sprawy, pozwolimy sobie na krótki jej opis: dnia 21 lutego 1901 roku w gwiazdozbiornie Perseusza odkryto nową gwiazdę, tak zwaną Nową. Jest to zjawisko obserwowane jeszcze dzisiaj z wielkim zainteresowaniem w świecie astronomicznym, ale nie jest to w żadnym razie sensacja. Znanych jest ogólnie kilkaset przypadków pojawienia się takiej Nowej. Zresztą we wszystkich dotychczasowych, a możliwych do sprawdzenia wypadkach okazało się, że na pewno nigdy nie oznacza to nagłego pojawienia się prawdziwie nowej gwiazdy. Ukazanie się Nowej bądź – co się rzadziej zdarza – Supernowej – bywa raczej skutkiem tego, że normalna do tej pory gwiazda stała nagle wybuchając w trakcie ogromnej atomowej eksplozji znaczny odsetek swojej masy w postaci wolnej energii. Przy wybuchu Nowej stanowi to jednak 0,1 promille masy gwiazdowej, u Supernowej dochodzi nawet do 10 procent. Ilustracja 8 pokazuje tak zwaną mgławicę Krab: olbrzymi powybuchowy obłok znajdujący się obecnie w gwiazdozbiornie Byka, w tym miejscu, w którym w roku 1054 chińscy astronomowie zaobserwowali pojawienie się takiej "nowej" gwiazdy, w tym przypadku Supernowej. Gwałtowność wybuchu jeszcze dzisiaj, to znaczy po upływie prawie tysiąca lat, nie wygasła. Dokładne pomiary fotografii porównawczych, dokonywane w odstępach rocznych, wykazały, że średnica obłoku rośnie z roku na rok o bardzo nieznaczną wielkość 0,21 sekundy kątowej. Wobec faktu, że obłok powybuchowy jest od nas oddalony o 4000 lat świetlnych, można wyliczyć, że jego części składowe jeszcze po dzień dzisiejszy rozpraszają się, pędząc z szybkością przekraczającą 1000 kilometrów na sekundę.

Jest to szybkość zupełnie zawrotna, szczególnie gdy weźmiemy pod uwagę, że od czasu wybuchu upłynęło ponad 900 lat. A jednak jest niczym wobec zaskoczenia, którego doznali astronomowie w 1901 roku spostrzegając, a potem śledząc przebieg rozbłysłej podówczas nagle Nowej Persei. W jej przypadku stwierdzono również wyraźne zwiększanie się średnicy, dające się nawet wymierzyć z tygodnia na tydzień.

Także w 1901 roku astronomowie przystąpili do obliczeń mających na celu ustalenie w utarty sposób na podstawie odległości i pozornego powiększania się obłoku powybuchowego rzeczywistej prędkości ekspansji. Byli przygotowani na to, że w tym szczególnym przypadku spotkają się z wyjątkowo dużymi prędkościami, skoro udało im się tutaj raz uchwycić wybuch gwiazdy in statu nascendi. Tymczasem wyniki ich pomiarów i obliczeń wykazały rezultat już nie tylko szokujący i sensacyjny, ale wręcz całkowicie niemożliwy; obliczenia pozornego wzrostu wielkości oraz odległości – wyprowadzone przeważnie za pomocą metod spektroskopowych i fotometrycznych – wykazywały wciąż od nowa, jakoby powybuchowy obłok Nowej Persei rozszerzał się na wszystkie strony z szybkością światła. Tymczasem tak być nie mogło, gdyż już podówczas

dobrze było wiadomo, że materia nie może ulec przyśpieszeniu do szybkości światła, a cóż dopiero – jeżeli wolno użyć takiego sformułowania – w nieprawdopodobnie krótkim czasie takiego wybuchu Nowej, który trwa kilka dni czy godzin. Atomy wodoru czy też protony i elektrony takiego gwiazdowego obłoku powybuchowego są przecież (gazową) materią. Długo bardzo trwało, zanim znaleziono rozwiązanie zagadki. Zrazu sądzono oczywiście, że błędu należy szukać w pomiarach. Dzisiaj wiemy, że zarówno wyniki pomiarów z roku 1901, jak wszystkie obliczenia ówczesnych astronomów były od początku prawidłowe. Tajemnica polegała po prostu na tym, że to, co się wówczas na oczach astronomów rozprzestrzeniało z ośrodka eksplozji na wszystkie strony Wszechświata z szybkością światła – wcale nie było materią, lecz właśnie światłem! Dawno już przyjęte i jedyne możliwe wyjaśnienie tego – a także i kilku dalszych od tego czasu napotykanym przypadków, tkwi w tym, że Nowa musiała widocznie wybuchnąć przypadkowo pośrodku obłoku drobno rozproszonego pyłu kosmicznego rozpostartego nad ogromnymi przestrzeniami międzygwiazdowymi: to co obserwowano, jak się rozszerza o kilka sekund kątowych rocznie – nie jest niczym innym jak światłem błyskawicy wybuchu, przenikającym we wszystkich kierunkach poprzez ten obłok pyłu i pokonującym przy tym w każdej sekundzie odległość 300 000 kilometrów.

Zjawisko to świadczące, że w grę wchodzi tu odległości, kiedy nawet światło, które jest najszybszym z ośrodków, w naszych oczach zdaje się pozornie "wlec" po niebie, według tej samej zasady, zgodnie z którą na przykład wóz wyścigowy widziany na horyzoncie porusza się z szybkością ślimaka – zjawisko to, gdy się je do głębi przemyśli, może nam również dać choćby nikłe wyobrażenie o odległościach istniejących we Wszechświecie. Nie dość tego: ten zdumiewający fenomen wlokącego się przed naszymi oczami światła w omawianym przypadku związany jest ponadto z obiektem wewnątrzgalaktycznym, to znaczy z gwiazdą stałą położoną jeszcze w obrębie naszej własnej Drogi Mlecznej, i to nawet wewnątrz naszego – stosunkowo "najbliższego" otoczenia: Nowa Persea jest bowiem oddalona od nas "tylko" o mniej więcej 3000 lat świetlnych.

Otóż gdyby fotografia mgławicy Andromedy była zdjęciem naszej Drogi Mlecznej – która, według tego, co nam wiadomo, z tej samej odległości i pod tym samym kątem w rzeczywistości tak właśnie powinna wyglądać – to na tym zdjęciu Ziemia nasza i Nowa Persea leżałyby w odległości 5 do 6 milimetrów od siebie! Takiej sytuacji odpowiada w rzeczywistości kosmicznej odległość już tak wielka, że pozwala nam spokojnie śledzić poruszanie się światła z szybkością 300 000 kilometrów na sekundę.

Już w samym bezpośrednim, najbliższym otoczeniu naszej własnej Drogi Mlecznej mamy więc do czynienia z odległościami, dla których przebycia nawet światło potrzebuje wielu tysięcy lat. Z tego wynika między innymi, że wówczas gdy obserwujemy gwiazdne niebo – dosłownie i zupełnie realnie patrzymy zawsze także i w przeszłość. Gwiazdy, które wtedy widzimy obok siebie,

znajdują się w rzeczywistości w bardzo różnych od nas odległościach.

Podczas gdy światło jednej gwiazdy może potrzebować "tylko" 50 czy 60 lat na dotarcie do naszych oczu lub do astronomicznych teleskopów, w przypadku drugiej, widzianej przez nas – z punktu, z jakiego patrzymy – tuż obok pierwszej, to samo trwać musi na przykład już kilka tysięcy lat; dla każdej gwiazdy okres ten będzie różny. Jednakże każdą z tych gwiazd możemy tylko ujrzeć taką, jaka była, gdy wypromieniowała światło, które obecnie – w chwili obserwacji – do nas dociera. Jest zatem zupełnie prawdopodobne, że astronom będzie zajmował się szczegółową spektroskopową analizą danej gwiazdy, fotografował ją i badał najrozmaitszymi sposobami, podczas gdy w rzeczywistości już od wielu stuleci wcale ona nie istnieje, gdyż uległa w tym czasie zagładzie wskutek jakiegoś wybuchu Nowej. Jeżeli bowiem gwiazda ta była od nas oddalona o jakieś 1000 lat świetlnych, to zanim "obraz", widok tego wybuchu, a co za tym idzie, i wiadomość o końcu jej istnienia do nas dotrze – upłynąć musi 1000 lat.

Eksplozja gwiazdy zaobserwowana w roku 1054 n. e. przez chińskich astronomów, której naocznym skutkiem jest wymieniona już mgławica Krab (zob. ilustracja 6), w rzeczywistości też nie nastąpiła w owym roku, lecz naturalnie już gdzieś w roku 3000 p.n.e. Ponieważ jak nam dzisiaj wiadomo, miejsce wybuchu oddalone jest od nas o mniej więcej 4000 lat świetlnych, potrzeba było tyle czasu, aby wydarzenie to mogło być widoczne z powierzchni Ziemi.

Wszystko to jest pod względem logicznym i fizycznym nie tylko bardzo proste, ale i znane większości ludzi. Pomimo to próba uzmysłowienia sobie wynikających z tego konsekwencji przy oglądaniu gwiazdowego nieba – ku czemu bardzo niewielu ludzi przejawia skłonności – jest przeżyciem bardzo dziwnym i godnym zastanowienia. To co widzimy nad sobą, częściowo jako tkwiące obok siebie, znane nam konstelacje tak zwanych "gwiazdozbiorów", z punktu widzenia czasu wcale nie jest "zbieżne w czasie". Przeciwnie, widzimy umiejscowione w bezpośrednim sąsiedztwie gwiazdy pochodzące ze stale zmieniających się różnych minionych epok naszej Drogi Mlecznej, epok oddzielonych od siebie niekiedy tysiącami lat. Fakt ten pociąga za sobą dalsze niezwykle zdumiewające następstwa, o których rzadko kto pamięta. W tych warunkach bowiem nie możemy absolutnie ujrzeć dokładnie całości naszej Drogi Mlecznej, naszej własnej Galaktyki, takiej jaką jest w jakimś określonym momencie. Im więc dalej nasz wzrok przenika głębiej Drogi Mlecznej, tym bardziej zamierzchną jest także przeszłość tego, co widzimy.

Gwiazdy znajdujące się w naszym sąsiedztwie widzimy zawsze takimi, jakimi były przed paru lub przed dziesiątkami lat. Gdy natomiast sięgniemy wzrokiem do galaktycznej krawędzi leżącej po przeciwległej od nas stronie, możemy ujrzeć ją tylko w takim stanie, w jakim była przed około 80 000 lat. Promieniowanie, które obserwujemy jednocześnie z różnych części naszej własnej Drogi Mlecznej naprawdę pochodzi z innych okresów czasu zależnie od odległości tych części. Skądinąd nie ma to naturalnie żadnego znaczenia dla obserwacji naukowych,

gdyż 80 000 czy 100 000 lat dla zmian w stanie struktury Drogi Mlecznej stanowi tak znikomy okres, że czynnik ten nie odgrywa żadnej roli. Jednakże fakt pozostaje faktem i staje się dla kogoś, kto się nad nim zastanawia, konkretnym, wyrazistym przykładem ścisłej, nierozzerwalnej więzi pomiędzy przestrzenią a czasem.

Chociaż może to w pierwszej chwili brzmieć paradoksalnie, jednakże to nieuniknione, zależne od czasu zafałszowanie widoku nie w każdym przypadku musi dotyczyć innych, obcych, a więc znacznie bardziej odległych mgławic spiralnych. W odniesieniu do jakiejś drogi mlecznej umiejscowionej w przestrzeni w stosunku do nas w taki sposób, że umożliwia nam "spojrzenie z wierzchu" (przykład: ilustracja 2) – jest to całkowicie zrozumiałe. W takim wypadku przecież wszystkie składające się na nią gwiazdy znajdują się – praktycznie biorąc – w jednakowej od nas odległości. Stąd przestrzenne współistnienie, na które spoglądamy, odpowiada współistnieniu w czasie; to, co widzimy tutaj jednocześnie obok siebie, jest – w odróżnieniu od warunków wewnątrz naszej własnej Drogi Mlecznej – naprawdę także "jednoczesne". Ale i w takich układach gwiazdowych, które w stosunku do nas są nachylone pod jakimkolwiek dowolnym kątem, ta niezgodność w czasie nigdy nie osiąga zupełnie dokładnie takiego rozmiaru jak w naszym własnym przypadku. Byłoby to bowiem możliwe wtedy, gdybyśmy z jednego brzegu takiego układu, który widzimy od strony jego krawędzi, mogli spojrzeć na drugi brzeg. A to nie jest możliwe. Niezależnie od tego, że przy takim kierunku patrzenia gwiazdy znajdują się o wiele za gęsto jedna za drugą, na spojrzenie w mgławicę spiralną właśnie wewnątrz jej płaszczyzny równikowej, a więc dokładnie w kierunku widoku od "krawędzi do krawędzi", nie pozwalają nam chociażby międzygwiazdowe masy pyłu znajdujące się w każdej galaktyce. Są one wprawdzie niezwykle rozproszone, ale koncentrują się w szczególnie dużym stopniu, jak to wyraźnie widać na ilustracji 5, właśnie na krawędzi, mówiąc ściślej: w płaszczyźnie galaktyki.

Należy tutaj zwrócić uwagę na fakt, że i w naszej Drodze Mlecznej w żadnym razie nie możemy spojrzeć z jednego jej końca na drugi. Wręcz przeciwnie, pole widzenia dostępne nam w Drodze Mlecznej jest w stosunku do ogólnej wielkości naszego Układu tak małe, że wielu przyjmie to ze zdumieniem. Systematyczne liczenie gwiazd – przeprowadzane na przykład w celu stwierdzenia spadku zagęszczenia od centrum naszej Galaktyki do jej krawędzi – jest niezawodne tylko w obwodzie, którego promień liczy nie więcej niż 6000 lat świetlnych. Do wglądu poza tę granicę także wewnątrz naszego Układu nie dopuszcza rzadko rozprzestrzeniony na tak ogromnych odległościach, ale jednak jeszcze odczuwalny pył kosmiczny; dzieje się to w każdym razie wtedy, gdy kierunek wzroku pokrywa się w mniejszym czy większym stopniu z płaszczyzną obrotu Drogi Mlecznej. Inaczej jest jeżeli patrzymy prostopadle do niej, jak gdyby "w górę" bądź "w dół" od płaszczyzny Drogi Mlecznej. W tym kierunku bowiem tarcza, którą nasz System tworzy, jest najcieńsza, a tym samym także i grubość

warstwy zawartego w tym systemie pyłu psującego nam widoczność. W tych dwóch kierunkach – i tylko w tych dwóch kierunkach – możemy praktycznie biorąc wyrzeć bez przeszkód z naszego własnego Układu w głąbię rozpoczynającej się poza jego granicami "pozagalaktycznej" przestrzeni Wszechświata. Schemat na s. 53 wyjaśnia nam tę sytuację. Wszystko, co nam dzisiaj już wiadomo o tym, co się znajduje poza wrysowanym tam, stosunkowo bardzo małym rejonem naszej Drogi Mlecznej, rejonem o formie podobnej do szpulki diabola, jest wynikiem najnowszych badań, jak na przykład, wiedza o spiralnej strukturze także naszego Układu. W związku z gwałtownym rozwojem radioastronomii w czasie ostatnich 20 lat, otworzyła się dla astronomów zupełnie nowa możliwość: promieniowanie radiowe bowiem wydzielane przez międzygwiazdowy wodór naszej Drogi Mlecznej, a powstające właśnie szczególnie intensywnie w jej centrum, w odróżnieniu od zwykłego światła, przenika swobodnie pył międzygwiazdowy, co umożliwiło po raz pierwszy dokonywanie obserwacji wewnątrz całej Drogi Mlecznej.

Powiązania te wyjaśniają zresztą pewną równie interesującą jak pouczającą pomyłkę, która zahamowała prawidłowe rozpoznanie natury "mgławic" spiralnych przez okres prawie 200 lat. Jak wspominaliśmy, już Immanuel Kant w swoim dziele pod tytułem *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels* ("Ogólna historia naturalna i teoria nieba"), które jako "najuniżeńszy sługa", poświęcił swemu monarsze Fryderykowi Wielkiemu w marcu 1755 roku, wypowiedział i niezwykle przekonująco udowodnił przeświadczenie, że mniej lub więcej owalne, białe, małe "miejsca" na niebie, podówczas już widoczne przez współczesne mu lunety, są samodzielnymi układami gwiazdowymi położonymi daleko poza naszą Drogą Mleczną. Siedzenie, z jaką logiką genialny królewianin uzasadniał swoją jak na owe czasy wręcz niebywałą teorię przy użyciu prostej, sensownej argumentacji dowodowej, krok za krokiem, na niewielu stronach i – jak obecnie już wiemy – w każdym istotnym punkcie słusznie – jest jeszcze dzisiaj fascynujące i stanowi ucztę duchową na najwyższym poziomie. Pomimo to pogląd ten nie znalazł zrazu uznania, dopóki w roku 1923, a więc prawie dwieście lat później, nie udało się Hubble'owi po raz pierwszy rozłożyć peryferycznych rejonów mgławicy Andromedy na świetlne punkty pojedynczych gwiazd.

Jedna z głównych przyczyn tej zwłoki związana jest w sposób wysoce pouczający bezpośrednio z sytuacją przedstawioną na schemacie na s. 53. Dostarczyła ona bowiem przeciwnikom poglądu o "pozagalaktycznej" naturze spiralnych mgławic bardzo ważkiego, rzekomo nieodpartego argumentu: a był nim fakt odniesienia tego pozornie regularnego rozmieszczenia owych spornych obiektów na niebie – do naszej własnej Drogi Mlecznej. Gdy się je bowiem nanosiło na odpowiednie miejsca na mapie nieba – pod koniec ubiegłego wieku setki spośród nich były już sfotografowane – i gdy się potem przyglądało ich rozmieszczeniu, okazywało się, że nie były wcale rozłożone dowolnie na

wszystkich miejscach nieba. Liczba ich zwiększała się, im bardziej poszukiwania zbliżały się do "galaktycznego bieguna", to znaczy im bardziej kierunek wzroku przybliżał się do kierunku zaznaczonego na schemacie na s. 53 literą B. I odwrotnie, stawały się coraz rzadsze w miarę zmniejszania się odległości do strefy płaszczyzny Drogi Mlecznej, przy czym w obrębie samej płaszczyzny nie odkryto ani jednej z tych mgławic.

Takie rozmieszczenie dopuszczało jeden jedyny przekonywający wniosek: uszeregowanie spiralnych mgławic na niebie musi być w jakikolwiek sposób powiązane z naszą własną Drogą Mleczną. Z tego zaś wynikał – tak się zdawało – nieuchronnie następny wniosek, że muszą to być obiekty "wewnątrzgalaktyczne", nie wyjaśnione jeszcze w swojej naturze elementy naszego własnego Układu. Nam dzisiaj bardzo łatwo jest dostrzec, gdzie tkwi błąd w tej tak przekonywająco

brzmiającej argumentacji dowodowej. Pierwszy krok rozumowania był absolutnie prawidłowy. Rozmieszczenie mgławic spiralnych na niebie, a więc ich koncentracja w kierunku ku biegunowi galaktycznemu, jest istotnie związana z pewną właściwością naszej Drogi Mlecznej. Jednakże związek ten jest tylko pośredni i dotyczy niewątpliwie naszej Drogi Mlecznej, nie ma natomiast nic wspólnego z samymi obiektami o kształcie spirali. To co nam widok na te rzeczywiście daleko poza naszą Drogą Mleczną położone odległe światy w pewnych określonych kierunkach otwiera, a w innych znów zamyka, nie jest niczym innym jak systematycznym i różnorodnym w swojej formie rozmieszczeniem międzygwiazdowej materii naszego Układu w postaci pyłu; ukazuje to schemat na s. 53, na który powoływaliśmy się już niejednokrotnie. W rzeczywistości te obce układy gwiazdowe są jednak we Wszechświecie rozmieszczone równomiernie,

Owo ograniczenie zasięgu naszego spojrzenia we 'Wszechświat występuje jeszcze znacznie. silniej przy oglądaniu gwiazdowego nieba gołym okiem. Liczba gwiazd, którą można ujrzeć w czasie jasnej bezksiężycowej nocy bez teleskopu czy lornetki polowej, jest znacznie mniejsza, aniżeli większość ludzi by to oceniła. Jest to w istocie tylko kilka tysięcy, może pięć tysięcy, na pewno nie więcej niż sześć tysięcy pojedynczych gwiazd widzianych gołym okiem. Samą Drogę Mleczną bez teleskopu widzimy tylko jako słabo świecąca mglistą wstęgę. Nie potrzeba chyba o tym mówić, że wszystkie te gwiazdy znanego nam nocnego nieba należą wyłącznie do naszego własnego Układu Drogi Mlecznej, a nawet do stosunkowo małego regionu tego układu, w pewnym stopniu do naszego najbliższego otoczenia. Innymi słowy, gwiazdy, które możemy zobaczyć gołym okiem, nie stanowią nawet jednej dziesięciomilionowej części ogółu słońc, z których składa się sama nasza Droga Mleczna, a których jest łącznie co najmniej 100 miliardów!

Jeden jedyny istnieje wyjątek, jedyny przypadek, w którym w określonych

sprzyjających okolicznościach można gołym okiem zobaczyć również i obiekt "pozagalaktyczny". Kto ma dobry wzrok i dokładnie wie, gdzie szukać danego miejsca na niebie, może odkryć w jasną księżycową noc w gwiazdozbiorze Andromedy małą rozmytą plamkę świecącą. Plamka ta leży daleko poza Droga Mleczną, a od nas oddalona jest o odległości przekraczające owe dla nas już niewyobrażalne dystanse, jakie usiłowaliśmy sobie wyjaśnić za pomocą różnych modeli i myślowych eksperymentów. Sposoby te miały być próbą uzmysłowienia nam "wewnątrzgalaktycznych" rozmiarów na podstawie obrazu proporcji wielkościowych w obrębie naszego Układu Słonecznego oraz kolejnego skoku przez "wewnątrzgwiazdowe" odległości do sąsiednich gwiazd stałych; chodziło tu więc o proporcje wielkościowe występujące przy rozpatrywaniu naszego własnego Układu Gwiazdowego. Doszliśmy przy tym do przekonania, że już w tym zakresie rozmiary stają się tak ogromne, że w związku z czasem przebiegu światła nie możemy jednocześnie ujrzeć wszystkich części naszej własnej mgławicy spiralnej.

Skok, z którym teraz mamy do czynienia, przewyższa znowu wielokrotnie wszystko, co omawialiśmy do tej pory: mała, rozmyta plamka świetlna w gwiazdozbiorze Andromedy, którą w sprzyjających warunkach możemy jeszcze rozpoznać gołym okiem jako świetlne migotanie, jest obiektem "pozagalaktycznym". Jest to odległa od nas o dwa miliony lat świetlnych mgławica Andromedy (której znacznie powiększone zdjęcie – ilustracja 3 – posłużyło nam do przykładu "nakłucia szpilką" Verhulsdonka). Jest to zarazem pierwszy przykład międzygalaktycznej odległości, jaki napotykamy. Świetlna piama Andromeay jest odrębną samodzielną mgławicą spiralną, taką samą drogą mleczną jak nasza.

I tym samym doszliśmy w ogóle dopiero naprawdę do początku. Mgławica Andromedy jest naszą "galaktyką sąsiednią", mgławicą spiralną spośród wszystkich najbliższą naszej Drodze Mlecznej. Im głębiej nowoczesne ogromne teleskopy w okresie ostatnich dziesiątków lat przenikają obszary Wszechświata, tym bardziej rośnie liczba wykrytych mgławic spiralnych. Każda z nich przeciętnie równa jest wielkością naszej Drodze Mlecznej – a o jej naprawdę już dla nas całkowicie niewyobrażalnych proporcjach musimy stale pamiętać – każda z nich składa się z 50, 100 lub 200 miliardów słońc. Jedynie wskutek olbrzymiej odległości, z której płynie do nas ich blask, kurczą się one do pozornie tak drobnych wdzięcznych tworów. Przy sporządzaniu takich zdjęć im dłuższy jest czas naświetlania za pośrednictwem olbrzymich zwierciadeł, im słabsze i bardziej odległe obiekty udaje się dzięki temu uchwycić – tym bardziej wzrasta ich liczba. Na ilustracji 8 widać już więcej mgławic spiralnych aniżeli "gwiazd pierwszoplanowych" [mianem "gwiazd pierwszoplanowych" określa się wszystkie na tego rodzaju zdjęciach w sposób nieunikniony również sfotografowane – aż przyczyn zrozumiałych zwykle prześwietlone – gwiazdy naszej własnej Drogi Mlecznej; ta bowiem jest zawsze stanowiskiem, z którego

wykonujemy zdjęcie; przyp. aut].

Ale i to dawno już nie stanowi granicy. Rozporządzamy obecnie już zdjęciami astronomicznymi, na których przy zastosowaniu specjalnej techniki szacunkowej można stwierdzić i wyliczyć obecność wielu tysięcy tego rodzaju galaktyk czy dróg mlecznych – na jednym jedynym zdjęciu! Jeżeli zechcemy wyciągnąć z tego wniosek o ich łącznej liczbie w wycinku Wszechświata dostępnym naszej aktualnej technice obserwacji, będziemy musieli stwierdzić, że istnieje co najmniej kilka miliardów dróg mlecznych w samej tylko podanej dla naszej obserwacji części Kosmosu. A jednak nie ma żadnego powodu pozwalającego nam przypuszczać, że gęstość ich miałaby spadać poza tą granicą, wyznaczoną przypadkowym stanem naszej obecnej techniki obserwacyjnej. Można więc założyć z dużą pewnością, że liczba istniejących we Wszechświecie układów dróg mlecznych jest znacznie wyższa niż liczba słońc czy gwiazd zawartych w każdym z nich.

Z drugiej strony jednakże wydaje się, że znane nam są już przyczyny, na których podstawie możemy sądzić, że ilość ich, choćby była nie wiem jak wielka, musi mieć jednak swoją ostateczną granicę.

Odkrycia astronomiczne ostatnich lat dopuszczają myśl, że powyższe stwierdzenie dałoby się może jeszcze rozszerzyć. Jednym z zasadniczych błędów w nauce jest zawsze mylenie granic własnego poznania czy też aktualnie stosowanej metody z obiektywną granicą pola obserwacji – błąd ten przewija się przez całą historię nauk przyrodniczych i w różnorodnych, nie wykrytych dotąd formach tkwi znowu – czy też jeszcze – w wielu naszych rezultatach uznanych za bezsporne. A jednak pomimo koniecznej z tego względu najdalej idącej ostrożności i sceptycyzmu trudno obecnie jeszcze zasadniczo wątpić w to, że granice obserwowanej przez nas części Wszechświata zaczynają się już zdecydowanie przybliżać do granicy owego wycinka tegoż Wszechświata, który jest w ogóle "obserwowalny".

W przypadku obserwacji wykraczających poza kosmiczne odległości wniosek ten wynika ze wzmiankowanego krótko już w innym powiązaniu nieuchronnego splecenia wymiarów przestrzeni i czasu. Działanie tego splecenia występuje naturalnie tym silniej, im bardziej wzrastają odległości. O ile omawialiśmy je dotychczas tylko przy rozpatrywaniu wewnątrzgalaktycznych dystansów, których górna granica odpowiada średnicy zwykłej galaktyki, a więc mniej więcej 100000 lat świetlnych, – o tyle, jak teraz wiemy, odległość sąsiadującej z nami galaktyki, mgławicy Andromedy, jest dwudziestokrotnie większa. Przy galaktykach pokazanych na ilustracji 8 w grę wchodzi już odległości wielu setek milionów lat świetlnych, a światło emitowane przez najdalszą, na ilustracji 8 ledwie widoczną drogę mleczną w chwili gdy do nas dociera, było już mniej więcej 1 miliard lat w drodze.

Tym samym widoczne stają się odcinki przeszłości leżące tak daleko za nami, że

rozmiary czasu, które w tym okresie upłynęły, zaczynają nabierać znaczenia nawet dla procesów kosmicznych i przebiegu ich rozwoju. Najdalsze ciała niebieskie dające się jeszcze optycznie obserwować (fotografować) znajdują się według tego, co nam dzisiaj wiadomo, w odległości ponad 3 miliardów lat świetlnych. Impulsy, które anteny nowoczesnych radioteleskopów obecnie potrafią odbierać – pochodzą z jeszcze większych odległości. Rejestrują one już obiekty, których odległość od nas mieści się w rzędzie wielkości 6 do 8 miliardów lat świetlnych.

Kto uważnie czytał ostatnie zdania, może zauważył, że owych najdalszych obiektów kosmicznych już nie nazywaliśmy mianem galaktyk czy też dróg mlecznych. Było to całkowicie świadome i nie bez istotnego powodu; Przy wglądzie w takie odległości wskutek czasu przebiegu światła (bądź innych fal elektromagnetycznych, jak na przykład fal radiowych) widzimy stany i procesy tak dalekie w czasie, że jesteśmy już dość zbliżeni do początkowego stadium otaczającego nas dzisiaj Kosmosu. Możliwe, że z tym związane są pewne bardzo zdumiewające i zrazu jeszcze zupełnie zagadkowe obserwacje poczynione właśnie w ostatnich latach nad niektórymi z owych najdalszych obiektów. Właśnie w odniesieniu do najdalszych ze wszystkich znanych nam obiektów kosmicznych astronomia od kilku lat odkrywa wciąż od nowa cechy, które – według naszej aktualnej wiedzy w dziedzinie fizyki – właściwie powinny być ze sobą sprzeczne. Ponadto przyrządy nasze rejestrują takie zestawienia wielkości dotyczących tych tajemniczych tworów, że fizyk określiłby je jako wręcz "niezgodne ze znanymi nam prawami natury".

Zagadka prawdziwej natury tych zjawisk występujących na pograniczu podległego naszej obserwacji Wszechświata, których światło bądź fale radiowe dążą ku nam przez okres 6, 8 albo i więcej miliardów lat – jeszcze przez długie lata będzie przedmiotem zainteresowania astronomii. Pozwolimy sobie jednak wyrazić tutaj przypuszczenie, że ta niewytłumaczalna dla nas sprzeczność ich właściwości może dałaby się wyjaśnić tym, że spoglądamy tutaj już w przeszłość poprzez pewien rozmiar czasu zbliżony do wieku świata wynikłego z odmiennych danych. Czyżby drożna była myśl, że możliwe jest, iż owe obiekty dlatego wydają nam się tak zagadkowe, że zbliżamy się naszymi przyrządami do epoki z początków Kosmosu, w której obowiązywały jeszcze inne prawidła aniżeli rządzące światem, który dzisiaj znamy?

Istnieje ponadto zupełnie inny powód, dla którego problem granicy Wszechświata mogącego jeszcze podlegać naszej obserwacji nie tylko szczególnie nas interesuje, ale ma nawet dla nas znaczenie o wadze życiowej. Powód ten wywodzi się z bardzo dziwnie zrazu brzmiącego pytania, którego rzeczywiste tło po raz pierwszy zostało rozpoznane na początku ubiegłego stulecia przez lekarza i astronoma z Bremy, Wilhelma Olbersa. Pytanie brzmi skromnie i po prostu: dlaczego właściwie w nocy jest ciemno? Jakkolwiek pytanie zda się naiwne, potrzeba było okresu ponad 100 lat, zanim

astronomowie znaleźli na nie zadowalającą odpowiedź.

Jeżeli Wszechświat Jest nieskończenie wielki – tak rozumował Olbers – i jeżeli w tym nieskończenie wielkim Wszechświecie jest wszędzie przeciętnie tyle samo gwiazd co w jego widocznej dla nas części, to w każdym poszczególnym punkcie sklepienia niebieskiego musi znajdować się gwiazda. Wprawdzie światło jej wydaje nam się tym słabsze, im bardziej jest od nas oddalona, ale w rzeczywistości w każdym punkcie nieba nieskończona ilość gwiazd musiałaby stać jedna za drugą, jeżeli Wszechświat jest nieskończenie wielki. Olbers mógł więc wyliczyć, że w takim przypadku właściwie całe nocne niebo musiałoby równie jasno i równie gorąco promieniować jak Słońce. Stąd też postawił pytanie: dlaczego więc w nocy jest ciemno?

Odpowiedź na nie znalazła dopiero współczesna astronomia. Brzmi ona nie mniej prosto, ale znaczenie jej jest zarazem zupełnie szczególne. Otóż Wszechświat nie jest nieskończenie wielki. Rzeczywiście w tym aspekcie nasze codzienne doświadczenie, że zapada u nas noc, gdy Słońce znika za horyzontem, stanowi dowód na to, że Kosmos, jakkolwiek jest niewyobrażalnie wielki, jednakże nie może być nieskończenie wielki. Tak ściśle w nim związane jest to, co najdalsze – z tym, co nam jest najbliższe [nowoczesna kosmologia rozwiązanie słynnego "paradoksu Olbersa" z reguły daje przez wskazanie na często cytowaną "ekspansję Wszechświata". W swoim efekcie końcowym obte odpowiedzi zmiierzają do tego samego; przyp. aut].

Wychodząc więc od naszego własnego Układu Słonecznego i jego proporcji i poprzez między-gwiazdowe odległości dochodząc aż do struktury i rzędu wielkości sikał galaktycznych, naszkicowaliśmy przynajmniej w grubszych zarysach tło, na jakim wyłącznie oglądać można prawdziwe położenie tego jednego ciała niebieskiego, które słusznie interesuje nas bardziej niż inne, dlatego że właśnie je zamieszkujemy: trzecią z ogólnej liczby dziewięciu planet stałej gwiazdy, będącej tylko jedną spośród 100 miliardów gwiazd stałych. Owe gwiazdy stałe tworzą razem olbrzymi układ gwiazdowy zwany Drogą Mleczną lub Galaktyką, obracający się wokół swego środka w wolnej przestrzeni, przestrzeni dość wielkiej na pomieszczenie niezliczonych miliardów takich galaktyk. Wszystko, o czym tu była mowa, nie jest ani jakąś konstrukcją logiczną, ani kombinacyjną grą myślową, ani wreszcie spekulacją fantazji. Trzeba sobie to wyraźnie uświadomić. Są to otaczające nas realia, rzeczywistość świata, który widzimy wokół siebie przez cały okres naszego życia. Wystarczy w bezksiężycową, jasną, rozgwieżdżoną noc, daleko od oświetlonych ulic czy domów, zwrócić wzrok ku górze – aby mieć go żywo przed oczami.

ZIEMIA – STATKIEM KOSMICZNYM

POWIETRZE ODDECHOWE JESZCZE TYLKO NA PRZECIĄG
TRZYSTU LAT • PIERWOTNE ŚWIATOWE ZATRUCIE
POWIETRZA TLENEM • ŚWIEŻA WODA PITA JUŻ
NIEJEDNOKROTNIE • CZY MOŻNA SIĘ ODŻYWIAĆ
PROMIENIAMI SŁONECZNYMI? • ŁAŃCUCH POKARMOWY
POMIĘDZY SŁOŃCEM A CZŁOWIEKIEM • WYKORZYSTANIE
ODPAWKÓW NA DNIE MORZA

W tej ogromnej przestrzeni, której rozmiar i bezkres próbowaliśmy sobie w poprzednich rozdziałach uzmysłowić – płynie nasza Ziemia. Jednakże określenie, że unosi się w niej zagubiona niczym najmniejsze ziarenko pyłu, odpowiada prawdzie tylko w odniesieniu do występujących tutaj proporcji wielkościowych, a więc tylko w sensie przenośnym, porównawczym. Nie można uważać, że Ziemia jest "zagubiona" w przestrzeni, chociażby dlatego że – jak każde inne ciało niebieskie – utrzymywana jest w ustabilizowanym od miliardów lat porządku i kursie przez niewidoczną, a jednak niewzruszalną sieć sił przyciągania, działających pomiędzy wszystkimi ciałami niebieskimi (a także przez ich współgrę z siłami odśrodkowymi, wywołanymi torami wszystkich obiektów kosmicznych, a tory te nigdy nie są całkiem prostoliniowe).

W trakcie swego lotu po tym kursie Ziemia znajduje się właściwie w sytuacji statku kosmicznego, którego "załoga" składa się z całej ludzkości i świata zwierząt. Taki aspekt naszego położenia we Wszechświecie nie jest jedynie poetyckim i błyskotliwym porównaniem; zrozumiemy to od razu, gdy zwrócimy uwagę, jak bardzo ta paralela jest zgodna we wszystkich szczegółach. Podobnie jak statek kosmiczny, Ziemia ma ze sobą wszystko, czego wymaga życie na jej powierzchni. Do tego należy na przykład tlen niezbędny ludziom i zwierzętom do oddychania.

Porównanie ze statkiem kosmicznym staje się jeszcze wyraźniejsze, gdy się pomyśli, jak stosunkowo szczupły jest w rzeczywistości zapas tlenu wieziony przez Ziemię. Musi on wystarczyć nie tylko dla dziś już ponad trzech miliardów ludzi, ale także dla wszystkich znajdujących się na Ziemi zwierząt. Nawet potężny zapas tlenu całej ziemskiej atmosfery starcza na wręcz śmiesznie krótki okres, nie więcej jak kilkuset lat, według najnowszych ocen – na jakieś 300 lat. Oczywiście że tlen ten nie uchodzi; tak samo dzieje się w statku kosmicznym. A nawet w stosunku do tegoż Ziemia jest w zdecydowanie lepszej sytuacji. Statek kosmiczny nie może uronić tlenu, który przecież w wolnej przestrzeni kosmicznej byłby stracony bezpowrotnie. A niebezpieczeństwo takie zawsze istnieje w przypadku tworu technicznego; wystarcza wszak mała wybita przez

meteoryt lub w inny sposób dziura, co zresztą potwierdziła groza położenia, w jakim znalazł się w czasie lotu statek Apollo 13... Z Ziemi, dla której tlen jest w równym stopniu niezastąpiony, ów życiodajny pierwiastek nie może ujść, gdyż utrzymuje go ona nie przez jakąś ściankę działową – ta może stać się nieszczelną – lecz przez swoje przyciąganie, co uniemożliwia uchodzenie tlenu do wolnej przestrzeni. Niemniej zapas tlenu Ziemi, liczony według swojej objętości, wystarczy właściwie, tylko na podany, uprzednio okres 300 lat, gdyż potem zostanie już cały zużyty przez oddychanie ludzi i zwierząt.

Ten krytyczny okres wyczerpywania się zapasu ulega wyraźnemu skróceniu, a związane z tym niebezpieczeństwo uduszenia się załogi "statku kosmicznego Ziemia" w ostatnich czasach zdecydowanie wzrasta przez szereg procesów spalania, przede wszystkim natury technicznej i przemysłowej. Przy pierwszym zetknięciu się z takim rachunkiem będziemy skłonni uznać położenie za co najmniej drastyczne, jednakże za chwilę sprawa przedstawi nam się jako groteskowy błąd rozumowania, jeżeli pomyślimy o tych wielu miliardach lat, gdy atmosfera naszej planety zawierała tlen do oddychania w ilości wcale nie zmniejszającej się w żadnym okresie i oddawała go do dyspozycji życia rozwijającemu się na jej powierzchni.

Rozwiązanie tej pozornej sprzeczności tkwi oczywiście w tym, że zużywany w ludzkich i zwierzęcych procesach oddechowych – chemicznie związany – tlen bywał bieżąco stale uwalniany przez zupełnie odmienne, w pewnym sensie posłuszne odwrotnie działającym mechanizmom procesy fizjologiczne świata roślinnego na ziemskiej powierzchni, wskutek czego ponownie wzbogacał atmosferę.

Rośliny, które Ziemia zabiera ze sobą w swoim locie w przestworzach, nie tylko odtwarzają tlen do oddychania. Ich wydolność jest tak wielka, że to właśnie one w pradziejach życia stały się przyczyną powstania zasobu tlenu w powłoce powietrznej. Wiemy dzisiaj, że pierwotna atmosfera Ziemi nie zawierała wcale tlenu, natomiast obfitowała w metan, dwutlenek węgla, amoniak, wodór, cyjanowodór i inne gazy, określane przez nas obecnie jako trujące. W istocie tylko w takiej atmosferze powstać mogły skomplikowane, wielkocząsteczkowe struktury, które stały się punktami wyjściowymi, podstawowym budulcem życia. Wolny tlen byłby na pewno utlenił te cząsteczki zaraz po ich powstaniu, a tym samym zniszczył je prędzej, aniżeli mogły powstać. W owych czasach i z punktu widzenia osiągniętego podówczas stopnia rozwoju życia na Ziemi tlen stanowił śmiertelne zagrożenie całości życia.

Dopiero znacznie później, może miliard lat po powstaniu pierwszych związków wielkocząsteczkowych, które osiągnęły zdolność replikacji – które zatem możemy już określić jako "ożywione" – ściśła pokrywa roślinna obsadziła powierzchnię Ziemi. Doprowadziło to do rewolucji, do kryzysu o zasięgu światowym, obejmującego wszystkie istniejące w tym czasie formy życia. Rośliny

te bowiem potrafiły przy użyciu energii świetlnej Słońca budować z prostych - związków nieorganicznych skomplikowane organiczne cząsteczki, takie jak cukier, tłuszcze i białko. Był to niebywały wprost postęp w dziejach życia na Ziemi, postęp, który zwielokrotnił tempo jego rozwoju. Zdolność wykorzystywania promieniowanej przez Słońce energii do procesu własnej przemiany materii, tak zwana "fotosynteza", stanowi do dnia dzisiejszego decydującą, charakterystyczną różnicą pomiędzy formą życia, którą nazywamy roślinną, a formą życia zwierzęcego. Zwierzę takiej zdolności nie posiada, jest więc z tego powodu zdane na podtrzymywanie swego istnienia przez odżywianie się podstawowymi surowcami organicznymi dostarczanymi przez rośliny. Zwierzę może żyć tylko pobierając pokarm roślinny bądź zjadając inne zwierzęta, które karmiły się roślinami, a przez to niezbędnymi podstawowymi surowcami.

Tymczasem w trakcie skomplikowanego i dotychczas jeszcze nie do końca wyjaśnionego biochemicznego procesu fotosyntezy powstaje jako ważny produkt końcowy, jako normalny produkt odpadowy przebiegającego dzięki fotosyntezie procesu przemiany materii – tlen. Ongiś, w tym praokresie, gdy rośliny wskutek przewagi uzyskanej przez "wynałazek" fotosyntezy w krótkim czasie bujnie porosły powierzchnię Ziemi – w atmosferze tlen ten zaczął powoli przybierać. Potrzebny nie był wcale. Występował jako świeży produkt roślin, nie znany do tej pory dodatek do ziemskiej powłoki powietrznej. Nie było nikogo, żadnej formy życia, która byłaby do niego dostosowana i wykazywała jakiegokolwiek nań zapotrzebowanie: był odpadem. Kto wie, czy sytuacja nie przedstawiała się nawet jeszcze gorzej. Jest zupełnie możliwe, o ile nie wręcz prawdopodobne, że już wtedy istniały pewne prymitywne formy życia zwierzęcego, których rozwój przebiegał w beztlenowej do tego czasu powłoce powietrznej i których przemiana materii i wszelkie inne funkcje cielesne były dostosowane do warunków praatmosfery o całkowicie odmiennym składzie. Dla form tych, o których nam dzisiaj nic już nie wiadomo, stopniowy wzrost tlenu w atmosferze musiał oznaczać katastrofę. Obecnie jeszcze napotykamy pewne gatunki bakterii rozwijające się tylko w atmosferze pozbawionej tlenu; nie wiadomo, czy nie możemy ich uważać za pozostałość owych pierwszych pokoleń ziemskich istot żyjących, za ostatni znak ich dawnej egzystencji. Jeżeli rzeczywiście istniały; a wiele za tym przemawia, uległy zagładzie w toku katastrofy obejmującej cały świat, zatrute tlenem, tym produktem odpadowym roślin nowo wchodzących na arenę dziejów.

Dzisiaj tlen jest dla nas .pierwiastkiem sprzyjającym życiu, wręcz niezbędnym; w takim kontekście stanowi to nieodparty dowód niewiarygodnej uporczywości i przystosowalności życia. Owa katastrofa światowego zatrucia atmosfery tlenem mogła być przecież bardzo łatwo oznaczać koniec wszelkiego życia na Ziemi. Jednocześnie z wygaśnięciem wszystkich istniejących podówczas form życia zwierzęcego występowało wszak dodatkowe niebezpieczeństwo, że również rośliny mogłyby się wcześniej czy później zatruci w tym przez nie same

wytworzonym produkcie odpadowym, którym był tlen. Ale do tego nie doszło. Natura raz jeszcze dokonała ogromnego wysiłku i rozpoczęła od nowa, powołując do życia tym razem formy zwierzęce, które do nowych warunków – a mianowicie do atmosfery zawierającej tlen – nie tylko były dostosowane przez to, że tolerowały nową mieszankę gazową, lecz miały właściwości pozwalające im z tej biedy wyciągać pożytek: wykorzystywały one tlen jako dostarczyciela energii. Przez to niezwykle zdumiewające rozwiązanie usunięty został także drugi problem. Jak już wspominaliśmy, opisany tutaj pokrótce rozwój wywołał niebezpieczeństwo zatrucia się roślin własnymi odpadami w wypadku gdyby nieustannie oddawany przez nie do atmosfery tlen nagromadzał się tam stale przez nieograniczenie długi okres. Tymczasem wraz z "drugą generacją" zwierząt – które do dnia dzisiejszego opanowują Ziemię i do których i my należymy – na widownię wstąpili nagle konsumenci tlenu, forma życia tak ukształtowana, że odpady roślinne stały się dla niej niezbędną podstawą egzystencji. Dzięki tej charakterystycznej okoliczności powstał pewien obieg, do którego włączyła się określona równowaga biologiczna: zawartość tlenu w atmosferze w jakimś odcinku czasu nie osiągała jakiegokolwiek dowolnej koncentracji. Całość stanowiła pewien kompromis prowadzący do utrzymania zawartości tlenu w atmosferze w wysokości niespełna 21 procent. Dla dalszego losu roślin był to do pewnego stopnia ostatni dzwonek: wykazują to ciekawe doświadczenia dokonane niedawno, polegające na hodowaniu rośliny w sztucznych atmosferach o najróżniejszym składzie. Eksperymenty te pierwotnie miały jedynie na celu zbadanie, czy ziemskie rośliny zniosą obce atmosfery innych ciał niebieskich, na przykład Marsa czy Wenus.

Ubočnym skutkiem tych doświadczeń były znacznie szersze i całkowicie niespodziewane rezultaty. Ku zdumieniu tych, którzy przeprowadzali doświadczenia, okazało się, że obecny skład ziemskiej atmosfery w żadnym razie nie stanowi – jak należało się spodziewać – optymalnego środowiska biologicznego dla ziemskich roślin. Wszystkie rośliny bowiem, na których przeprowadzono doświadczenia, osiągały prawie dwukrotne rozmiary i w ogóle rozwijały się do stopnia nie spotykanej dotąd bujności, gdy w sztucznej atmosferze stworzonej do celów doświadczenia obniżono zawartość tlenu o połowę.

Z badań nad chronologicznym przebiegiem historycznego rozwoju składu obecnej atmosfery ziemskiej wynika zupełnie jednoznacznie, że zależność istniejąca pomiędzy produkcją tlenu przez rośliny a oddychaniem zwierząt i ludzi bynajmniej nie jest jednostronna. Jako ludzie jesteśmy skłonni przeżywać i interpretować nasze otoczenie tak, jakby było perspektywnie nastawione na nas samych; takie odczucie jest głęboko w nas zakorzenione, a przy tym niejednokrotnie nie tak łatwo je wykryć. Trwające wiele tysięcy lat złudzenie, że Ziemia stanowi centrum świata, jest najbardziej znanym i symbolicznym, aczkolwiek w żadnym razie nie jedynym tego przykładem. W związku z

rozpatrywanym przez nas tutaj zagadnieniem skłaniamy się do poglądu, jakoby rola roślin jako dostawców tlenu stawiała je w służbie życia zwierzęcego i ludzkiego. Jest to przekonanie wysoce jednostronne i niezgodne z rzeczywistością. Historyczny proces, który naszkicowaliśmy pokrótce, raczej uzasadnia spojrzenie na sytuację z wręcz odwrotnej pozycji. Z punktu widzenia biologicznego prawidłowiej byłoby powiedzieć, że patrząc na sprawę ze stanowiska roślin – zwierzęta i ludzie stanowią wysoce pożyteczne i służebne formy życia, gdyż wzięły na siebie nie dające się w inny sposób rozwiązać zadanie bieżącego "usuwania odpadów" dla dobra roślin, które bez tego nieuchronnie prędzej czy później musiałyby się zatruć wskutek produkowanego przez siebie tlenu. W takim powiązaniu jedynie ważne jest wyraźne podkreślenie faktu, że w odniesieniu do zawartego w ziemskiej atmosferze tlenu istnieje prawdziwy obieg funkcjonalny. Tym samym doszliśmy znowu do sytuacji Ziemi jako statku kosmicznego szybującego przez Wszechświat z całą ludzkością na pokładzie. Analogia ta chyba obecnie nabrała jeszcze więcej wyrazistości. Wieziony przez Ziemię w jej locie kosmicznym zapas tlenu jest w rzeczywistości tak niewielki, że przy obecnym zagęszczeniu form życia zostałby zużyty w ciągu około 300 lat, gdyby nie był stale odtwarzany przez szatę roślinną Ziemi w opisanym przez nas obiegu. Innymi słowy, jest to od setek milionów lat i dla całej naszej przyszłości ciągle ten sam tlen, którym oddychali nasi praprzodkowie i wszystkie w ogóle zwierzęta żyjące kiedykolwiek na tej Ziemi, którym oddychamy dzisiaj i który jest wciąż od nowa "regenerowany" przez rośliny pokrywające powierzchnię Ziemi. A przecież jest to we wszystkich najdrobniejszych szczegółach dokładnie ta sama zasada, według której w przyszłych długotrwałych podróżach po Wszechświecie zamierzamy rozwiązać problem zaopatrzenia w tlen ludzkiej załogi statków kosmicznych będących wytworem techniki.

Zasada owa dotyczy zresztą nie tylko powietrza, którym oddychamy. Stosuje się także do wody, którą pijemy. Woda ta również bywała już przed nami tysiąckrotnie pita, gasiła pragnienie niezliczonych generacji istot żyjących, ludzi, zwierząt i roślin dawno temu aż do czasów najwcześniejszej prehistorii Ziemi; jest to wciąż ta sama woda, którą w najdalszej przyszłości Ziemi będą się stale i znowu poić jej żyjący mieszkańcy. Wszystkie żywe organizmy potrzebują wody jako rozpuszczalnika, jedyne, w jakim mogą przebiegać różnorakie procesy chemiczne składające się łącznie na przemianę materii żywego organizmu. Jednocześnie wszystkie żyjące organizmy stale wodę tę wydalają. Odbywa się to nie tylko przez nerki, gdzie woda odgrywa decydującą rolę znowu jako rozpuszczalnik dla wydalania trujących produktów odpadowych przemiany materii, ale na przykład również przez pocenie się. Natura potrafiła przydać biologicznie celową funkcję także i temu mechanizmowi wydalania związanemu w tym wypadku z parowaniem, a więc z nieuniknionym zjawiskiem fizycznym. Jak wiemy, wydalanie wody przez skórę jest jednym z ważniejszych mechanizmów służących regulacji cieplnej naszego ciała. Wreszcie nie bez

znaczenia jest jeszcze trzecia droga wydalania wody, a mianowicie przez oddech. Wilgotność wydychanego przez nas powietrza ma bezwzględnie ilościowe znaczenie dla bilansu wodnego naszego ciała. Nie wydaje się zresztą, aby tej formie wydalania płynu należało przypisywać jakiś widoczny sens biologiczny, tyle tylko, że nie można jej uniknąć, w przeciwnym bowiem razie delikatne błony śluzowe naszych dróg oddechowych, od wyściółki nosa począwszy aż do cienkich rozgałęzień oskrzeli przewodzących powietrze do głębi płuc – musiałyby ulec wyschnięciu.

Także i woda wieziona przez Ziemię w czasie jej podróży przez Wszechświat regeneruje się w potężnym obiegu wciąż od nowa i jest poddawana obróbce do ponownego użycia przez ludzi, rośliny i zwierzęta. Różnorodnymi drogami dochodzi ona w końcu zawsze do jakiegoś strumienia czy rzeki, które spływają do morza. A z jego ogromnej powierzchni – oprócz tego naturalnie także i ze stałego lądu ziemskiego zawierającego zawsze wilgoć – woda przez ciepło słoneczne zostaje dosłownie oddestylowana. Ulatnia się ona i unosi w atmosferę jako para wodna. Tamże skupia się w chmury, które tworząc jak gdyby ogromne paczki złożone z niezliczonych kropelek destylowanej czystej wody bywają transportowane przez prądy powietrzne, te zaś z kolei są skutkiem ciepłych prądów spowodowanych przez Słońce w powietrznej powłoce naszej planety. Chmury spadają wreszcie gdzieś jako deszcz i w ten sposób – jeśli dzieje się to nad lądem – zwracają Ziemi oczyszczoną wodę.

Jako ostatnim z tego szeregu przykładów, które można by ciągnąć jeszcze znacznie dalej, zajmiemy się zjawiskiem "wyżywienia". Nawet statek kosmiczny Ziemia nie jest dość wielki, aby pomieścić pełny zapas żywności w stanie całkowicie gotowym do spożycia, potrzebny dla nieskończonej wręcz liczby pokoleń podróżującej społeczności ludzi i zwierząt. Uczyliśmy się wprawdzie wszyscy już kiedyś w szkole o sposobach, jakimi problem ten rozwiązano, ale niestety zwykle w formie pozwalającej tylko nielicznym uchwycić szerokie aspekty tego zagadnienia. Nawet jeżeli w tym miejscu ograniczymy się tylko do naszkicowania najistotniejszych elementów tych zależności, musimy jednak nieco szerzej spojrzeć na sprawę, aby rzecz samą właściwie zrozumieć.

Czym właściwie jest pokarm, będziemy mogli pojąć tylko wtedy, gdy wyjaśnimy sobie, że podstawowa reguła: "z niczego nic powstać nie może", bądź w poważniejszym sformułowaniu: przyrodnicze prawo o "zachowaniu energii" – obowiązuje nie tylko w dziedzinie fizyki, a więc przyrody nieożywionej, lecz również we wszystkich procesach w zakresie biologii. Oczywiście jest, że nie tylko każdy proces fizyczny, ale także fizjologiczny zużywa energię, mówiąc ściślej przy tego rodzaju przebiegach zjawisk czy to natury fizycznej, czy też fizjologicznej następuje przemiana jednych form energii w inne. Nie odbywa się to przy tym wcale w jakimkolwiek dowolnym kierunku, lecz w taki sposób – a jest to słynna reguła entropii – że zawsze większa lub mniejsza część przekształconej energii zamienia się w ciepło, ciepło zaś poprzez proces

nieodwracalny wykazuje tendencję do równomiernego rozprzestrzeniania się w otoczeniu, a tym samym zostaje definitywnie wyłączone jako możliwe źródło zdolności do pracy. W takim rozumieniu można więc mówić o tym, że energia "zużywa się". Nie zanika ona oczywiście (reguła zachowania), jednakże w toku każdego procesu przemiany część jej zamienia się w nieprzydatną już formę energii swobodnie rozchodzącego się ciepła.

Tak więc energię zużywa samo życie, każdy proces przemiany materii, każdy ruch, więcej, praca, którą sama spełniać musi prawie każda żyjąca istota, aby unieść ciężar własnego ciała. Wszystko to sprawia, że dla utrzymania procesu życia niezbędny staje się nieustający dopływ energii. W zasadzie forma dostawy tej energii czy też pobierania jej, na którą zdana jest istota żyjąca, mogłaby być obojętna. Przecież sama przez Słońce tylko promieniowana energia cieplna w procesie tym co najmniej współuczestniczy. Możemy sobie to wyprowadzić z własnego doświadczenia, chociażby z tego, że miewamy znacznie mniejszy apetyt w czasie gorących dni letnich (co oznacza, że potrzebujemy mniejszej ilości pożywienia jako dodatkowej dostawy energii) aniżeli w mroźne dni zimowe, zwłaszcza przebywając na wolnym powietrzu.

Z drugiej strony nie ulega żadnej wątpliwości, że ta forma dostawy energii jest stosunkowo mało znaczącym czynnikiem cząstkowym, absolutnie niewystarczającym do zaspokojenia zapotrzebowania w energię zwierzęcia czy też człowieka. Wiemy wszyscy także ze swego doświadczenia, że w żadnym razie, nawet w ostateczności, nie możemy zaspokoić głodu wystawiając się przez kilka godzin na działanie pełnego słońca. Przyczyną jest to, że taki mechanizm dostawy energii w odniesieniu do organizmu zwierzęcego jest po prostu ilościowo niewystarczający.

Formułując inaczej: zwierzę i człowiek zużywają energię szybciej, aniżeli mogą się w nią zaopatrzyć ze swej powierzchni napromieniowanej energią cieplną przez Słońce. Fakt, że światło słoneczne nie zaspokaja głodu, ma jeszcze jedną przyczynę: przyjmowane pożywienie służy nie tylko przemianie energii, lecz także tak zwanej przemianie budulca. Zdani jesteśmy na proces odżywiania nie tylko jako na źródło energii, ale również jako zaopatrzenie dla organicznej substancji, która bieżąco odnawia bądź uzupełnia tkanki naszego ciała, a więc mięśniową, tłuszczową, krew, kości itp. – przy czym w zależności od rodzaju tkanki odbywa się to w wolniejszym lub szybszym tempie. Jest to powód, dla którego pożywienie nasze musi się składać głównie z tłuszczów, białek i różnych węglowodanów (przede wszystkim skrobi) i musi oprócz tego zawierać jeszcze wiele innych związków i pierwiastków (tak zwane witaminy, ponadto sole mineralne, małe ilości różnych metali i dużo innych substancji) nie mających żadnego znaczenia pod względem energetycznym, a koniecznych jako niezbędny budulec – jeśli nie chcemy paść ofiarą jednej z tak zwanych "chorób na tle niedoboru".

Tłuszcze, białka i węglowodany dlatego są głównymi składnikami naszego pożywienia (oraz pożywienia prawie wszystkich zwierząt), że są to związki mogące w optymalnym stopniu pełnić funkcję zarówno dostarczycieli energii, jak organicznego materiału budulcowego. Właściwości swoje jako dostarczyciele energii zawdzięczają temu, że są związkami stosunkowo wielkocząsteczkowymi złożonymi w sposób skomplikowany z bardzo wielu atomów. Żyjemy z energii wiązań chemicznych, która utrzymuje owe atomy w powiązaniach molekularnych. Organizm nasz ma zdolność rozkładania takich cząsteczek na prostsze związki o drobnych cząsteczkach. Energia wiązań bywa przy tym wyzwolana jako ciepło, które utrzymuje temperaturę naszego ciała, ale również w formie energii elektrycznej, a także innych rodzajów energii, a na pewno i wielu innych form, wykorzystywanych przez nasze ciało do podtrzymywania jego struktury i aktywności, z tym że niezupełnie jest nam jeszcze wiadomo, jak się to wszystko w szczegółach odbywa.

Powróćmy do pytania początkowego o to, skąd pożywienie nasze pochodzi. Możemy zagadnienie to obecnie sformułować nieco dokładniej, pytając, skąd pochodzi energia zmagazynowana w pewnych związkach, takich jak białka czy węglowodany, dzięki której związki te stają się dla nas "pożywieniem". Energia tkwiąca w takich czy innych substancjach musiała przecież przedtem w jakiś sposób do nich wniknąć. Mówiliśmy już uprzednio, że podstawowa zasada "z niczego nic powstać nie może" obowiązuje także w sferze przyrody ożywionej. Jednocześnie wskazaliśmy też na fakt, że cała ta energia jest produkowana przez rośliny, a w ostatecznym rozrachunku pochodzi od Słońca, które nas tutaj na Ziemi nie tylko obdarza światłem i ogrzewa, ale i odżywia, aczkolwiek tylko pośrednio w sposób przed chwilą pokrótce naszkicowany. Słońce ma dla nas znaczenie jeszcze o wiele większe: poprzednie pokolenia nadały tej gwiazdzie stałej miano "gwiazdy życiodajnej", my nazywamy ją Słońcem, ponieważ jest gwiazdą "naszą"; poza tymi pojęciami kryje się o wiele, wiele więcej wpływów, o których jeszcze przed paru laty nam się nie śniło, a od których nieustannie zależy nasza egzystencja; tym odkryciem będziemy się w dalszym ciągu jeszcze bardzo wnikliwie zajmowali.

A więc Słońce jest tym, co nas odżywia, aczkolwiek tylko pośrednio. Mówiliśmy już, że nie jest ono w stanie funkcji tej pełnić bezpośrednio, że ciepło jego i oddziaływanie wszystkich innych rodzajów emitowanych przezeń promieni nie wystarcza do nasycenia nas. Można powiedzieć, że pomiędzy nami a Słońcem ciągnie się tak zwany "łańcuch pokarmowy". Zaczyna się on wśród roślin, których zielony barwnik zawarty w liściach – zwany chlorofilem – posiada zdolność chwywania promieniowania słonecznego o określonej długości fal i użytkowania go do budowy wielkocząsteczkowych związków z dwutlenku węgla wchodzącego w skład powietrza i z prostych nieorganicznych cząsteczek pobieranych przez roślinę korzeniami z podłoża. W tym miejscu zatem, to znaczy w liściach roślin, następuje pobieranie promieniowanej przez Słońce

energii w toku wspomnianego już i jeszcze ciągle nie całkowicie wyjaśnionego procesu "fotosyntezy"; pobrana energia przemienia się zarazem w energię wiązań chemicznych, łącząc prostsze cząsteczki w związki organiczne, między innymi również w węglowodany, białka i tłuszcze. Właśnie tu, w liściach roślin, powstaje wszelka energia pokarmowa istniejąca w naszym świecie. Gdyby nie było roślin, byłibyśmy skazani nie tylko na uduszenie się, lecz także, i to prawdopodobnie znacznie wcześniej – na śmierć głodową. Nawet gdy jemy mięso i dostarczamy w ten sposób organizmowi niezbędnych substancji zaopatrujących go w energię, to przecież mięso to pochodzi od zwierzęcia, które odżywiało się w swoim czasie pokarmem roślinnym. A jeżeli nie – to zwierzę uprzednio pożarło

inne zwierzęta odżywiające się roślinami. Jakikolwiek byśmy rozpatrywali przypadek, zawsze mamy do czynienia z krótszym czy dłuższym łańcuchem pokarmowym, którego jeden koniec niezawodnie wtapia się w świat roślinny.

Pewien krańcowy przykład takich zależności podaliśmy już mimochodem na pierwszych stronach tej książki, mówiąc w innym powiązaniu o tym, że nawet najgłębsze miejsca oceanów, na głębokości 10 i więcej kilometrów, są jeszcze siedliskiem życia, ubogiego wprawdzie, ale jednak znacznie bogatszego, aniżeli do jeszcze bardzo niedawna uważano za możliwe ze względu na niebywałe panujące tam ciśnienie: na głębokości 10 kilometrów wynosi ono około 1000 kilogramów (to jest jedna tona!) na każdy centymetr kwadratowy powierzchni. To skrajne środowisko jest już wolne od roślin. W tych absolutnie ciemnych otchłaniach, do których nie dochodzi już żaden najmniejszy nawet ślad promieniowania słonecznego, rośliny zielone – jedyne wszak żyjące istoty mogące pożywiać się kosztem Słońca, jeżeli otrzymają przy tym dwutlenek węgla i ponadto niektóre związki mineralne – nie mają już warunków do życia. A jednak pomimo to nawet i tam występuje szereg form życia zwierzęcego, nie tylko ryby (żabnice, paszczykowate i inne oznaczone już tylko naukowymi nazwami łacińskimi), ale i strzykwy, ukwiały, gąbki, skorupiaki, między innymi równonogi i wiele innych form zwierzęcych.

Czym się więc właściwie żywi ta fauna głęboko-morska? Także tutaj niewątpliwie wielcy pożerają małych. Ale czyżbyśmy w tym przypadku mieli do czynienia ze środowiskiem, gdzie byt zwierząt nie jest uzależniony od roślin, które w tych miejscach przecież już nie występują? Otóż okazuje się, że można udowodnić nie tylko naukowym rozumowaniem dowodowym, ale zupełnie konkretnie przez chemiczne analizy próbek wody pobranych z stref głębokomorskich, iż rozpoczynający się od roślin łańcuch pokarmowy sięga nieprzerwanie w dół także do tych ciemnych głębin. Łączność z tym rejonem jest podtrzymywana po prostu przez stały dopływ organicznych substancji złożonych z resztek roślin i zwierząt, spadających po obumarciu aż do głębokomorskiego dna, dzięki czemu zawarte jeszcze w tych resztkach związki organiczne docierają do żyjących istot tam osiadłych i służą im za "pokarm", zdatny jeszcze do chemicznego rozkładu.

Jest to przedziwna sprawa, że w taki sposób organizmy głębokomorskie żyją ze spadających na nie odpadków z jakiegoś świata, o którym nie tylko nic wiedzieć nie mogą i z którym żadnego nie mają kontaktu, ale w którym nigdy nie mogłyby egzystować i który musiałby wydać się im równie obcy i nieprzyjazny jak nam na przykład powierzchnia Księżyca.

ZIEMIA NIE JEST SAMOWYSTARCZALNA

CZYŻBY LUKSUS NA NIEBIE? • CZARNE PLAMY ŻARZĄ SIĘ BIAŁOŚCIĄ • OGIEŃ ATOMOWY NAD NASZYMI GŁOWAMI

Ziemia więc wiezie ze sobą – jakżeż mogłoby być inaczej – wszystko, czego życie powstałe na jej powierzchni potrzebuje w czasie długiego lotu przez puste przestworza, jednakże z jednym jedynym wyjątkiem: a mianowicie niezbędną również energii. Tlen, woda i pokarm, jak dowiedzieliśmy się, są na Ziemi dostępne, ale ilości ich są wystarczające tylko dzięki temu, że substancje te są wciąż od nowa produkowane bądź – jak w przypadku wody – co najmniej oczyszczane w ciągu naszkicowanych przez nas "obiegów regeneracyjnych". Ale obiegi te muszą być stale utrzymywane w ruchu, do czego konieczna jest pokaźna ilość energii. Ocenia się, że w pasie równikowym Ziemi jakieś 600 do 700 bilionów ton wody rocznie paruje, unosi się do atmosfery, następnie zostaje stamtąd transportowane przez prądy powietrza na północ i południe do stref bliższych biegunom. Tam woda – już czysta – zwracana jest powierzchni Ziemi w opadach deszczowych. Oczywiście zarówno parowanie, jak transport tak ogromnych mas wody wymagają odpowiednio ogromnych ilości energii cieplnej. Każdemu wiadomo, że energii tej dostarcza Słońce. To samo dotyczy, jak już wspominaliśmy, procesu fotosyntezy zapewniającego dostawę tlenu i dopływ pożywienia. I w tym przypadku liczby wyrażające wartość tej produkcji są imponujące: dzięki promieniowaniu słonecznemu rośliny ziemskie wytwarzają rocznie ponad 200 miliardów ton substancji organicznych służących następnie jako pokarmy.

Słońce jest więc pierwszym i podstawowym dostawcą energii, "reaktorem napędowym" statku kosmicznego Ziemia, wprawdzie nie jego ruchu, który przecież inie jest przyśpieszony, ale wszystkich prawie procesów przebiegających na jego powierzchni. Cała ta energia dostarczana jest przez promieniowanie w postaci fal elektromagnetycznych z odległości około 150 milionów kilometrów, przede wszystkim jako ciepło i w formie widzialnego światła. Rośliny osiągają stopień wykorzystania tych promieni, który dla mechanizmów czysto fizycznych byłby niemożliwy; są one jak gdyby antenami, dzięki którym Ziemia może w ogóle odbierać wystarczającą część tej przez Słońce tak rozrzutnie promieniowanej energii.

Przyrodnicy od wielu pokoleń łamali sobie głowy nad rozszyfrowaniem zagadki tego ognia płonącego tam, na niebie, w którego blaskach żyjemy. W zasadzie chodziło przede wszystkim o wyjaśnienie pochodzenia tych niewyobrażalnie wielkich ilości energii oddawanych przez Słońce i możliwości ich stałej bieżącej dostawy w ciągu tak długich okresów. Dla nabrania właściwego poglądu,

przyjrzyjmy się kilku danym wchodzącym tutaj w grę. Dystans Słońca od nas wynosi prawie 150 milionów kilometrów. Próbowaliśmy już w poprzednich rozdziałach uzmysłowić sobie tę niebywale wielką odległość na przykładzie modelu myślowego. Próbę tę obecnie uzupełnimy stwierdzeniem, że dźwięk odbywałby drogę od Słońca do nas przez okres 14,5 lat. Tak długo musiałoby trwać, zanim moglibyśmy usłyszeć detonację jakiejś eksplozji na Słońcu (jeżeli w ogóle taki głos dotarłby do Ziemi przez bezpowietrzną przestrzeń). A tymczasem z odległości tej ogień słoneczny świeci jeszcze z taką siłą, że rozjaśnia nasze dni nawet przy całkowicie zamkniętym pułapie obłoków, a w bezchmurne letnie południa zmusza nas do ucieczki w cień.

Przy wszystkich tych rozważaniach należy jeszcze ponadto wziąć pod uwagę, że Ziemia w związku z taką odległością od Słońca oraz swoją w stosunku do tego bardzo małą powierzchnią wychwytuje w każdym momencie jedynie dwumiliardową część łącznej energii produkowanej przez Słońce. Wszystkie planety naszego Układu pobierają ilość tylko dziesięciokrotnie większą, więc łącznie dwustumilionową część globalnej energii słonecznej. Cała ogromna pozostałość rozprasza się we wszystkich kierunkach w głąb Kosmosu. Wydaje się, że ta rozproszona energia gubi się tam i marnuje bez żadnej korzyści: byłby to znowu przykład owej rozrzutności i luksusu, na jakie rzekomo tak często pozwala sobie przyroda. Jeszcze przed kilku laty sformułowanie to usłoby jako zupełnie oczywiste, a większość ludzi nadal jest przekonana, że właśnie taka jest prawda. Tymczasem badania ostatnich lat wykazały, że pewna ściśle określona, do niedawna zupełnie nieznana część tego promieniowania pierzchającego na wszystkie strony w dal Wszechświata jest dla naszych losów tu na Ziemi równie ważna i pełna znaczenia jak ten drobny ułamek, który rzeczywiście do nas dociera. W dalszym ciągu zobaczymy, dlaczego tak jest i w jaki sposób dokonano tego doniosłego odkrycia.

Powracamy ponownie do problemu, jaki to właściwie ogień płonie tam w postaci "Słońca" z taką siłą i trwałością. Wiemy dzisiaj, że nie jest to zwyczajne ognisko, lecz piec atomowy, w którego ciepłe i światłe stąki kosmiczny Ziemia podąża swoją drogą. Ale jeszcze przed czterdziestu pięciu laty naukowcy byli bezradni, nikt bowiem z nich nie miał wtedy właściwego wyobrażenia o powstaniu energii w wyniku atomowych reakcji jądrowych.

Kant w tym samym dziele, o którym była już mowa, a mianowicie *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*, opisuje w wysoce dramatycznych frazach powierzchnię Słońca jako potężne morze ognia, podtrzymywane przez stopioną palną masę, wydobywającą się z głębin słonecznego wnętrza, które zdaniem Kanta jest zimne. Odkryte już przez Galileusza plamy na Słońcu Kant uważał za wierzchołki olbrzymich gór, przez płonący żywioł chwilami zalewanych, następnie znów odsłanianych.

Wtrącimy tutaj słowo o owych plamach słonecznych, gdyż znany ich widok

jeszcze dzisiaj wywołuje u wielu ludzi zupełnie fałszywe wyobrażenie. Jakkolwiek by się je oglądało, bezpośrednio przez zakopcone szkło czy też przez specjalny teleskop lub na fotografii, zawsze wydają się ciemne, tworzą czarne plamy na jasno-białej tarczy słonecznej (ilustracja 10). Widząc to, każdy musi sądzić, że są to ostygłe, a nie rozżarzone części powierzchni Słońca. Takiego samego przekonania nabrali naukowcy obserwujący Słońce, nawet najwybitniejsi spośród nich. Nie tylko Kant, ale i słynny sir John Herschel byli przeświadczeni, że w miejscach plam słonecznych można poprzez płonąca atmosferę Słońca spoglądać na stosunkowo chłodną powierzchnię naszej gwiazdy centralnej, a wielu naukowców następnego pokolenia odczytywało plamy na Słońcu jako masy żużla. Plamy istotnie są chłodniejsze o około 1500 stopni aniżeli pozornie "biała" tarcza słoneczna. Jest to poważna różnica temperatury. Ale ponieważ ciepłota pozostałej powierzchni Słońca wykazuje 5700 stopni, ciepło plam wynosi zawsze jeszcze 4200 stopni, a więc znacznie więcej aniżeli temperatura do białości rozpalonej stali.

Gdyby można było jedną z tych pozornie czarnych plam słonecznych wyjąć ze Słońca i umiejscowić osobno na niebie, wówczas plama ta, chociaż nie zdawałaby się większa od którejkolwiek z planet, na przykład od gwiazdy wieczornej, z odległości równej Słońcu oświetlałaby Ziemię nocą tak silnie jak Księżyc w pełni. Fakt, że plamy słoneczne pomimo wszystko na każdej fotografii są czarne, polega na tym, że światło słoneczne musi być bardzo silnie zaciemniane, aby pozostała powierzchnia swym blaskiem po prostu nie zaćmiewała tych miejsc. Wskutek używanych w tym celu bardzo ciemnych filtrów plamy ukazują nam znany a mylący widok, mimo że w rzeczywistości płoną również w temperaturze wielu tysięcy stopni. Jest to zupełnie ten sam problem, z którym styka się każdy fotograf amator chcący sfotografować nasłonecznioną białą fasadę domu, jeżeli próbuje przy tym złapać na zdjęciu zacienioną sień przez otwartą bramę domu. Albo będzie tak długo naświetlał, że na gotowym zdjęciu jasna fasada całkowicie zaćmi otwór bramy, albo – jeżeli fronton domu zechce ująć prawidłowo – otwór drzwiowy będzie wyglądał jak czarna dziura, mimo że wewnątrz sieni jest tak jasne, że ten, kto w niej przebywa, mógłby bez trudu czytać książkę.

To że Kant i wielu jego następców zadawała się hipotezą, że na Słońcu spala się po prostu w normalny sposób materiał palny przy jednoczesnym dopływie tlenu, jest wybaczone; w owych czasach nikt nie miał bowiem jeszcze najmniejszego wyobrażenia o ogromie rozmiaru tego czasu, w którym Słońce promieniuje nieustannie z natężeniem siły równym obecnemu. Słońce jest wprawdzie niezmiernie wielkie, ale gdyby składało się rzeczywiście po prostu z materiału palnego, czas jego trwania jako gwiazdy stałej byłby jednak niezmiernie krótki. Przyjmijmy na chwilę, że całe Słońce jest olbrzymią piłką utworzoną z węgla kamiennego pierwszorzędного gatunku. Stanowiłoby ono więc kulę węglową grubości 1,5 miliona kilometrów. Tyle bowiem wynosi

średnica Słońca, w przybliżeniu cztery razy więcej niż odległość pomiędzy Ziemią a Księżycem, która – jak obecnie każdemu wiadomo – liczy około 380 000 kilometrów. Wystarczyłoby więc wydrążyć tylko jedną połowę Słońca, aby Księżyc mógł w nim krążyć wokół Ziemi w swoim zwykłym od niej dystansie. Całość przedstawiałaby więc niewątpliwie bardzo okazałą górę węgla kamiennego. Pomimo to czas, w którym węgiel ten by się wypalił, wyniósłby tylko 25 000 lat. Nawet Kantowi i jego współczesnym wydawało się to za mało, mimo że podówczas liczba tych lat jeszcze nie była dokładnie oszacowana. Aby wybrnąć, poradzono sobie domniemaniem, że stałe wlatywanie meteorytów i komet dostarcza Słońcu bieżąco tyle nowego materiału paliwowego, że dzięki temu mogło ono łatwo przetrwać owe najwyżej 100 000 lat od czasu powstania Ziemi.

Tak więc zdawało się, że wszystko jest w najlepszym porządku, kiedy to astronomom zupełnie nieoczekiwanie weszli w paradę przedstawiciele całkowicie odmiennej i pozornie bardzo odległej gałęzi wiedzy, wprawiając ich w coraz to większe zakłopotanie i stawiając pod znakiem zapytania ich teorię. Byli to paleontolodzy badający systematycznie skorupę ziemską w poszukiwaniu skamieniałości, to jest skamieniałych szczątków wymarłych form życia; oni przede wszystkim dochodzili do coraz lepszych metod oceny długości okresów, które upłynęły od śmierci badanych przez siebie prazwierząt. Jeszcze w początkach ubiegłego stulecia większość naukowców była przekonana, że od powstania Ziemi nie upłynęło wiele więcej niż 100 tysięcy lat. Jednakże potem badacze pradziejów wraz ze swymi skamieniałościami liczbę tę wciąż podwyższali, aż do wielkości takiego rzędu, że jeszcze niedawno nikt nie dałby temu wiary. Na przełomie ostatniego stulecia, przed 70 laty, liczono ten okres już nie na setki tysięcy, ale na setki milionów lat.

Gdy paleontologowie przedłożyli astronomom rezultaty swoich badań i obliczeń, z których wynikało bezspornie nie tylko, że Ziemia już od tak dawna istnieje, ale że musiało na niej występować życie już od przynajmniej 100 do 200 milionów lat – trudności wystąpiły od nowa. Obecność życia oznaczała przecież, że Słońce przez cały ten okres musiało promieniować światłem i ciepłem z nie zmniejszoną w zasadzie energią. Gdy wobec tego astronomowie spróbowali uzasadnić ilość zapotrzebowanego przez Słońce paliwa w ciągu tak ogromnego okresu czasu, zakładając bieżące jego uzupełnianie meteorytami – znaleźli się niebawem w ślepym zaułku. Gdy bowiem przyjmowali, że Słońce mogło dzięki swej potężnej sile grawitacyjnej istotnie przyciągać dostateczne ilości kosmicznego złomu, wplątywali się w sprzeczności z własnymi obserwacjami. Obliczane bowiem zgodnie z tą teorią ilości materii w postaci meteorytów były tak wielkie, że Słońce musiałoby wyraźnie zwiększyć swój ciężar. Tymczasem już wówczas potrafiiono określić wagę Słońca z dokładnością, która całkowicie wykluczała ową możliwość. Do pomiarów używano – zresztą tak samo jak dzisiaj – możliwie najbardziej czułej wagi, jaką jest kontrola od dawna już

najszczególniej wymierzonych torów planet, które musiałyby się zmienić w sposób wymierny, gdyby ciężar Słońca, a co za tym idzie, przyciąganie jego masy tak się powiększyło, jak to nieuchronnie wynikało z hipotezy meteorytów dotyczącej nowo przedłożonych liczb mówiących o wieku Ziemi.

I znowu znaleziono rozwiązanie, które pozornie całkowicie uporządkowało sprawę: hipotezę o stopniowym kurczeniu się Słońca pod wpływem własnego ciężaru; hipoteza ta wobec gazowej natury Słońca oraz jego olbrzymiego ciężaru wynoszącego ponad 330000 razy więcej aniżeli masa ziemska – zdawała się możliwa do przyjęcia. Prawdą jest, że kurczenie się ciała wytwarza ciepło, a dzisiaj wiemy także, że kontrakcja obłoku wodoru, z którego powstaje gwiazda, istotnie produkuje gorąco pozwalające jej po raz pierwszy zabłysnąć i uruchamiające w jej jądrze ów proces, który następnie utrzymuje ją przy życiu jako gwiazdę. Obliczenia wykazały, że wystarczy, aby Słońce zmniejszyło się w okresie tysiąca lat tylko o jedną dziesięciotysięczną część swojej średnicy, aby utrzymać temperaturę na tym samym poziomie przez wiele setek milionów lat. I znowu wydawało się, że jest to rezultat zupełnie zadowalający.

Zadowolenie nie trwało długo. Na początku lat dwudziestych paleontologowie oceniali już okres trwania życia na Ziemi na blisko miliard lat, sprawiając tym astronomom nowe kłopoty, wybawił ich dopiero w roku 1925, ale za to tym razem ostatecznie, słynny sir Arthur Stanley Eddington, który pierwszy wpadł na pomysł, że tkwiąca w jądrach atomowych energia, znana już podówczas teoretycznie, może stanowić źródło promieniowania gwiazd stałych, a więc również Słońca. A źródło to tak jest obfite, że nawet i owe mniej więcej 3 miliardy lat, wykryte tymczasem przez paleontologów jako okres dziejów życia na Ziemi, żadnego już nie stwarzają problemu. Zgodnie z tym, co nam dzisiaj wiadomo, Słońce promieniuje z praktycznie nie słabnącą siłą od około 4,5 miliarda lat, a przy tym ma zaledwie połowę okresu swego życia za sobą. Wprawdzie będzie i po tym czasie nadal istniało jako gwiazda, ale już nie jako znane nam Słońce, gdyż będzie ono wtedy przechodzić różne stadia krytyczne i nie jest wykluczone, że zarówno nasza Ziemia, jak cały nasz Układ Słoneczny padnie ich ofiarą.

Jest to zatem ogień atomowy: płonie tam na niebie ponad naszymi głowami, oświetla nas i ogrzewa, i utrzymuje w ruchu wszelkie obiegi na powierzchni Ziemi, od których zależy całość życia. Kilkakrotnie już wzmiankowałem, że Słońce ponadto spełnia jeszcze inne zadania, że w ostatnich latach odkryto szereg nie znanych dotąd wpływów Słońca na warunki życia tutaj na Ziemi. Ażeby to zrozumieć, musimy zająć się przedtem nieco bliżej budową i funkcjonowaniem tego unoszącego się swobodnie we Wszechświecie reaktora atomowego; musimy podjąć próbę naszkicowania portretu owej gwiazdy, którą jest nasze Słońce. Nie tylko jego rozmiar, ale i panujące na nim warunki przekraczają wszelkie wymiary ziemskie w takim stopniu, że nie powinniśmy się dziwić napotykając w naszych rozważaniach zaskakujące fakty i właściwości. A jednak niejednemu zda się zrazu niewiarygodne, gdy się dowie, że światło

wpadające przez okna naszych domów sięga wstecz do czasów paleolitu albo też że niewyobrażalnie gorące jądro Słońca jest całkowicie ciemne.

Ale nie uprzedzajmy biegu spraw i zabierzmy się do próby systematycznego kreślenia portretu naszego Słońca.

PORTRET GWIAZDY

GWARANCJA I PRAPOCZĄTEK NASZEJ EGZYSTENCJI •
DRGANIA MŁODEJ GWIAZDY • KOMPUTERY PATRZĄ W
SŁOŃCE • ZWYRODNIĄŁA MATERIA – w ŚRODKU SŁOŃCA
JEST CIEMNO

Historia naszego Słońca rozpoczęła się przed 6, a może i 7 lub 8 miliardami lat od tego, że olbrzymi wręcz, bo przekraczający wieleset razy dzisiejsze rozmiary naszego Układu Słonecznego obłok materii międzygwiazdowej, początkowo nadzwyczaj rzadki, z wolna zaczął się stopniowo kurczyć; działało się to pod wpływem siły wzajemnego przyciągania atomów wodoru, z jakich, poza bardzo nieznacznymi śladami cięższych pierwiastków, obłok ów niemal wyłącznie się składał. W przeciągu niewyobrażalnie długiego czasu ten kontrakcyjny ruch nie ustawał, a jednocześnie szybkość jego stopniowo wzrastała, w miarę jak w punkcie wspólnego środka ciężkości w centrum obłoku tworzyło się jądro o wzrastającej gęstości i stale zwiększającej się sile przyciągania. Ponieważ jest zupełnie niemożliwe, aby biorące udział w tym procesie atomy wodoru zderzały się dokładnie czołowo we wspólnym punkcie środkowym owej masy, ponieważ musiały raczej stale następować kontakty po "stycznej", które oczywiście nigdy nie doprowadzały dokładnie do wzajemnego wyhamowania – prędzej czy później doszło do wzbudzenia drugiego jeszcze ruchu oprócz ruchu kurczenia się w kierunku centrum: olbrzymi twór w czasie kontrakcji zaczął obracać się wokół siebie niczym karuzela.

Wywołane przez to siły odśrodkowe ponadto jeszcze całość spłaszczyły. A ponieważ w okresie późniejszym ze stosunkowo bardzo małych "resztek" kurczącego się w ten sposób obłoku powstały planety, cały ten bieg zdarzeń wyjaśnia, dlaczego wszystkie planety naszego Układu krążą wokół Słońca w tym samym kierunku i dlaczego wszystkie w tej samej płaszczyźnie. Gdy bowiem raz już nastąpił rozruch karuzeli kosmicznej, kierunek i płaszczyzna jej obrotu zostały na wszystkie czasy utwierdzone, ponieważ nie było żadnych sił zewnętrznych dość wielkich, aby je zmienić.

Mówiąc ściśle proces samego zrozumienia tej historii powstania przebiegał naturalnie wręcz odwrotnie. Nie jest przecież tak, że opisany tutaj bieg dziejów pozwala na rozszyfrowanie dzisiejszej budowy Układu Słonecznego, lecz przeciwnie, nasza znajomość dzisiejszego stanu Układu Słonecznego umożliwia nam odtworzenie poszczególnych faz, które przechodzić musiał ten Układ w czasie swego powstawania, w okresach gdy nie było jeszcze Ziemi, faz, które doprowadziły do jego dzisiejszej postaci. W rezultacie oczywiście i jedno, i drugie prowadzi do tego samego, jednakże tylko przy pewnym założeniu nie będącym

wcale założeniem samo przez się zrozumiałym, a mianowicie, że w ciągu całych dziejów Wszechświata prawa natury zawsze były jednakowe.

Jednakże zdecydowanie największa część kurczącego się obłoku koncentrowała się w coraz bardziej gęstniejącym jądrze punktu środkowego; jądro to pod wpływem swojej potężnej wewnętrznej siły przyciągania, pomimo oddziałującej nań również siły odśrodkowej, przybrało kształt nieomal doskonałej kuli i poczęło tworzyć Słońce. Jak przytłaczająco ogromny był ten główny dział praobłoku, tego dowodem, że samo Słońce dzisiaj stanowi prawie 99,9 procenta masy całego Układu Słonecznego. Tylko nieco więcej jak 0,1 procenta przypada łącznie na wszystkie planety, meteory, komety i cały pył międzyplanetarny.

Zatem według swojej masy Słońce właściwie nie jest tylko centrum Układu Słonecznego, jest samym Układem Słonecznym, w każdym razie w 99,9 procenta. Dziewięć planet, wśród nich nasza Ziemia, i pozostała materia Systemu nie mają żadnego w ogóle znaczenia wobec Słońca. W ciągu dalszego wzrostu kontrakcji tej potężnej ilości materii powstały w końcu warunki fizyczne nie występujące poza tym nigdzie w naturze i nie dające się odtworzyć nawet w przybliżeniu w ludzkich laboratoriach pomimo wszelkich osiągnięć współczesnej techniki. Właśnie te warunki pozwoliły na to, aby z tej kurczącej się z wolna w pustej przestrzeni ogromnej kuli wodoru powstało przed kilku miliardami lat Słońce, a więc gwiazda o takich właściwościach, jakie jeszcze przed paru laty stanowiły całkowitą zagadkę i nawet swoich odkrywców wprawiały w zdumienie. Najbardziej zaś zdumiewające jest, że te tak dziwne i nieprawdopodobne wręcz właściwości stanowią nie tylko podstawę naszej egzystencji, ale że właśnie one stworzyły ongiś sytuację wyjściową, z której pod działaniem praw natury powstały nie tylko Ziemia, lecz także całe życie na Ziemi a więc również my sami. Chociaż gwiazda ta jeszcze dzisiaj jest dla nauki naszej czymś osobliwym i niewyobrażalnym, stanowi ona nie tylko gwarancję, lecz także prapoczątek naszego istnienia.

Jako skutek potężnego ciężaru ogromnej masy zapadającej się coraz bardziej w sobie powstały wreszcie w centrum gazowej kuli tak wielkie ciśnienia i temperatury, że następować zaczęły atomowe reakcje, "procesy syntezy jąder", podczas tego uwalniały się stale niesłychanie wielkie ilości energii. W ten sposób z tej dotąd gazowej jeszcze kuli powstała gwiazda, a jednocześnie dopiero co powstałe Słońce przechodziło po raz pierwszy krytyczną "niestabilną" fazę.

Jak dowiedzieliśmy się, twór ów do tej pory nigdy nie był rzeczywiście stabilny, bo przecież stale się kurczył. Ale kontrakcja, aczkolwiek w ostatniej fazie szybkość jej prawdopodobnie wzrastała, przebiegała jednak w ciągu bardzo długich okresów właściwie równomiernie i ustawicznie. Jedyłą siłą ukierunkowującą ten ruch ku punktowi środkowemu była siła grawitacji. Teraz wystąpił nagle drugi czynnik wywierający wpływ na grę sił i działający dokładnie w odwrotnym kierunku: skutek wzbudzonych w centrum całości procesów

atomowych powstały temperatury i promieniowania prące na zewnątrz i wytwarzające wspólnie potężne ciśnienie; a ciśnienie to wykazywało tendencję do zahamowania dalszej kontrakcji kuli słonecznej, a następnie nawet do odwrócenia procesu kontrakcji. Nie wiemy dokładnie, co się podówczas stało. Obecny stan Słońca nie nosi żadnych śladów zdarzeń z tego okresu dalekiej przeszłości. Alę mamy podstawy do przypuszczenia, że Słońce w tym czasie, ulegając nagle nowo powstałemu ciśnieniu swego wnętrza, przejściowo zaczęło się znowu powiększać.

Tym samym został zapewne wyzwolony jedyny w swoim rodzaju łańcuch wydarzeń, rozszerzanie to bowiem pociągnęło za sobą znowu spadek wewnętrznego ciśnienia i centralnej temperatury. Innymi słowy: dopiero co osiągnięte wartości "krytyczne" dla wywołania reakcji jądrowych w centrum Słońca zostały znowu zahamowane, dopiero co rozpalony ogień atomowy żwawa, zgasł. Ale wskutek tego ustało ciśnienie działające ze środka Słońca na zewnątrz, a górę wzięła od nowa wzajemna siła przyciągania. Rozpoczął się znowu ruch kontrakcyjny, co naturalnie spowodowało znowu wzrost ciśnienia i temperatury w jądrze, a wkrótce prawdopodobnie od nowa rozpoczęły swe działanie procesy atomowe, wywołując znowu rozszerzenie i wznawiając od początku cały cykl. Jak już mówiliśmy, nie wiemy tego z całą pewnością, ale wydaje się, że Słońce w okresie tym z konieczności musiało przechodzić stadium, w którym jak gdyby wpadło w "drżenie", w rytmicznie przebiegający ciąg pulsacji, podczas których na przemian potężnie się rozszerzało i znowu kurczyło.

W ówczesnym stadium oczywiście na Ziemi życie nie mogłoby ani powstać, ani się utrzymać, ponieważ skutkiem tych pulsowań były odpowiednio potężne wahania temperatury w odległości orbity ziemskiej. Dokonany bardzo ogólny szacunek pozwala przyjąć, że temperatura na Ziemi – gdyby Ziemia w owym czasie już istniała – mogłaby wprawdzie odpowiadać obecnej temperaturze, ale tylko w okresach, kiedy Słońce było najmniejsze, to znaczy kiedy w jego wnętrzu zapalał się ogień atomowy. W tych momentach bowiem warunki były przynajmniej w przybliżeniu podobne do stanu, do którego jesteśmy obecnie przyzwyczajeni. Jednakże w czasie następującego potem rozszerzania się Słońca, upał znacznie przekroczyłby granicę, w której możliwe jest życie takie, jakie znamy. Wydaje się to w pierwszej chwili kontrowersyjne, skoro przy rozszerzaniu Słońce zawsze znowu ostyga, nie tylko wobec wygasania procesu syntezy w centrum, ale również w wyniku samego rozszerzania. Jednakże skutek tego ostudzenia byłby więcej niż wyrównany przez fakt, że powierzchnia jeszcze zawsze bardzo gorącego Słońca – w wyniku rozszerzania – za każdym razem znalazłaby się tak blisko Ziemi, że temperatury na niej musiałyby wzrosnąć bardzo znacznie, bo do wysokości kilkuset stopni.

Nie wiadomo, na jak długi okres Słońce w taki sposób wpadło wówczas w drżania. Nie mogło to być bardzo długo – oczywiście w rozumieniu

astronomicznych rozmiarów czasu! W przeciwnym razie musielibyśmy widzieć na niebie odpowiednio wiele takich pulsujących gwiazd. Przecież i obecnie stale powstają wciąż nowe gwiazdy, które także muszą przejść owo stadium rytmicznej pulsacji, jeżeli nasza hipoteza w sprawie historii powstania Słońca jest prawdziwa. Naturalnie że i przez najsilniejszy teleskop nigdy nie będziemy mogli bezpośrednio obserwować pulsowań jakiejś gwiazdy. Na to nawet odległość do najbliższych spośród nich jest za wielka. Ale astronomowie znają wiele gwiazd zmieniających swoją jasność z rytmiczną regularnością w okresach dni bądź kilku tygodni w sposób, który pozwala dopatrywać się przyczyny tej zmiany jasności w ruchu pulsacyjnym. Może niektóre z nich są naprawdę "młodymi słońcami", pozostającymi w naszkicowanym przed chwilą stadium początkowym swojej egzystencji jako gwiazdy.

W każdym razie żadnej nie budzi wątpliwości, że Słońce nasze – a wiemy to ze zrozumiałych przyczyn z całą pewnością – weszło wreszcie w stan stabilizacji, wewnętrznej równowagi, istniejący od około 4 miliardów lat, którego trwania możemy się spodziewać w przyszłości przez taki sam przeciąg czasu. "Drgania" młodego Słońca uspokajały się więc powoli, pulsowania stawały się coraz wolniejsze i słabsze, aż doszło w końcu do takiego stanu, w którym ciśnienie wytworzone we wnętrzu przez temperaturę i promieniowanie dokładnie się zrównoważyło z ciężarą z zewnątrz ogromnie wielką masą słoneczną. Owa równowaga jest podstawową bazą naszej egzystencji. Najmniejsze jej zakłócenie oznaczałoby dla całego Układu Słonecznego natychmiastowy koniec "świata". Świadomość, że równowaga ta utrzymuje się już przez tak długi czas i że prawie równie długo jeszcze się będzie utrzymywać – działa zdecydowanie uspokajająco. Z drugiej strony pewne jest, że czas jej istnienia nie jest nieograniczony, a o przyczynie tego zaraz będziemy mówić.

To co nazywamy "Słońcem", jest więc w każdym razie gwiazdą stałą znajdującą się w tym stosunkowo ustabilizowanym stadium swej egzystencji, które jest wprawdzie tylko częścią jej całego żywota, ale właśnie ową częścią najbardziej nas interesującą z przyczyn oczywistych, aczkolwiek może egocentrycznych. Spróbujmy więc teraz naszkicować obraz wyglądu, budowy pewnego "słońca", a mianowicie naszego Słońca, aby zapoznać się ze źródłem energii, dzięki której żyjemy i dzięki której utrzymywane są w ruchu procesy obiegów nawet nieożywione odbywające się na Ziemi, procesy już rozpatrzone szczegółowo. Pierwsze nasuwające się pytanie brzmi naturalnie: w jaki sposób możemy się dowiedzieć, co się dzieje na Słońcu i jak jego wnętrze jest zbudowane?

Do chwili obecnej nikt nie może spojrzeć do wnętrza Słońca. To co widzimy, jest atmosferą Słońca i prześwitującą przez tę atmosferę powierzchnią o temperaturze 5700 stopni. Prawdopodobnie sprawa ta w przyszłości ulegnie zmianie. Naukowcy już dzisiaj rozprawiają o możliwościach tak zwanej "astronomii neutronowej".

Neutrino są to cząsteczki elementarne, części jądra atomowego, wykazujące szczególne i niezwykle właściwości. Można by prawie rzec, że niezwykłość ich polega na tym, że nie mają one prawie w ogóle żadnych właściwości: neutrino nie ma ładunku i prawie nie ma masy, "ma" natomiast tylko moment pędu, tak zwany "spin". Dlatego też pewien fizyk sparafrazował znany wiersz Morgensterna i powiedział o neutrinie: "Jest to spin, nic więcej" [Christian Morgenstern, Galgenlieder, wiersz pt. Das Knie: "...Es ist ein Knie, sonst nichts" – jest to kolano, nic więcej; przyp. tłum]. Otóż ten brak wszelkich właściwości ma dziwne, a dla astronomii może i znamienne skutki. Cząstka bowiem, która bardzo słabo oddziałuje z materią, nie podlega zatrzymaniu przez masę ciała stałego. Ciało "stałe" jest przecież także zawsze pewnym rodzajem "chmury atomowej", w której jest o wiele więcej pustej przestrzeni aniżeli naprawdę nieprzenikalnej materii. Gdy ciało stałe zetknie się z innym ciałem stałym i napotka przy tym opór, a wiać gdy na przykład uderzę pięścią w stół, to skutki i odczucia wynikające z tego zderzenia można wyjaśnić tylko tym, że oba uczestniczące ciała mają podobną "stałość". Jest to zupełnie to samo, jak gdyby poryw wiatru w czasie burzy wpędził na siebie dwie czarne deszczowe chmury. Gdy chmury te się zderzą, w punkcie kolizji następuje łączne spiętrzenie i wzajemna deformacja, pomimo że ptak czy też samolot mogłyby przez obie przelecieć nie napotykając wcale zwiększonego oporu. Tak samo więc neutrino może przejść przez utworzoną przez ciało "stałe" chmurę atomową właściwie bez oporu.

W toku procesów jądrowych w centrum Słońca powstają wciąż neutrino opuszczające bez przeszkód Słońce we wszystkich kierunkach z szybkością światła. Przelatują one równie swobodnie przez całą kulę ziemską. Każdy z nas stale jest "przenikany" przez cały strumień neutrin, przy czym dzieje się to bez żadnej dla nas szkody i nie zauważamy tego w ogóle. Wszystkie one pochodzą z jądra słonecznego. Gdyby się więc udało je schwytać i przebadać, dowiedzielibyśmy się bezpośrednio czegoś o procesach przebiegających w centrum Słońca i wtedy powstałaby możliwość niejako wejrzenia w Słońce. Niedawno podjęto pierwsze próby wykazania, że źródłem neutrin jest Słońce i osiągnięto pewne rezultaty. Może rzeczywiście – tak jak mówiliśmy – niebawem powstanie astronomia neutrinowa, która stworzy nam te możliwości. Dzisiaj jest to jeszcze muzyka dalekiej przyszłości, ponieważ musielibyśmy dosłownie szukać wiatru w polu; zatrzymanie bowiem przy użyciu odpowiedniego sprzętu obserwacyjnego cząstek elementarnych mogących bez trudu przelecieć przez całą Ziemię – tylko wówczas przecież będzie można mówić o jakichkolwiek obserwacjach – wymaga rozwiązań fizycznych, których obecnie nie potrafimy sobie nawet teoretycznie wyobrazić.

A jednak pomimo wszystko dzisiaj już wiemy z zadziwiającą dokładnością i pewnością, jak Słońce wygląda i co się tam dzieje. Wiedzę tę zawdzięczamy pewnemu nowoczesnemu przyrządowi badawczemu, którego chyba nikt nie

powiązałyby zrazu ze sprawą obserwacji ciał niebieskich; jest nim bowiem tak często dziś wzmiankowany komputer. Bardzo prosto możemy wyjaśnić, dlaczego tak jest.

Stosunkowo łatwo jest określić szereg podstawowych właściwości Słońca. Są nimi – między innymi – odległość jego od Ziemi, wielkość, ciężar i wreszcie – promieniowana przez nie w każdym momencie energia: średnia odległość Słońca od Ziemi wynosi dokładnie 149 565 800 kilometrów, jego średnica wynosi 1 392 000 kilometrów, waży 333000 razy tyle co Ziemia, a każdy centymetr kwadratowy jego powierzchni wypromieniowuje w każdej sekundzie energię 1500 kalorii. Do tych faktów dochodzi jeszcze nasza znajomość składu chemicznego Słońca, której źródłem są spektroskopowe badania wypromieniowanego przez Słońce światła: Słońce składa się w około 70 procentach z najlżejszego (i najprostszego) z wszystkich pierwiastków, a mianowicie z wodoru w postaci gazowej; prawie całe pozostałe 30 procent stanowi drugi z kolei pod względem lekkości pierwiastek – hel, a tylko 2, najwyżej 3 procent Słońca składa się z innych pierwiastków cięższych, występujących w zasadzie tylko w postaci śladowej.

Gdy więc wiadomo, jaka jest wielkość Słońca, z czego się składa i jakie ilości energii z siebie daje – można obliczyć, jakie w jego wnętrzu muszą zachodzić procesy i jak ono jest skonstruowane, aby z tego mogły powstać stany obserwowane na powierzchni. Tymczasem jednak wchodzące do takiego obliczenia dane zjawisk fizycznych są tak liczne, a ponadto w tak najróżnorodniejszy sposób od siebie uzależnione, że praktyczne przeprowadzanie takiego rachunku staje się pracą syzyfową wymagającą cierpliwości i koncentracji całej armii matematyków. Prawdziwą beznadziejność całego przedsięwzięcia zrozumiemy jednak dopiero dowiadując się, że aby dojść do celu, należy całe te skomplikowane obliczenia wykonywać nie jeden raz, lecz niezliczone ilości razy. W tym przypadku nie można bowiem wyjść od wiadomych danych o stanie powierzchni Słońca; dokonując obliczeń należy przyjąć pewne założone stosunki we wnętrzu Słońca i dopiero na końcu całej skomplikowanej operacji okazuje się, czy otrzymany wynik odpowiada wiadomym danym o powierzchni, co staje się sprawdzianem, że wyjściowe założenia były prawidłowe. Innymi słowy, tryb postępowania jest taki, że projektuje się coraz to nowe "modele" myślowe dla wewnętrznej struktury Słońca, modele oparte mniej lub bardziej na domysłach i szacunkach, a następnie przystępuje się do obliczeń, aby sprawdzić, czy wynik końcowy pokrywa się z faktycznie zaobserwowanymi i znanymi właściwościami Słońca. Działanie takie trzeba powtarzać dotąd, dopóki nie osiągnie się całkowitej zgodności. Tylko wówczas można bowiem uważać, że założony "model" oddaje rzeczywistą budowę wnętrza słonecznego. Przeprowadzenie tego niezwykle mozolnego i pochłaniającego wiele czasu postępowania umożliwiły dopiero nowoczesne elektroniczne automaty obliczeniowe.

Pracy tych maszyn zawdzięczamy to, że dzisiaj wiemy, jak wygląda Słońce i jakie w nim przebiegają procesy. Opis tych zjawisk jest zbiorem samych niespodzianek i nieprawdopodobieństw, ale panujące na Słońcu warunki fizyczne są przecież nieskończenie dalekie od stosunków ziemskich, na które nastawiona jest zdolność naszej wyobraźni.

Zaczyna się od tego, że w centrum Słońca występuje ciśnienie ponad 200 miliardów ton, temperatura zaś około 15 milionów stopni. Przy takim ciśnieniu materia w centrum Słońca jest dwanaście razy cięższa niż ołów – a pomimo to wciąż jeszcze ma postać gazu. Wynika to stąd, że przy panującej tu temperaturze atomy wodoru i helu są – jak się to naukowo określa – całkowicie zjonizowane. Zatraciły one swoje elektrony, składają się więc niejako z gołych jąder. Ponieważ jednak – jak już wspominaliśmy – większa część także atomu stanowi "pustą przestrzeń", w porównaniu do wielkości jądra atomowego i okrążających je elektronów odstęp pomiędzy nimi jest potężny – owe pozbawione elektronów jądra dają się nienormalnie zgęścić. Jest to zjawisko tak zwanej "zwyrodniałej" materii. Pomimo tego wysokiego stopnia zgęszczenia owa materia w jądrze Słońca zachowuje właściwości gazu, przede wszystkim zdolność do swobodnych, nie uregulowanych wewnętrznych prądów lub zawirowań (turbulencji).

Jak gorąco jest przy 15 milionach stopni? Jest to znowu liczba, wobec której nasza wyobraźnia zawodzi. Ale sir James Jeans, słynny angielski astronom, dokonał kiedyś wyliczenia ukazującego obrazowo skutki, jakie taka temperatura wywarłaby na nasze swojskie otoczenie. Rezultat jego obliczeń jest następujący: gdybyśmy mogli wyjąć ze środka Słońca kawałek materii wielkości główki od szpilki i postawić na Ziemi, gorąco jego zabiłoby człowieka jeszcze na odległość 150 kilometrów (odpowiada to mniej więcej odległości pomiędzy Hamburgiem a Hanowerem!).

Temperatura ta wystarcza do wyzwalania przebiegu reakcji atomowych w zgęszczonej, zwyrodniałej materii jądra słonecznego, reakcji, o których była już niejednokrotnie mowa i które dostarczają całej energii, jaką Słońce tak rozrzutnie rozdaje. Znowu napotykamy absolutnie zaskakującą liczbę, gdy przypatrujemy się bliżej tej reakcji jądrowej, aczkolwiek w tym wypadku zaskoczenie ma charakter zupełnie odwrotny.

Każdy już kiedyś słyszał o tym, że energia słoneczna powstaje w taki sposób, iż we wnętrzu Słońca wodór spaja się czy też zamienia w hel – w kolejny pod względem ciężaru pierwiastek chemiczny układu okresowego. Ten przebiegający w kilku etapach proces rozpoczyna się od tego, że każde jądro wodoru środka Słońca średnio raz na 7 miliardów lat zderza się czołowo z innym jądrem atomowym wodoru, a przez to daje początek powstania atomu helu. Pomimo swego nienormalnego zgęszczenia i ogromnej energii ruchu, odpowiadającej temperaturze 15 milionów stopni, nieprawdopodobnie małe

jądra atomowe mają także wewnątrz Słońca jeszcze tyle wolnych przestrzeni, że to decydujące wydarzenie nie następuje częściej. Ale strefa, w której odbywa się wytwarzanie energii słonecznej, to znaczy jej "aktywne" jądro, liczy sobie bądź co bądź około 350 000 kilometrów średnicy. Jest to przecież prawie odległość pomiędzy Ziemią a Księżycem. W jądrze tym jest, w każdym razie jeszcze dotąd, tak niesłychanie dużo atomów wodoru, że zupełnie wystarczy, jeśli każdy z nich w podanym wyżej nadspodziewanie długim odstępie czasu, uczestniczy w reakcji zamiany tylko jeden raz.

Liczba atomów wodoru oczywiście nie wystarczy do tego celu w nieskończoność. Przecież proces zespalandia powoduje właśnie za każdym razem trwałe powstanie jednego atomu helu z połączenia się czterech atomów wodoru. W olbrzymim jądrze Słońca w każdej sekundzie łącznie przemienia się 657 milionów ton wodoru w 652,5 miliona ton helu, przy czym z dalszego uzysku energii hel odpada, gromadząc się w centrum Słońca w postaci niejako popiołu procesu atomowego. Jest to powód, dla którego Słońce nie będzie nam świecić zawsze w sposób, do jakiego przywykliśmy. Obliczenia wykazują, że jeżeli już świeci od 5 miliardów lat, to musiało zużyć nieco więcej niż połowę swego paliwa (to jest wodoru).

Przemiana 657 milionów ton wodoru w 652,5 miliona ton helu w każdej sekundzie, i to na przestrzeni mniej więcej 10 miliardów lat łącznie – dane te przysparzają nam nowego pojęcia o nieprawdopodobnej wielkości Słońca. Jednocześnie zmuszają nas do zadania pytania o podłoże występującej różnicy mas, to znaczy o to, co się dzieje z tymi 4,5 miliona ton materii, które widocznie giną w toku tej odbywającej się co sekundę przemiany atomowej jednego pierwiastka w inny – następny co do ciężkości. Otóż ten ubytek masy ma w rzeczywistości zupełnie szczególne, a w powiązaniu z interesującym nas tu zagadnieniem nawet decydujące znaczenie, na nim bowiem właśnie polega cała tajemnica produkcji energii przez gwiazdę. Pointę stanowi fakt, że atom helu nie waży dokładnie tyle co cztery atomy wodoru, ale jest troszeczkę – mniej aniżeli o 1 procent – lżejszy niż suma czterech atomów wodoru. Przy reakcji jądrowej ta część łącznego ciężaru pozostaje więc jak gdyby jako resztką, która w jakiś sposób musi być usunięta. W toku jądrowego procesu zespalandia odbywa się to tak, że część ta przemienia się we wspomniane już przedtem neutrino i czystą energię, które rozchodzą się od Słońca we wszystkich kierunkach.

Wypromieniowanie ponad 4 milionów ton materii w każdej sekundzie – oto dopiero właściwy przebiegający w Słońcu proces wytwarzania energii.

Wydajność tej produkcji jest tak wielka, że Słońce w każdej sekundzie produkuje więcej energii, aniżeli człowiek wytworzył od początku czasów historycznych.

Łączną ilość energii, którą uzyskałoby się przez całkowite spalanie wszystkich zasobów materiałów palnych Ziemi, a więc węgla, olejów i wszystkich lasów – Słońce dostarcza nam bezpłatnie w postaci promieniowania w ciągu trzech tylko dni.

Tymczasem w środku Słońca, w którym zachodzą stale wszystkie te procesy przekraczające wszelkie wyobrażenia, pomimo produkcji tak potężnych ilości energii – panują egipskie ciemności! Jest to stwierdzenie wręcz groteskowe, a w każdym razie w pierwszej chwili całkowicie niewiarygodne. Wyjaśnienie jest stosunkowo łatwe: energia powstająca tu jest po prostu zbyt wielka na to, abyśmy mogli ją postrzec (zakładając oczywiście, że moglibyśmy w ogóle przebywać w środku Słońca).

Występuje tutaj to samo zjawisko, które wykorzystują myśliwi posługujący się "niesłyszalnym" gwizdkiem na psy. Psy słyszą bowiem jeszcze tony, których, jako zbyt wysokie, ucho ludzkie już uchwycić nie może. Skonstruowano więc gwizdki ponadźwiękowe, a ich ton nie dociera ani do ludzi, ani przede wszystkim do zwierzyny. Gdy myśliwy gwizdek taki bierze do ust i weń dmucha, pozornie nie dzieje się nic, ale pies myśliwski reaguje natychmiast.

To samo dzieje się z energią w centrum Słońca. W grę wchodzi tu prawie wyłącznie promienie najtwardsze spośród istniejących, a więc promienie gamma i z zakresu promieni rentgenowskich. I jedno, i drugie są niewidzialne dla naszych oczu. Widzialne światło powstaje z tej pierwotnej formy energii dopiero później, w ciągu długiej i mozolnej drogi, którą przebyć musi powstała w środku Słońca energia, nim osiągnie powierzchnię Słońca, z której może wreszcie swobodnie wypromieniować w wolną przestrzeń.

Tutaj objawia 'się po raz drugi ogromne znaczenie niewiarygodnej wielkości Słońca dla naszego losu na Ziemi. Dotąd mówiliśmy o tym rozmiarze jako o warunku powstania ciśnień i temperatur potrzebnych do rozniecenia i podtrzymania atomowego ognia w jądrze słonecznym. Teraz nagle odkrywamy, że olbrzymie ciało naszej gwiazdy centralnej zdaje się jednocześnie spełniać także zadanie tłumiącej osłony dla produkowanej przez siebie energii. Gdyby bowiem energia ta docierała do Ziemi w takiej formie, w jakiej powstaje, to znaczy gdyby Ziemia z odległości 150 milionów kilometrów została zalana promieniami gamma i rentgenowskimi – dawno by już nas nie było. Jedyną przyczyną, dzięki której Słońce kąpie swoje planety w świetle i ciepłe, a nie w twardym i absolutnie śmiertelnym promieniowaniu, jest jego ogromny rozmiar. Każda ilość energii musi po powstaniu przebyć potężną drogę 600000 kilometrów poprzez materię słoneczną, zanim dojdzie z centrum Słońca do jego powierzchni, z której jest poniekąd "wypuszczana" na Układ Planetarny. Droga ta, prawie dwa razy dłuższa aniżeli odległość między Ziemią a Księżycem, prowadzi nie tylko przez pustą przestrzeń, ale również przez materię, która przynajmniej w pierwszym odcinku dalekiej trasy jest wciąż nienormalnie zgęszczona ("zwyrodniała"), co powoduje, że droga owej energii staje się ogromnie mozolna.

Jeżeli się głębiej zastanowimy nad tym, w jakich warunkach energia przebywa swój kurs do powierzchni Słońca, widzimy, jak się dosłownie przebija przez

zgęszczona materię słoneczną. Pomimo że kwanty energii poruszają się oczywiście także we wnętrzu Słońca z szybkością światła, okres trwania tego ruchu jest nadszpodziewanie długi. Wynika to stąd, że nie mają one możliwości dojścia do powierzchni Słońca drogą bezpośrednią. Podróż ich przebiega wzdłuż najeżonej przeszkodami, krętej, zygzakowatej trasy, w ciągu której bywają one stale absorbowane przez napotymane po drodze atomy i znów wypromieniowywane, sprowadzane z drogi i od nowa absorbowane. Wynikająca stąd zwłoka w podróży jest ogromna. Obliczony przez komputery czas, w którym pojedynczy kwant energii dochodzi w tych warunkach do powierzchni Słońca, jest wprost niewiarygodnie długi, ale liczba ta została wielokrotnie sprawdzona: jest to okres około 20 000 lat. Możemy więc powiedzieć, że światło, w którego blasku dzisiaj żyjemy, powstało we wnętrzu Słońca już gdzieś w epoce paleolitu.

Jednakże mówiąc ściśle, samo światło, jak już wspominaliśmy, nie powstaje w jądrze Słońca, lecz jest wynikiem jak gdyby "wyczerpania" promieniowania w czasie długiej i tak niespodziewanie mozolnej drogi ku swobodzie. To co wreszcie tam osiąga powierzchnię, a stamtąd najkrótszą drogą z szybkością światła do nas dociera w czasie nie o wiele dłuższym niż 8 minut, jest więc już tylko słabym odbłaskiem pierwotnej potęgi. Tymczasem właśnie ten słaby odbłask stanowi strawną dla nas dawkę, a jest nią światło i ciepło, którymi Słońce nas obdarza.

WIATR SŁONECZNY

CHORAĞIEWKI W PRZESTWORZU • EXPLORER
SPOWODOWAŁ ZAMIESZANIE • ŚMIERTELNY PAS •
PRZESTRZEŃ KOSMICZNA NIE JEST PUSTA

Jednym z najważniejszych odkryć astronomicznych ostatnich dziesiątków lat jest stwierdzenie, że Słońce emanuje nie tylko energię, czyli promieniowanie elektromagnetyczne. Jak każdy reaktor atomowy Słońce ponadto emituje jeszcze materialne promienie "korpuskularne", składające się z nadzwyczaj szybkich jąder atomowych i elektronów, opuszczających powierzchnię Słońca z prędkościami około 500 kilometrów na sekundę; gdy następnie, w kilka dni później, przelatują one koło Ziemi, dzieje się to z szybkością przekraczającą jeszcze tysiąckrotnie szybkość dźwięku. Ujawniono zatem pewną cechę Słońca, o której jeszcze parę lat przedtem nic nie było wiadomo, a która pozwala nam pod pewnym względem spojrzeć w zupełnie nowym świetle na znaczenie Słońca dla naszej egzystencji. Jeżeli bowiem wolno dzisiaj już wydać sąd o konsekwencjach tego odkrycia, okazuje się, że możemy Słońce uważać za "życiodajną" gwiazdą dla nas tu na Ziemi nie tylko dlatego, że jest jedynym dostarczycielem energii, lecz w równym stopniu dlatego, że ono właśnie chroni nas przed skądinąd śmiertelnymi wpływami sięgającymi ku nam z głębi Wszechświata. Aby to zrozumieć, musimy się najpierw nieco dokładniej zapoznać z osobliwymi cechami wydzielanego przez Słońce prądu cząstek, czyli "wiatru słonecznego", jak nazwane zostało owo zjawisko.

Fakt, że Słońce musi emanować jakąś tajemniczą odpychającą siłę, znany był już od bardzo dawna. W pewnych określonych okolicznościach nie można było nie zauważyć tej siły, a mianowicie wtedy, gdy jedna z bardzo licznych komet należących do naszego Układu Słonecznego zbliżała się do Słońca. :

Komety, czyli "gwiazdy z warkoczem", które w dawnych czasach wskutek swego nieoczekiwanego pojawienia się i charakterystycznego wyglądu uważano za oznaki zbliżających się wojen i klęsk, w rzeczywistości są stosunkowo małymi, zimnymi okruchami materii o średnicy liczącej tylko kilkaset, najwyżej do tysiąca kilometrów; krążą one wokół Słońca po bardzo ekscentrycznych, a więc niezwykle wydłużonych eliptycznych torach. Z obliczeń tych torów wynika, że niektóre z nich .potrzebują kilku tysięcy lat na jedno tylko okrążenie i że w najbardziej od Słońca odległych miejscach swych torów – Oddalają się odeń o 2 albo nawet . 3 lata świetlne!

Siła przyciągania Słońca wystarcza więc na utrzymywanie tych ciał w obrębie naszego Układu nawet w takiej naprawdę już astronomicznej odległości. Zwracamy przy tym uwagę, że odległość ta stanowi przecież już połowę

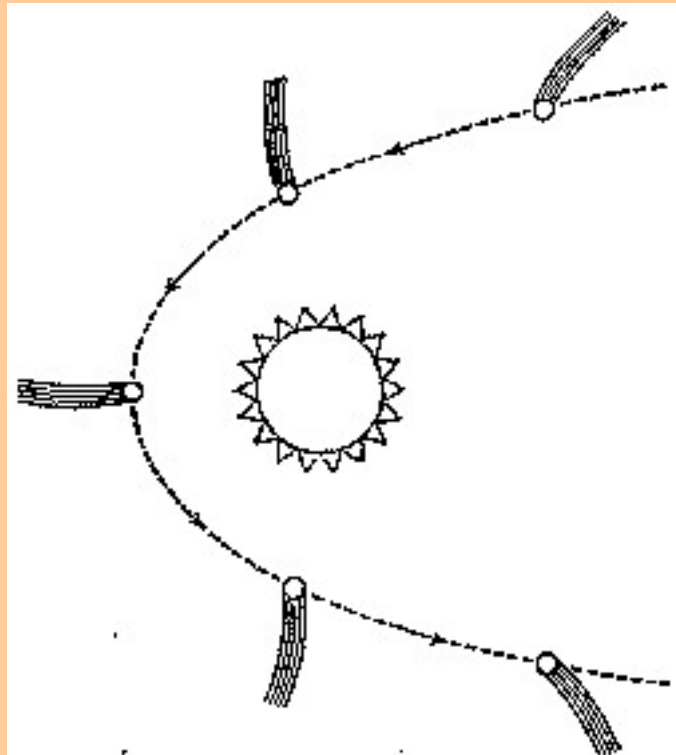
przeciętnego wymiaru odległości pomiędzy sąsiadującymi układami słonecznymi. Pomimo więc niesłychanego oddalenia między gwiazdami- stałymi, w związku z czym wydaje się zupełnie nieprawdopodobne, aby kiedykolwiek w przyszłości ziemscy astronauta mogli wkroczyć na powierzchnię nawet najbliższej leżącego obcego układu słonecznego – istnieje jednak jakiś bezpośredni materialny kontakt pomiędzy dwoma sąsiadującymi układami tego rodzaju. Mianowicie w najdalszych od słońc punktach tych układów przecinają się tory należących do nich komet, a wobec nieregularności tych torów, zakłócanych dodatkowo wciąż od nowa – w punktach obiegu zbliżonych do słońc – przez wpływ krążących tam planet, można z dużą pewnością przyjąć, że w tych krańcowych punktach raz po raz dochodzi do wymiany komet. Raz po raz zdarzyć się może, że kometa taka przechodzi z jednego układu do drugiego i zaczyna okręzać inne, obce słońce.

Gdy będziemy tę myśl snuć dalej i gdy weźmiemy pod uwagę, że większość komet wreszcie kiedyś wskutek wzrastających zakłóceń torów zostaje przechwycona i zniszczona przez planety, to znaczy, że po średnim żywocie, trwającym prawdopodobnie "tylko" milion lat, trafia na jakąś planetę w postaci "spadających gwiazd", czyli meteorów – dojdziemy do przekonania, że i na naszej Ziemi istnieć musi materia nie tylko nie pochodząca z tej Ziemi, ale wręcz z jakiegoś obcego układu słonecznego naszego kosmicznego sąsiedztwa.

W dalszym ciągu książki powrócimy jeszcze do owej wymiany materii występującej stale we Wszechświecie, i to nawet w o wiele większych przestrzeniach. W tym miejscu komety interesują nas z zupełnie innej przyczyny. Gdy bowiem te wędrujące kosmiczne okruchy materii, zazwyczaj zimne i wskutek zbyt dalekich odległości niewidoczne na swoich ekscentrycznych orbitach, zbliżą się prędzej czy później do Słońca, nabierają nagle pod jego wpływem właśnie tego wyglądu, który w takie przerażenie wprawiał naszych przodków. Rozgrzanie przez Słońce powoduje wydzielenie gazów ze stałego jądra komety – metodą spektroskopową stwierdzono obecność tlenu węgla i azotu; gazy te oddalają się od jądra z szybkością do 1000 kilometrów na sekundę i – również pod wpływem promieniowania słonecznego – zaczynają świecić. W ten sposób powstaje dziwaczny warkocz komety, zdobiący ją tylko na odcinku tej najkrótszej części toru, która jest najbliższej Słońca. Warkocz ów dochodzi do 100, a nawet do 200 milionów kilometrów długości.

Astronomowie zauważyli już dawno, że owe warkocze komet zwrócone są zawsze w tym samym charakterystycznym kierunku. Można by oczywiście w pierwszej chwili sądzić, że kometa swój ogromnie długi warkocz powinna ciągnąć za sobą. Tymczasem mniemanie takie jest znowu skutkiem naszego przyzwyczajenia do warunków ziemskich. W przestrzeni Wszechświata nie ma przecież oporu powietrza – jakąż więc siłą miałaby powodować, że kometa ciągnie swój warkocz za sobą? W zasadzie można by przyjąć, że kierunek warkoczy jest przypadkowy i dowolny, że wskazują one każdorazowo w zupełnie

różne strony w sposób nieregularny i nie do przewidzenia. Tymczasem tak właśnie nie jest. Ustawienie jest zawsze niezwykle charakterystyczne i u wszystkich komet takie samo: a mianowicie warkocz zawsze ciągnie się w kierunku przeciwnym niż Słońce.



Warkocz w trakcie obiegu komety wokół Słońca wskazuje zawsze kierunek przeciwny niż Słońce. Była to pierwsza wskazówka na to, że Słońce musi emanować jakąś odpychającą siłę; zjawisko to Jeszcze przed kilku laty było całkowicie niewyjaśnione.

Schemat nasz ukazuje widok oglądany przez astronoma obserwującego komety w czasie jej przelotu w pobliżu Słońca. Szkic oddaje pozycję komety w stosunku do Słońca oraz rejestrowany jednocześnie kierunek warkocza w czasie kilku następujących po sobie faz obserwacji. Widać, jak kometa w czasie pierwszej części swojej drogi ku Słońcu w miarę zbliżania się doń rzeczywiście zdaje się wlec swój warkocz za sobą. Ale dalszy przebieg zdarzeń ukazuje dopiero sytuację prawdziwą. W każdym punkcie toru warkocz ustawiony jest w kierunku przeciwnym do Słońca, co wreszcie doprowadza do tego, że kometa po przekroczeniu punktu najbardziej do Słońca zbliżonego zaczyna nawet warkocz "popychać" przed sobą. Na podstawie takich obserwacji domyślano się już od dawna, że Słońce musi emanować jakąś odpychającą siłę, powodującą, że warkocze komet zachowują się we Wszechświecie jak chorągiewki na dachu. Do niedawna nie było wiadomo, jaka to jest siła. Jedni sądzili, że jest nią ciśnienie promieniowanego przez Słońce światła. Obliczenia wykazały, że hipoteza ta jest w każdym razie możliwa do przyjęcia, gdyż bardzo nawet jasno świecące warkocze komet w rzeczywistości są tak niezwykle rzadkie, że gęstość gazu, z którego się składają, odpowiada mniej więcej próżni wytworzonej na Ziemi przy

użyciu nowoczesnych środków technicznych. Także silnie świecąca tęcza może sprawić wrażenie bardzo "masywnej", pomimo że jest prawie bezcielesna. Jednakże od dawna już pewna grupa uczonych reprezentowała pogląd, że ów obserwowany u komet "efekt chorągiewki na dachu" Wywołany jest małymi, elektrycznie naładowanymi cząstkami, wysyłanymi przez Słońce we wszystkich kierunkach z dużą szybkością.

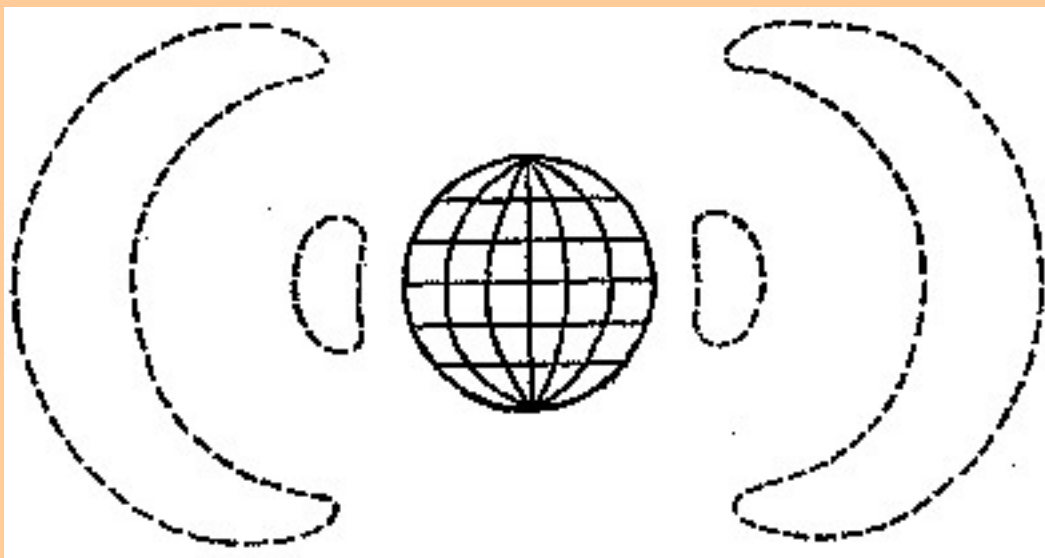
Teoria ta – niezależnie od warkoczy komet – znajdowała jeszcze potwierdzenie w innym zjawisku, przez co niebawem zyskała w pewnym stopniu przewagę nad "teorią ciśnienia światła". Tym zjawiskiem były dawno znane zorze polarne, zwane w naszych szerokościach geograficznych także "zorzą północną", widoczne zresztą w zupełnie taki sam sposób na Antarktydzie. Wydawało się, że owa tajemnicza gra bladych światła i kolorów, występująca w nieregularnych odstępach czasu w bardzo wysokich warstwach ziemskiej atmosfery – 80 lub więcej kilometrów nad powierzchnią Ziemi – i to wyłącznie w pobliżu biegunów – musi mieć jakiś związek z magnetyzmem ziemskim. Sądono, że prawdopodobnie powstaje wskutek zderzenia naładowanych elektrycznie cząstek z atmosferą ziemską. Cząstki musiały być bezwzględnie naładowane elektrycznie, w przeciwnym bowiem razie nie mogłyby ulegać wpływom pól magnetycznych, a wpływ ten był oczywisty, bo inaczej dlaczego właśnie oba bieguny naszego globu byłyby tak wyraźnie przez cząstki te faworyzowane? Za ich pochodzeniem od Słońca przemawiał z kolei bardzo mocny argument: zaobserwowano mianowicie, że zorze polarne zjawiały się w postaci wyjątkowo wyrazistej i jasnej wówczas, gdy parę dni przedtem odnotowywano szczególnie silne oznaki wzmożonej aktywności na powierzchni Słońca, a więc duże protuberancje bądź pochodnie słoneczne (por. ilustr. 15). Stąd norweski fizyk Olaf Birkeland już w roku 1896 wysunął teorię, że zorze polarne wywołuje rodzaj emanowanego przez Słońce "promieniowania korpuskularnego", rodzaj "wiatru" złożonego z niesłychanie drobnych cząstek, które muszą być naelektryzowane. Na tym chwilowo stanęło, nie było bowiem podówczas jeszcze możliwości zebrania dalszych doświadczeń, pozwalających na podjęcie decyzji i przyznanie racji którejkolwiek ze stron.

Sytuacja uległa zmianie dopiero sześćdziesiąt lat później, gdy Rosjanie i Amerykanie rozpoczęli swe doświadczenia we Wszechświecie. Już trzeci spośród startujących sztucznych satelitów, wypuszczony po Sputniku I i Sputniku II przez Amerykanów w dniu 1 lutego 1958 roku Explorer I, przekazał swoim pozostałym na Ziemi konstruktorom dane pomiarowe całkowicie nieoczekiwane. Informacje te zrazu wywołały pewne zamieszanie wskutek nieodpowiedniego wyskalowania pewnego przyrządu w stosunku do niespodziewanych warunków pola obserwacji; jednakże w dalszym przebiegu wypadków informacje, uzupełnione następnymi, celowo kierowanymi obserwacjami rejestrowanymi przez satelity, ułożyły się w zupełnie nowy obraz stanu Wszechświata w pobliżu Ziemi, obraz, w którym stara teoria Olafa Birkelanda zajęła należne sobie

miejsce.

Z inicjatywy amerykańskiego fizyka van Allena wbudowano bowiem do Explorera I licznik Geigera do rejestracji naładowanych cząstek w górnych warstwach atmosfery ziemskiej. Nie wiadomo dokładnie, dlaczego van Allen w swoim czasie przeforsował tę propozycję. Explorer I ważył tylko 13,9 kilogramów, ładunek był więc odpowiednio bardzo ograniczony i dobór sprzętu uczestniczącego w tej pierwszej amerykańskiej misji we Wszechświecie był wynikiem długiej, a częściowo i zażartej dyskusji. W każdym razie w dniu startu, to jest 1 lutego 1958 roku, licznik van Allena brał udział w wyprawie, a jest to fakt, który miał całkowicie dotychczas nie znanemu fizykowi zapewnić światową sławę.

Ironia losu sprawiła, że aparat ów w czasie pierwszego lotu w decydujących rejonach nad powierzchnią ziemską nie składał w ogóle żadnych meldunków. Radiowe przekazy licznika, które do tej chwili działały zupełnie zadowalająco, powyżej wysokości około 1000 kilometrów nad Ziemią ustały zupełnie. Van Allen – a jest to niewątpliwie jego zasługa – wpadł na pomysł, że przyczyną mógł być fakt, iż liczba elektrycznie naładowanych cząstek w tym rejonie jest może jeszcze znacznie większa, aniżeli przypuszczano, że zatem radiowe urządzenie przekąźnikowe po prostu strajkowało, bo było "przekarmione". Wobec takiego podejrzenia wyposażono startujący osiem tygodni później Explorer III w odpowiednio mniej czule wyskalowany aparat, który istotnie przekazał, że na wysokości 1000 kilometrów i powyżej rozpoczyna się strefa niespodziewanie intensywnego i przenikliwego promieniowania. W trakcie dalszych obserwacji przez następne satelity okazało się, że strefa ta obejmuje rejon w formie jak gdyby pasa okalającego Ziemię w płaszczyźnie równika i że promieniowanie osiąga najwyższy stopień intensywności na wysokości około 5000 kilometrów nad powierzchnią Ziemi. Powyżej intensywność promieniowania zrazu znowu maleje. Ale na wysokości jeszcze większej, bo około 20 000 kilometrów nad Ziemią, natrafiono na drugi tego rodzaju "pas promieniowania", który okazał się o wiele szerszy i otacza Ziemię prawie całkowicie, bo tylko z wyjątkiem dwóch stosunkowo małych "dziur" ponad oboma biegunami ziemskimi, Morę okazały się prawie całkowicie wolne od promieniowania. Oba "pasy" noszą dzisiaj imię człowieka, któremu na myśl przyszło dołożenie licznika do wyposażenia Explorera I.



Położenie i rozpostarcie obu pasów promieniowania otaczających naszą Ziemię w formie pierścienia. W obu pasach promieniowanie jest tak intensywne, że dłuższe przebywanie w ich obrębie na pewno byłoby śmiertelne.

Naturalnie że sporo czasu musiało upłynąć, zanim znaleziono chociażby częściową i prowizoryczną odpowiedź na wszystkie pytania, które wyłoniły się wskutek tego odkrycia. Jedno zdawało się pewne od początku: dopiero co narodzona astronautyka chyba utknęła w ślepej uliczce. Intensywność bowiem promieniowania sygnalizowanego przez Explorera III i następne satelity była absolutnie śmiertelna. Wydawało się więc, że dalsze badania przestrzeni Wszechświata przez nie obsadzone załogą rakiety i sondy przestrzenne wprawdzie były możliwe, natomiast przybierające właśnie realne kształty marzenie o podróży człowieka w Kosmos, a więc o prawdziwej astronautyce, skończyło się jeszcze przed rozpoczęciem. Promieniowanie było tak intensywne, że gdyby ludzie mieli przebywać w jego zasięgu bez trwałego uszkodzenia, należałoby stosować osłony ołowiane o ciężarze wielu ton. Wyglądało na to, że ludzkość została umieszczona w jakimś odosobnieniu przez siły przyrody, na których przewyciężenie technika w najbliższym czasie nie znajdzie żadnych środków. W pewnym momencie – jako jedyne wyjście z sytuacji – rozpatrywano możliwość zakładania przyszłych stacji i w ogóle wyrzutni dla załogowych próbnich lotów kosmicznych na terenach wiecznych lodów w Antarktydzie; sądzono, że tylko przez start z jednego z biegunów będzie można ominąć oba pasy promieniowania. Koszty związane z takim przymusowym rozwiązaniem byłyby prawdopodobnie zahamowały rozwój astronautyki na okres dziesiątków lat.

Na szczęście wszystkie te kłopoty wyrosłe w pierwszej chwili okazały się mniej groźne, aniżeli się na początku zdawało. Wprawdzie promieniowanie w pasach van Allena jest rzeczywiście śmiertelne, ale tylko wówczas gdy organizm poddany jest jego działaniu przez czas dłuższy. Ta okoliczność oraz fakt, że

także drugi pas promieniowania szybko traci na intensywności na wysokościach ponad mniej więcej 30 000 kilometrów, pozwoliły uznać wszelkie uprzednie obawy za bezprzedmiotowe. Dla bezpieczeństwa wystarcza zupełnie przekraczanie pasów promieniowania z prędkością rozwijaną normalnie przy próbnym lotach kosmicznych. Czas, w którym astronauta są narażeni na panujące tam promieniowanie, jest tak krótki, że według wszelkich dotychczasowych doświadczeń nie należy oczekiwać jakichkolwiek złych skutków dla ich zdrowia. Stąd w następnych latach do chwili obecnej nigdy już nie było mowy o owych dwóch pasach promieniowania w związku z astronautyką uprawianą przez człowieka.

Tymczasem odkrycie obu tych stref promieniowania – w zupełnie innym powiązaniu, jak się okazało, o wiele bardziej podstawowym i pełnym znaczenia – zapoczątkowało całkowicie nową dyscyplinę, a mianowicie badania nad tak zwaną "przestrzenią międzyplanetarną", to znaczy tą częścią Wszechświata, w której znajduje się nasz własny Układ Słoneczny. Powodów, dla których nauka o przestrzeni międzyplanetarnej rozwinęła się w odrębną gałąź wiedzy, jest wiele. Oczywiście że znaczną rolę odgrywa przy tym fakt, iż w najbliższym czasie będziemy mogli badać wyłącznie ten znajdujący się w naszym najbliższym sąsiedztwie odcinek Wszechświata, ale nie tylko jak dotąd przyrządami astronomicznymi ustawionymi tutaj na Ziemi, lecz wprost i bezpośrednio za pomocą sond przestrzennych i załogowych lotów kosmicznych. Jednakże ta raczej zewnętrzna i określona stanem naszej aktualnej techniki granica została dawno już w znamienny sposób zalegalizowana przez poznanie, że ów "międzyplanetarny" wycinek Wszechświata rzeczywiście zasadniczo różni się pewnymi właściwościami mającymi dla nas życiowe znaczenie od rozpoczynającego się dopiero poza jego obrębem "wolnego" Kosmosu. Trzeci wreszcie powód, który pobudził obecne zainteresowanie badaniami nad przestrzenią międzyplanetarną, związany jest z podstawową zmianą naszego obrazu przestrzeni Wszechświata.

Na samym początku mówiliśmy już o tym – a w pewnym sensie jest to myśl przewodnia całej książki – że do tej pory człowiek, od kiedy i o ile rozpatrywał naukowo przestrzeń poza atmosferą ziemską, zawsze wychodził z założenia, że przestrzeń ta jest pusta, że jest – mówiąc po laicku – tylko przestrzenią, pustym odstępem między ciałami niebieskimi unoszącymi się w niej w ogromnych odległościach od siebie. Także naukowcy myśleli podobnie, nawet jeżeli myśli tej nie formułowali *expressis verbis*. Jeszcze dziesięć lat temu astronom, zapytany, dlaczego człowiek nie mógłby przeżyć w warunkach kosmicznych bez pomocy środków technicznych, wskazałby prawdopodobnie przede wszystkim na te czynniki, których we Wszechświecie nie ma, a więc na brak powietrza do oddychania, ciepła czy też ciśnienia atmosferycznego. Dzisiaj odpowiedź na to samo pytanie byłaby niewątpliwie uzupełniona wieloma czynnikami zupełnie innej kategorii, a więc zwróceniem uwagi na wpływy i siły, których działanie

zaczyna się dopiero poza naszą atmosferą i których obecność zagraża nam we Wszechświecie, jak na przykład rozbłyśki słoneczne, promieniowanie kosmiczne, plazma słoneczna albo właśnie owe pasy promieniowania.

Innymi słowy: podczas gdy wszyscy ludzie, a także naukowcy, wychodzili do niedawna z założenia, że Wszechświat jest pusty, że nie jest niczym innym jak "niczym", w którym Ziemia porusza się zdana na siebie w zupełnej izolacji, szybko narastające od czasu pierwszych startów Explorersów i Łunników rezultaty badań pozwoliły nam zobaczyć zupełnie inny obraz. Wszechświat nie jest w żadnym razie pusty, wypełniony jest niezliczoną ilością sił i czynników, przez nas jeszcze bardzo słabo ogarniętych, ukazujących go jako widownię potężnych, stale w nim przebiegających procesów; już dzisiaj okazało się, że niektóre z nich mają niezwykle ważne znaczenie dla naszych losów tu na Ziemi, pomimo że do niedawna nie śniło nam się nawet o ich istnieniu i że ich w ogóle w normalnych warunkach nie zauważamy.

Jak już wspomniałem, wszystko zaczęło się zaledwie przed dziesięciu laty od odkrycia pasów promieniowania. Bliższe badania wykazały, że ob* pasy składają się z koncentracji elektrycznie naładowanych cząstek, przy czym zewnętrzny większy pas złożony jest przeważnie z elektronów, a w wewnętrznym przeważają protony. Poza tym występują w bardzo znikomej ilości jądra atomów helu. Skąd pochodzą owe poruszające się nad naszymi głowami w danym rejonie cząstki atomowe wykazujące tak wielkie energie? W rachubę wchodzi jedno tylko źródło, a jest nim Słońce. Zadanie polegało więc teraz na wytropieniu, w jaki sposób cząstki te ze Słońca docierają do najwyższych warstw naszej atmosfery, i na udowodnieniu, że są one rzeczywiście pochodzenia słonecznego. Do sprawy tej przystąpiono systematycznie przy użyciu środków obserwacyjnych, jakimi są satelity. Dane dostarczone przez sondy, przede wszystkim radzieckie sondy księżycowe Łunnik I i Łunnik II, a także przez amerykańskie satelity Mariner II i Explorer X, bardzo szybko dostarczyły dowodów na to, że "wiatro słoneczny" stanowiący od dziesiątków lat temat kontrowersyjny w środowisku fizyków, rzeczywiście istnieje.

Podsumowując mamy przed sobą następujący niezwykle i nowy zupełnie obraz: Słońce nie tylko emanuje ogromne ilości promieniowania elektromagnetycznego, przede wszystkim światła i ciepła, lecz także promienie korpuskularne w postaci – głównie – protonów i elektronów, opuszczających powierzchnię Słońca we wszystkich kierunkach z szybkością przekraczającą ponad tysiącrotnie szybkość dźwięku. W zasadzie cząstki te są wyrzucane w przestrzeń z wszystkich miejsc powierzchni Słońca w kierunku dokładnie pionowym. Stosunkowo szybki obrót Słońca – jeden obrót w czasie około 25 dni, a tempo to dla tak wielkiej kuli jest szybkością ogromną – wywołuje przy tym efekt, który można by porównać do efektu aparatu obrotowego do zraszania trawników; powoduje on, że tory odlatujących od Słońca cząstek tworzą stosunkowo bardzo wydłużone spirale.

Słońce więc wysyła promieniowanie nie tylko niematerialne, to znaczy fale elektromagnetyczne, lecz jakkolwiek dziwacznie to brzmi – samo "rozprasza" się także cieleśnie, materialnie, na wszystkie strony Wszechświata. Z obliczeń opartych na danych przekazanych przez satelity wynika, że w ten sposób Słońce traci w każdej sekundzie nie mniej niż milion ton swojej materii. Jest to ilość niesłychana, ale wobec niewyobrażalnego ogromu Słońca stanowi dlań stosunkowo nieznaczny "upust krwi". Przez cały długi okres swojej dotychczasowej egzystencji Słońce utraciło przez to do dnia dzisiejszego niecałą jedną dziesięciotysięczną część swojej łącznej masy.

Nazwa "wiatr" słoneczny jest nadzwyczaj trafna i pełna wyrazu, bo obrazuje nam, że przy tym zjawisku nie chodzi o promieniowanie w zwykłym znaczeniu, lecz o emanację materialnych cząstek, aczkolwiek bardzo drobnych, należących do atomowych rzędów wielkości. We Wszechświecie więc dosłownie "wieje" wiatr wychodzący ze Słońca, wprawdzie wiatr tak niezwykle rzadki, że pomimo swej olbrzymiej szybkości nie poruszyłby żadnej ziemskiej chorągwi. Ale siła jego jest oczywiście dostateczna na poruszenie tworu równie rzadkiego i pozbawionego ciężaru jak on, a więc na przykład warkocza komety. Nie ma dzisiaj już żadnej wątpliwości, że wiatr, który sygnalizują chorągiewki warkoczy komet, jest składającym się z protonów i elektronów wiatrem słonecznym.

NIEWIDZIALNA KULA

ŻYCIE POD OCHRONĄ ATMOSFERY SŁONECZNEJ • BIEG Z PRZESZKODAMI PRZEZ PYŁ KOSMICZNY • NOWY OBRAZ UKŁADU SŁONECZNEGO • BEZCIELESNA PRZEGRODA WE WSZECHŚWIECIE • GDYBY SŁONCE NAGLE ZGASŁO • SZTUCZKA z BAREM

Ściśle mówiąc wiatr słoneczny nie jest niczym innym jak atmosferą słoneczną, która pierzcha ze wzrastającą szybkością we wszystkich kierunkach. Najbliższe Słońcu strefy tej atmosfery można w określonych okolicznościach oglądać bezpośrednio bądź fotografować, na przykład w czasie zaćmienia Słońca czy też przy użyciu specjalnych przyrządów astronomicznych. Tworzą one powszechnie znaną koronę promieniście otaczającą Słońce. Jest ona o milion stopni gorętsza od powierzchni, z której się wywodzi, przy czym dotychczas nie zostało właściwie jeszcze wyjaśnione, w jaki sposób dochodzi do takiego skoku temperatury.

Jedna z teorii, wprawdzie bardzo dziwna, ale z punktu widzenia fizyki wielce prawdopodobna i obecnie popierana chyba przez większość astrofizyków, zakłada, że rozgrzanie korony do wymienionej tak wysokiej temperatury odbywa się mechanicznie, a mianowicie wskutek pękania tak zwanych granul na powierzchni Słońca. Granule owe są to potężne, liczące sobie przeciętnie około 1000 kilometrów średnicy bąble gazowe, w których z szybkością ponad 100 kilometrów na sekundę przebiegają turbulencje, wybijające się z głębi Słońca (por. ilustr. 14). Odgłos powstający na powierzchni Słońca przez nieustanne pękanie tych olbrzymich bąbli (o temperaturze prawie 6000 stopni) prawdopodobnie przerasta wszelkie ludzkie wyobrażenia. Ale obliczyć go można. Zdaniem wybitnych astrofizyków nic innego jak właśnie trzask tych bąbli dostarcza podstawowej siły do rozgrzania atmosfery słonecznej, a tym samym do przyspieszenia cząstek tworzących wiatr słoneczny. Wydaje się więc, że istotnie Słońce "kresu drogi wyznaczonej dobiega tocząc się jak grzmot" [Goethe, Faust, cz. I, przełożył Feliks Konopka], aczkolwiek ucho ludzkie nigdy go nie usłyszy.

Pozorny obraz stabilności, który przedstawia korona słoneczna, polega więc na złudzeniu. Stabilność ta jest taka sama jak płomienia świecy; przy niezmiennej w zasadzie postaci zewnętrznej materiał, z którego jedna i druga się składa, ulega nieustannej odnowie. Pomimo jej ogromnego rozmiaru jednorazowa całkowita wymiana materii widzialnej części korony trwa tylko dwadzieścia cztery godziny.

W związku z tym natychmiast wyłania się dalsze pytanie. Jasne jest bez żadnego ścisłego sprawdzania, że materia opuszczająca powierzchnię Słońca z

taką szybkością musi odpowiednio daleko wylatywać w przestrzeń. Skoro więc stwierdzono, że w obrębie korony występuje tak silny ruch w kierunku przeciwnym niż Słońce, wiadomo było, że korona albo, mówiąc ściślej, atmosfera słoneczna nie może kończyć się tam, gdzie urywa się widzialny jej zasięg. W tym zakresie również utrzymuje się analogia do płomienia świecy, którego substancja przecież opuszcza widzialny zasięg samego płomienia i stale jest uzupełniana z kłota. Następne pytanie brzmiało więc, jak daleko korona sięga w Wszechświat, albo, co na to samo wychodzi: jak daleko wieje wiatr słoneczny?

Szczegółowe badania, przeprowadzone specjalnymi przyrządami w trakcie rzadko występujących zaćmień Słońca, wykazały, że najdrobniejsze, zaledwie widzialne ślady korony napotyka się jednak jeszcze w granicach około 15 milionów kilometrów od Słońca. Jest to wprawdzie odległość pokaźna, ale z drugiej strony oznaczałoby to, że wiatr słoneczny nie dosięga nawet najbliższej Słońcu planety naszego Układu – Merkurego, którego odległość od Słońca wynosi 57 milionów kilometrów.

Dopiero wkrótce po ostatniej wojnie otworzyły się nowe możliwości obserwacji w związku z rozwojem radioastronomii. Olbrzymie paraboliczne anteny radioteleskopów służą przede wszystkim wykrywaniu i badaniu tak zwanych "źródeł fal radiowych" we Wszechświecie, a więc gwiazd stałych, mgławic czy też układów galaktycznych, emitujących oprócz widzialnego światła także fale z zakresu fal radiowych, to znaczy w porównaniu do widzialnego światła – szczególnie długich fal o niskiej częstotliwości, sięgających daleko poza granicę widzialności. Dzięki rozwojowi tej nowej gałęzi astronomii udało się w kilku przypadkach pośrednio uzyskać tą metodą także nowe wiadomości o zupełnie innych obiektach obserwacji, nie stanowiących wcale źródeł fal radiowych. Do nich należy i korona słoneczna. Skoro bowiem astronomowie wpadli już na ten genialny pomysł, zaczęli rejestrować i dokonywać bieżących pomiarów tego, w jakim stopniu korona przesłania znane im źródła fal radiowych w tych okresach, gdy w ciągu roku orbitalny ruch Ziemi dopuszcza do przewędrowania takiego źródła w pobliżu Słońca po niebie. Jakkolwiek bowiem korona jest bardzo mało zwarta i niezwykle rzadka, to jej substancja wywołuje jednak zjawiska rozpraszania i załamywania się przechodzących przez nią fal radiowych emitowanych ze źródeł kosmicznych; zjawiska te za pomocą metod radioastronomicznych można rejestrować stosunkowo szybko i z dużą precyzją.

Przy użyciu tak wyrafinowanej metody udało się już w latach pięćdziesiątych udowodnić istnienie korony czy też, mówiąc ściślej, obecność substancji tworzących wiatr słoneczny – jeszcze na odległościach do około 70 milionów kilometrów, a więc i poza torem Merkurego. Dalej wiatr słoneczny stawał się już tak rzadki, że nawet i tym sposobem nie można było stwierdzić, czy się tam pojawia. Jednakże dopiero pierwsze rezultaty podróży kosmicznych, przede wszystkim lotów amerykańskich sond Marinerów na Wenus i Marsa, ujawniły

fakt, że słoneczna plazma – tak brzmi prawidłowy naukowy termin "wiatru słonecznego" – sięga jeszcze znacznie dalej, poza orbitę Ziemi, a na pewno także poza tor obiegu Marsa.

Z całą pewnością więc nie tylko najbliższa Słońcu planeta Merkury, lecz także Wenus, Ziemia i Mars są "owiane" wiatrem słonecznym. Przy tym, jak widzieliśmy, wiatr ten w gruncie rzeczy nie jest niczym innym jak rozprzestrzeniającą się z nadzwyczajną szybkością najwyższą warstwą atmosfery słonecznej. Tu dochodzimy do niezwykłego i ważkiego wniosku, że co najmniej planety najbliższe Słońcu – w rzeczywistości jednak, jak jeszcze zobaczymy, najprawdopodobniej również wszystkie pozostałe, innymi słowy, cały Układ Słoneczny – znajdują się naprawdę, jeszcze w obrębie atmosfery słonecznej!

Zatem Słońce nie tylko oświetla i ogrzewa planety, ale ponadto jeszcze otula je swoją atmosferą. Jeżeli ta dopiero od kilku lat znana sytuacja nasunie komu skojarzenie z obrazem kwoki chroniącej pod skrzydłami swe pisklęta, naturalnie uczuje się zaraz winnym ulegania nazbyt antropomorficznej, poetyckiej i fantastycznej analogii. Tymczasem owa analogia, zgodnie z tym, co dzisiaj wiemy, naprawdę charakteryzuje najdokładniej i w sposób najbardziej istotny naszą sytuację we Wszechświecie, a jest ona wynikiem najbardziej chyba fascynującego odkrycia astronomii ostatnich dziesięciu lat, w każdym razie w dziedzinie badań nad wiatrem słonecznym! Bez wiatru słonecznego bowiem, bez ochrony w postaci atmosfery słonecznej – nie byłoby nas, gdyż Ziemia nie nadawałaby się do zamieszkania.

Przyjrzyjmy się teraz faktom, które zmuszają nas do wyciągnięcia takich wniosków. W tym celu musimy znowu powrócić do pytania, które nas sprowokowało do wszystkich tych rozważań, a mianowicie: jak daleko dmie wiatr słoneczny? Gdy stwierdziliśmy przed chwilą, że na pewno wieje dalej aniżeli w obrębie toru Marsa, było to stwierdzenie bardzo skromne, gdyż powoływaliśmy się przy tym na dane przekazane na Ziemię przez amerykańskie sondy Mariner, a więc pochodzące ze strefy, w której obecność wiatru słonecznego została już dzisiaj udowodniona przez zapisy bezpośrednie. Ale wszak naprawdę nie ma żadnego powodu, aby założyć, że prąd słonecznej plazmy nagle urywa się akurat na przypadkowej granicy, do której dotarły dzisiaj nasze badania. Wręcz przeciwnie, jeżeli doszliśmy do tego, że cząstki tworzące tę plazmę, gdy wchodzi w zakres orbity ziemskiej, jeszcze zawsze wykazują szybkość przekraczającą 300 kilometrów na sekundę, wolno nam przypuszczać, że z taką szybkością mogą one docierać jeszcze dobry kawał drogi poza tor Marsa.

Naukowcy istotnie snują takie przypuszczenia. Więcej nawet, potrafią przeprowadzić pewien rachunek na podstawie stanu plazmy słonecznej w rejonach Wszechświata przebadanych dotychczas przez sondy; punktem wyjściowym tego rachunku jest naturalnie przede wszystkim szybkość i gęstość

plazmy ("prąd cząstek", jak mówią fachowcy) przy uwzględnieniu czynników zdolnych plazmie tej stawiać opór. Na podstawie tych danych naukowcy dokonują obliczeń ustalających minimalną odległość, na którą wiatr słoneczny musi wiać w dal przestrzeni kosmicznej, chociaż jeszcze dzisiaj nie możemy tego udowodnić bezpośrednio, ponieważ w te rejony nie wysyłałiśmy dotąd sond kosmicznych.

Istnieją dwa czynniki, które działają hamująco na prąd plazmy wychodzący ze Słońca. Prawdopodobnie silniejszym z nich jest materia między-gwiazdowa składająca się głównie z gazowego wodoru, ale również z niezwykle drobnego i niesłychanie rzadko rozproszonego pyłu, występującego w całym Wszechświecie w nieregularnych zagęszczeniach optycznych. O tym, że pył ten istnieje, wiemy na pewno, gdyż możemy go fotografować i wykazać jego wpływ na światło gwiazd. Wymaga to tylko dostatecznie dalekiego sięgnięcia w przestrzeń kosmiczną na odległość kilkuset lat świetlnych albo i więcej. Dopiero wówczas "optyczna grubość warstwy" tego pyłu jest dość duża na to, aby działanie jego dało się odczuć.

Można więc dosyć ściśle ocenić przeciętną gęstość międzygwiazdowego pyłu. W tym celu wystarczy zmierzyć zmianę, której podlega światło określonej gwiazdy, w chwili gdy taką warstwę pyłu przekracza. Zmiana może na przykład polegać na poczerwienieniu wysłanego przez gwiazdę światła. Oczywiście że można by się tutaj zapytać, skąd wiadomo, że obserwowane czerwone światło gwiazdy nie odpowiada jej pierwotnej barwie, lecz zostało zmienione, "zafałszowane" przez pył. Ale nie jest to szczególnym problemem, gdyż astronomowie przy zastosowaniu badań spektroskopowych potrafią określić z dużą dokładnością temperaturę gwiazdy i "prawdziwą" barwę jej światła. Skoro więc tą metodą został raz już ustalony zakres zmiany barwy, to dla obliczenia przeciętnego stopnia koncentracji pyłu w danym rejonie Wszechświata potrzeba tylko wiadomości o grubości warstwy pyłu, który wywołał poczerwienienie, to znaczy o odległości do badanej gwiazdy.

Koncentracja materii międzygwiazdowej jest wyjątkowo niska. Wynosi ona w wolnej przestrzeni kosmicznej średnio mniej więcej jeden atom na centymetr sześcienny. Przekracza to wielokrotnie parametry każdej próżni, którą można by na Ziemi otrzymać, przy największym nawet nakładzie środków technicznych. Pomimo to nawet i ta niewiarygodnie rzadko rozproszona materia musi oczywiście prędzej czy później stać się "przeszkodą" do dalszego rozprzestrzeniania się słonecznej plazmy, gdyż ta również oczywiście rozrzedza się w miarę oddalenia od Słońca i stałej ekspansji na wszystkie strony. Dokładnie wiemy, jaka jest jej gęstość wtedy, gdy przelatuje koło Ziemi; sondy kosmiczne wielokrotnie dokonywały tych pomiarów. Wynosi ona tutaj jeszcze pięć do dziesięciu cząstek na jeden centymetr sześcienny. Stąd matematyk bez najmniejszej trudności obliczy, na jakiej odległości od Słońca plazma ta już staje się tak rozrzedzona, że koncentracja jej odpowiada gęstości materii

międzygwiazdowej.

Teraz czas najwyższy na odnotowanie sytuacji, którą już rozpatrywaliśmy w zupełnie innym powiązaniu: a mianowicie tej, kiedy dwa niewiarygodnie rozrzedzone, a zarazem akurat równie "gęste" ośrodki z wielką szybkością wpadają wzajem na siebie. Ponieważ obaj partnerzy zderzenia w najściślejszym tego słowa znaczeniu są "równoważni", dochodzi w danym miejscu do wszystkich zjawisk prawdziwego zderzenia, a więc do zawirowań, do zjawisk cieplnych i wszystkich innych skutków nagłego procesu hamowania. Należy więc założyć, że w tym rejonie znajduje się najwyższa czy też najdalsza granica atmosfery słonecznej, której parcie na zewnątrz tutaj się kończy.

Jednakże sam ten stosunkowo prosty rachunek nie wystarcza do określenia miejsca, w którym znajduje się interesująca nas granica. Nie wzięliśmy przecież dotychczas w ogóle pod uwagę drugiego czynnika działającego hamująco na wiatr słoneczny, a przecież wpływ jego nieco utrudnia całą sprawę, także pod względem rachunkowym. Tym drugim czynnikiem są pola magnetyczne w obrębie Układu Słonecznego.

Już od dawna na podstawie pewnych teoretycznych rozważań przyjmowano, że – podobnie jak w całym Wszechświecie – tak samo i w obrębie naszego Układu Słonecznego istnieć muszą słabe pola magnetyczne; istotnie obecność ich została w ostatnich latach bezpośrednio udowodniona, znowu dzięki badaniom przy użyciu sond kosmicznych. Owe pola magnetyczne naturalnie także hamują słoneczną plazmę. Widzieliśmy już, że "wiatr słoneczny" składa się przede wszystkim z protonów i elektronów, a więc można by rzec – z części atomów wodoru. Jak wiadomo, wewnątrz kompletnego atomu ładunki elektryczne protonów i elektronów dokładnie się wyrównują. Jednakże gdy atomy – tak jak w przypadku wiatru słonecznego – występują w postaci rozłożonej na swoje części składowe, czyli "zjonizowanej" (jako trwały skutek ogromnego gorąca na powierzchni Słońca), wówczas stanowią one, jak już wspomnieliśmy pokrótce, elektrycznie naładowane cząstki, mogące ulegać wpływom sił magnetycznych.

Oddziaływanie w przestrzeni międzyplanetarnej tych pól magnetycznych na wiatr słoneczny jest bardzo trudno obliczyć czy też ocenić, ponieważ wciąż jeszcze nie dysponujemy dostatecznymi wiadomościami o sile tych pól i ponieważ pewną rolę odgrywa tu również usytuowanie ich w przestrzeni oraz indywidualny stan ich ruchu, a o tym wiemy tyle co nic. Jednakże rachunek można przeprowadzić na podstawie wartości granicznych, a więc zrobić dwa obliczenia, raz przyjmując teoretycznie możliwe najwyższe wartości dla czynników hamujących wiatr słoneczny, a drugi raz – odwrotnie, za punkt wyjścia wziąć najniższe spośród w ogóle istniejących wartości. W wyniku tej metody otrzymujemy dane o tym, jak daleko co najmniej atmosfera słoneczna musi sięgać w przestrzeń kosmiczną (gdyby wszystkie czynniki hamujące rzeczywiście miały wywierać największy wpływ, jaki jest w ogóle teoretycznie możliwy) oraz jak daleko może się ona

rozszywać w przypadku krańcowym – to znaczy takim, w którym wpływ wszystkich wymienionych czynników byłby tak słaby, jak tylko można to sobie teoretycznie wyobrazić.

Astronomowie naturalnie taki rachunek przeprowadzali kilkakrotnie i z dużą starannością. Wynika z niego, że atmosfera słoneczna na pewno, nawet przy założeniu najbardziej niekorzystnych warunków, musi sięgać jeszcze na odległość 1,5 miliarda kilometrów, a więc jeszcze i poza tor Saturna, podczas gdy w przypadku przeciwnym musiałaby mieć promień liczący nie mniej niż 25 miliardów kilometrów, a więc średnica jej przekroczyłaby czterokrotnie cały Układ Słoneczny.

Wobec takich obliczeń rozsądne wydaje się przyjęcie wartości średniej. Wszelkie prawdopodobieństwo przemawia przeciw za tym, że nie wszystkie czynniki hamujące rozwijają akurat swoje najwyższe teoretycznie możliwe oddziaływanie; to samo dotyczy sytuacji przeciwnej. Gdy za podstawę przyjmiemy to prawdopodobne założenie, dojdziemy do ciekawego i znamienego wniosku, że zasięg atmosfery słonecznej odpowiada mniej więcej wielkości Układu Słonecznego. Innymi słowy, przyjąć można, że siła przyciągania Słońca nie tylko utrzymuje cały nasz System planetarny w wolnej przestrzeni kosmicznej w owym porządku właściwym mu od miliardów lat, że Słońce nie tylko oświetla poszczególne planety i – w zależności od ich odległości – mniej lub bardziej je ogrzewa, ale że cały Układ ponadto jeszcze jest otulony atmosferą słoneczną, rozchodzącą się na zewnątrz w postaci wiatru słonecznego aż do najdalszych krańców i zatrzymującą się dopiero gdzieś poza orbitą Plutona.

W ten sposób, pod wpływem wyników przekazanych przez nowoczesne sondy kosmiczne, powstał całkowicie nowy obraz Układu Słonecznego. Fakt, że cała przestrzeń zajmowana przez ten Układ jest jeszcze wypełniona atmosferą słoneczną, ma znaczenie nie tylko akademickie, a więc astronomiczne czy też astrofizyczne. Z tego odkrycia ostatnich lat przede wszystkim wypływa między innymi i to, że Wszechświat nie tylko nie jest pusty, lecz podzielony jest na strefy wyraźnie różniące się od siebie i dające się rozgraniczyć.

Ściśle mówiąc, naszymi dotychczasowymi sondami kosmicznymi w ogóle nie sięgnęliśmy jeszcze do "właściwego" Wszechświata, o którego "zdobyciu" co poniektórzy entuzjaści zaraz zaczęli znowu pleść przy pierwszym udanym locie na Księżyc; wszak nie dotarły tam nawet bezzałogowe loty badawcze, dochodzące do Wenus czy Marsa. Sytuację ujawnioną dzięki odkryciu i bliższemu zbadaniu wiatru słonecznego musimy bowiem interpretować w tym sensie, że wewnątrz całego Układu Słonecznego istnieje pewne "środowisko", wyraźnie odróżniające się od pozostałej przestrzeni Wszechświata, rozpoczynającej się dopiero poza Plutonem; stanowi ono otoczenie planet, a znaczenie jego dopiero teraz zaczyna do nas przemawiać.

Jedno stało się wszakże już obecnie zupełnie wyraźne: bez owego specjalnego

"środowiska", stworzonego przez Słońce w obrębie całego przezeń opanowanego i spólnie utrzymywanego Układu Planetarnego, nie moglibyśmy egzystować na Ziemi. Takie stwierdzenie podaliśmy już na początku tego ustępu, obecnie możemy już przejść do jego uzasadnienia. W tym celu musimy sobie najpierw uzmysłwić przebieg strefy granicznej, oddzielającej najdalszy rejon, do jakiego dociera atmosfera słoneczna od przylegającej do niego nie zakłóconej międzygwiazdowej materii. Mówiliśmy już o tym, że istnieje rodzaj "granicy szoku" powstającej w tym miejscu, w którym plazma słoneczna, jeszcze zawsze bardzo szybka, ale już rozrzedzona do wartości krytycznej, zderza się z pozostającą w spoczynku materią międzygwiazdową. Zupełnie jest oczywiste, że ta granica szoku ma kształt ogromnej, a przy tym w stosunku do swojej wielkości niezwykle rzadkiej kuli. Wszak turbulencje i wiry magnetyczne wywołane przez zderzenie się plazmy słonecznej powstają – przyjmując Słońce za punkt wyjściowy całego procesu – nie w jednym tylko miejscu, lecz we wszystkich kierunkach i mniej więcej na tych samych odległościach.

Kula ta liczy sobie, o ile pamiętamy dopiero co naszkicowany rachunek wartości granicznych i nasze z nim związane rozważania, około 12 do 15 miliardów kilometrów średnicy. Przy tym grubość jej "ścian" wynosi kilkaset, może najwyżej kilka tysięcy kilometrów. A odpowiada to chyba głębokości, na której rozgrywają się turbulencje tworzące strefę graniczną. Cały więc nasz Układ Słoneczny jest otoczony olbrzymią kulą – kulą, o której istnieniu jeszcze przed paru laty nic nie wiedzieliśmy i która rzeczywiście jest nie tylko niewidzialna, ale w zasadzie nawet "niematerialna", bezcielesna, gdyż o wiele donioślejsze od mechanicznych turbulencyjnych ruchów słonecznych cząstek w tym rejonie granicznym są wiry magnetyczne wytwarzane przy tym przez owe jeszcze zawsze elektrycznie naładowane cząstki. Pod ich bowiem ochroną żyjemy.

W Ziemię trafia stale tak zwane "promieniowanie kosmiczne", pochodzące z głębi Wszechświata. Zostało ono odkryte przypadkowo w początkach obecnego stulecia i po dzień dzisiejszy fizycy łamią sobie nad nim głowy. Jedno jest pewne, że owo kosmiczne promieniowanie jest najbardziej przenikliwym, najbogatszym w energię promieniowaniem, jakie kiedykolwiek zmierzono i jakie w ogóle może istnieć. Cząstki, z których się składa, są przyspieszone praktycznie biorąc prawie do szybkości światła. A jak wiadomo, jest to prędkość najwyższa spośród w ogóle teoretycznie możliwych. Odpowiednio wysoka jest też zdolność przenikania promieni kosmicznych. Nie mogą osłonić przed nimi ani ściany ołowiane, nawet kilkumetrowej grubości, ani setki metrów pokładów skalnych, czego dowodem, że rejestruje się je jeszcze w głębokich kopalniach. Na szczęście to tak skrajnie bogate w energię promieniowanie jest nadzwyczaj rozrzedzone. Składające się na nie cząstki są równie prędkie co nieliczne. W przeciwnym przypadku byłoby tu na powierzchni Ziemi na pewno bardzo nieprzyjemnie.

Wszystko to było już wiadome od kilku dziesiątków lat. Dopiero badania nad

wiatrem słonecznym i wszystkimi jego konsekwencjami wyjaśniły nam, że promieniowanie kosmiczne w rzeczywistości wcale nie płynie tak skąpo i nie jest tak niewinne, jak nam się dotąd wydawało na podstawie pomiarów dokonywanych na Ziemi. Tam na zewnątrz, w wolnym Wszechświecie, poza granicami naszego Układu planetarnego, promieniowanie to prawdopodobnie szaleje z siłą jeszcze nam nie znaną i nie dającą się dotychczas zmierzyć. To co dociera do nas, jest prawdopodobnie słabą resztką, nieszkodliwą próbką złożoną z tych nielicznych cząstek, którym się udało prześliznąć przez pozornie tak cienką i kruchą barierę, rozpiętą w postaci niewidzialnej kuli wokół całego naszego Układu przez wiatr słoneczny. Jakkolwiek bowiem cienka, kula ta jest jedyną przegrodą istniejącą pomiędzy nami a promieniowaniem kosmicznym, bombardującym Układ Słoneczny ze wszystkich stron Wszechświata z szybkością światła.

Pozorna sprzeczność pomiędzy lekkością osłaniającej nas kuli a jej skutecznością jako ochrony przed najbardziej przenikliwym promieniowaniem, jakie w ogóle w przyrodzie istnieje, natychmiast przestanie nas dziwić, gdy sobie uzmysłowimy zasadę działania mechanizmu osłaniającego. Nie jest tak, że kulista granica szoku po prostu zatrzymuje promieniowanie nadbiegające z szybkością światła. To, czego nie są w stanie dokonać kilkumetrowej grubości ściany ołowiane, tego nie zdoła także, gruba wprawdzie na kilkaset kilometrów, ale w istocie swojej podobna do próżni, cienka warstwa graniczna. Natomiast niewidoczne, bezsilowe wiry magnetyczne, wytwarzane przez turbulencję elektrycznie naładowanych cząstek wiatru słonecznego, działają widocznie na promieniowanie kosmiczne jak zwierciadło. Cząstki promieniowania kosmicznego nie są po prostu przechwytywane czy też tylko hamowane. Jak na to tkwiąca w nich energia jest o wiele za potężna. Ale w strefie granicznej linie sił magnetycznych sprowadzają je z drogi i przez jakby elastyczny opór rozpraszają i kierują na inne tory. Gigantyczna kula po tamtej stronie Plutona działa na napierające z głębi Wszechświata moce nie jak ścisły mur, lecz raczej jak lustro, które moce te odchyła i każe im odpłynąć znowu w wolny Wszechświat.

Ten roztaczający się przed nami całkowicie nowy obraz Układu Słonecznego można opisać również inaczej, mówiąc, że Słońce "dmie" na zewnątrz z taką siłą, iż wytwarza przez to kulistą przestrzeń, do której promieniowanie kosmiczne nie może wniknąć i która tak jest wielka, że zmieścić się w niej może cały Układ Słoneczny. Jest to obraz niezwykle i fascynujący, konieczne więc wydaje się wskazać na fakt, iż jest to obecnie już o wiele więcej niż tylko interesująca teoria naukowa. To że wiatr słoneczny w podanej przez nas odległości zderza się z międzygwiazdowym pyłem, że przy tym powstaje opisana strefa graniczna, wypełniona mechanicznymi turbulencjami i wywodzącymi się z nich wirami magnetycznymi – jest nieuniknioną konsekwencją tych właściwości plazmy słonecznej, które zostały określone przez liczne sondy kosmiczne dla przebadanych już przez nas wewnętrznych zakresów Układu Słonecznego.

Także fakt, że przeszkodą w przenikaniu kosmicznego promieniowania do samego Układu Słonecznego są pola magnetyczne strefy granicznej – nie jest już jedynie teorią ani tylko interesującą spekulacją myślową. Istnieje pewne od dawna już znane, ale dopiero w świetle omawianych tu odkryć rozumiane zjawisko, które bezpośrednio daje świadectwo ochronnemu działaniu kulistej strefy granicznej; jest nim tak zwany efekt Forbusha.

Efekt ten, oznaczony nazwiskiem swego odkrywcy, polega na wyraźnym, stosunkowo nagle występującym spadku ilości rejestrowanego na Ziemi promieniowania kosmicznego; spadek ten utrzymuje się zwykle kilka dni, zanim intensywność promieniowania osiągnie znowu poprzedni i przeciętny poziom. Od dawna wiadomo było ponadto, że owe nieregularnie pojawiające się osłabienia promieniowania kosmicznego zbiegały się w czasie z dużymi erupcjami na powierzchni Słońca, ściślej mówiąc: spadek promieniowania następował z reguły w kilka dni później. Związek pomiędzy oboma zjawiskami był więc dowiedziony, do niedawna jednak nikt nie miał pojęcia o tym, jaki to jest związek. Dzisiaj mamy odpowiedź także na to pytanie. Efekt Forbusha włącza się w sposób niewymuszony, nieomal oczywisty, w naszkicowany przez nas obraz dynamicznych warunków panujących wewnątrz Układu Słonecznego i ich stosunku do graniczącego z nim wolnego Wszechświata. Gdy będziemy patrzeć na całość tego obrazu, fakt, że występujące niekiedy na powierzchni Słońca lokalne wybuchy muszą pociągać za sobą przejściowe osłabienie promieniowania kosmicznego – stanie się zrozumiałe sam przez się. Cząstki pochodzące z korony, zasilane liczebnie przez erupcję i wyrzucane w przestrzeń ze zwiększoną szybkością, naturalnie wzmacniają także przejściowo siłę wiatru słonecznego, a tym samym także i osłaniające działanie strefy granicznej. Innymi słowy, efekt Forbusha pozwala na bezpośrednie odczytanie ochronnego działania owej strefy.

Obecnie zrozumiemy, dlaczego mówiliśmy przedtem, że Słońce zasługuje na nazwę "życiodajnej" gwiazdy nie tylko dlatego, że zaopatruje statek kosmiczny Ziemię w światło i energię; zrozumiemy, dlaczego ta energia, którą Słońce tak rozrzutnie szafuje na wszystkie strony, jest dla naszej egzystencji nie mniej ważna (choć wcale do Ziemi nie dochodzi) niż ów drobny jej ułamek, który do nas dociera.

Gdyby Słońce nagle zgasło – nie zamarzlibyśmy na śmierć, lecz zginęlibyśmy od promieni. Zanim bowiem zużyłyby się doszczętnie zmagazynowane w skorupie ziemskiej i w atmosferze potężne rezerwy ciepła, zabiłoby nas promieniowanie kosmiczne, które spadałoby bez przeszkód na powierzchnię ziemską po załamaniu się olbrzymiej chroniącej nas osłony, otulającej cały Układ Słoneczny i strzegącej nas przed takim losem.

Odkrycie to nie jest wcale końcem całej tej historii, przeciwnie: od niego właściwie dopiero wszystko się rozpoczyna. Całkowicie nowa perspektywa, która

w świetle tych niedawnych doświadczeń ukazuje obecnie rolę Ziemi w Układzie Słonecznym i zależność tego Układu od otaczającego go Wszechświata – pociąga za sobą łańcuch wniosków i nasuwa mnóstwo zaskakujących pytań. Naturalnie że nie na wszystkie pytania znaleźliśmy już odpowiedzi. Odkrycia, o których tutaj mowa, są na to jeszcze o wiele za świeże. Niemniej już dzisiaj zarysowuje nam się wyrazisty i dziwnie w sobie zamknięty obraz, zmuszający nas do gruntownej rewizji dotychczasowych naszych poglądów na pozycję Ziemi we Wszechświecie i naszego stosunku do panujących w nim układów sił.

Czy jeszcze parę lat temu ktokolwiek liczyłby się z taką sytuacją, w jakiej żyjemy pod ochroną potężnego magnetycznego "pęcherza" niewidzialnie rozpiętego aż tam daleko, poza orbitą Plutona? Jeżeli uchwycimy tę nić i będziemy ją dalej konsekwentnie snuli, przeżyjemy jeszcze wiele tego rodzaju niespodzianek. Treścią ich jest to, że Ziemia, a więc i my sami, wcale nie istniejemy bez związku, w jakimś w gruncie rzeczy obojętnym dla nas Wszechświecie, lecz że my i nasze losy wciągnięci jesteśmy w jakąś niewiarygodnie skomplikowaną i rozgałęzioną sieć kosmicznych wpływów i powiązań połączonych z naszą egzystencją. Następną niespodzianką będzie oczekujący nas w kolejnych rozdziałach wniosek, że Ziemia nie nadawałaby się do zamieszkania przez znane nam formy życia i że my sami musielibyśmy zginąć, gdyby nie było Księżyca.

Podjdźmy jednak do sprawy systematycznie, nie tylko dlatego że jest to niezbędne do należytego jej zrozumienia, ale po prostu dlatego że szczegóły są tak zajmujące, iż szkoda byłoby którykolwiek pominąć.

Przed kilku laty przeprowadzono na Saharze doświadczenie – zresztą od tego czasu kilkakrotnie powtórzone w innych miejscach Ziemi – które wobec o wiele bardziej sensacyjnych próbnym lotów satelitów przeszło prawie nie zauważone przez ogół i którego celowości laik zrazu nie bardzo zrozumie. Wysłano wówczas raketę badawczą do najwyższych warstw atmosfery ziemskiej; rakietą na bądź co bądź niemałej wysokości nieco ponad 200 kilometrów wypuściła niewielki obłok baru, przez naukowców uważnie obserwowany przy użyciu teleskopów i kilkakrotnie fotografowany, zarówno w kolorach, jak czarno-foiało. Przy dokładnym oglądaniu zdjęć wykonanych w trakcie tego doświadczenia w tej samej kolejności, w której powstawały, można było stwierdzić, że wypuszczony przez raketę obłok zachowywał się bardzo dziwnie. Obserwować można go było zresztą znakomicie, gdyż na tej wysokości, w tak zwanej jono-sferze, promieniowanie słoneczne pobudziło obłok do silnego świecenia fluorescencyjnego. Obłok najpierw począł się rozszerzać równomiernie na wszystkie strony, przy czyni powoli wzrastał nie tracąc swego pierwotnego kształtu kulistego. Do tej chwili zachowanie jego zgadzało się całkowicie z tym, czego się spodziewano. Jednakże w kilka minut potem wyglądało, jakby obłok składał się z dwóch różnych substancji zachowujących się całkowicie odmiennie. Jedna część baru nadal rozprzestrzeniała się równomiernie i kuliście.

Jednocześnie z obłoku zaczął się wysuwać drugi, nieco odmiennie zabarwiony i walcowaty, który rozciągał się tylko w obu kierunkach odpowiadających podłużnej osi cylindrycznego tworów, przy czym dodać należy, że owa podłużna oś ukierunkowana była dokładnie na północ – południe. Jak można wytłumaczyć ten pozornie tak dziwny wynik doświadczenia?

Otóż wyjaśnienie jest w gruncie rzeczy bardzo proste. Na tej wysokości atmosfery, w której zawartość atomów w centymetrze sześciennym wynosi już tylko plus minus 5 miliardów (na wysokości poziomu morza liczba ta wynosi 2,5 razy 10^{18} , jest to cyfra z dziewiętnastoma zerami: 25 kwadrylionów), promieniowanie słoneczne, niemal że niczym nie hamowane, doprowadza bar nie tylko do świecenia, ale ponadto częściowo do "zjonizowania". Atomy baru, które temu podlegają, tracą jeden ze swych elektronów. Tym samym w obłoku z punktu widzenia fizyki rzeczywiście powstają dwie substancje o różnych właściwościach. Nie zjonizowana część obłoku nadal się rozprzestrzenia kuliście, posłuszna wpływom wyłącznie mechanicznym. Część zjonizowana natomiast nie tylko świeci nieco odmienną barwą, ale ponieważ składa się obecnie z cząstek, których ładunek "wewnętrzny" już nie jest całkowicie wyrównany – staje się podatna na wpływ sił magnetycznych. Przez swoją orientację w kierunku dokładnie na północ – południe i rozszerzanie się wyłącznie w tych dwóch kierunkach (przez co nabiera kształtu walca, a nie kuli) ujawnia pewną siłę przyrody, której normalnie obserwować się nie da, ale która niemniej realnie istnieje, a mianowicie przebieg linii ziemskiego pola magnetycznego. Celem doświadczenia przeprowadzonego na Saharze było właśnie dokładne zaobserwowanie tego i dokonanie odpowiednich pomiarów na różnych wysokościach – przy użyciu sztuczki z barem.

Zainteresowanie naukowców tym polem magnetycznym ma wiele przyczyn. Jedną z nich związana jest bezpośrednio ze stanem faktycznym, który rozpatrywaliśmy w poprzednim ustępie. Przyczyna owa wynika z nasuwającego się pytania, co nas właściwie chroni przed wiatrem słonecznym.

Jak widzieliśmy, jest to zaiste rzecz fascynująca móc wyobrazić sobie, jak Słońce chroni całą zależną od siebie rodzinę planet, otulając ją swoją atmosferą i tym samym osłaniając swoje satelity przed wrogim życiu promieniowaniem kosmicznym. Ale dzieje się to jedynie przez emisję elektrycznie naładowanych cząstek, pędzących z szybkością kilkuset kilometrów na sekundę aż do najdalszych peryferii naszego Układu. Dlaczego nie jest to więc tylko wpadnięciem z deszczu pod rynną? Jak to jest możliwe, że zagrożeniem nie staje się dla nas sam wiatr słoneczny? Naturalnie jego protony i elektrony ze swą szybkością wynoszącą na odległości orbity ziemskiej około 300 kilometrów na sekundę nie działają nawet w przybliżeniu tak niszcząco jak kosmiczne promieniowanie ze swoją energią kinetyczną odpowiadającą prawie prędkości światła. Jednakże nieustanne bombardowanie cząstkami o prędkości równej tysiąckrotnej prędkości dźwięku z astronomicznie śmiesznie małej odległości 150

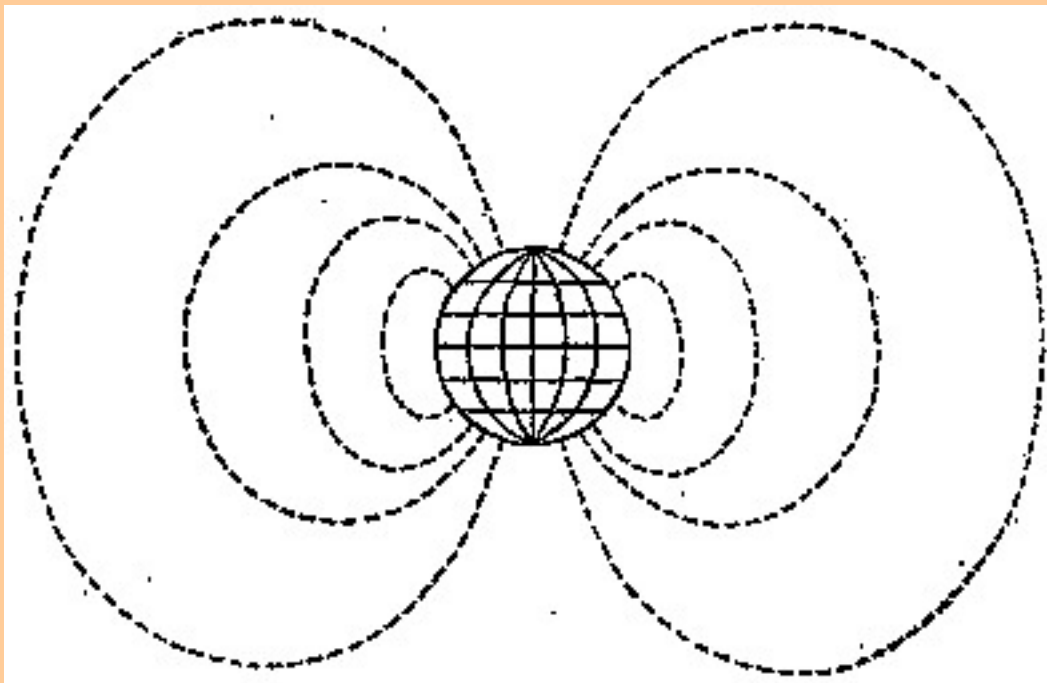
milionów kilometrów na dłuższą metę na pewno by nam nie służyło; w dalszym ciągu wywodów podamy na to jeszcze kilka konkretnych przykładów.

A więc: wiatr słoneczny chroni nas przed promieniowaniem kosmicznym. A co chroni nas przed wiatrem słonecznym? Zaskakująca odpowiedź brzmi: owa słaba siła, która zaledwie wystarcza na skierowanie igły magnetycznej ku pomocy, a jest nią pole magnetyczne!

KLATKA DLA WIATRU SŁONECZNEGO

DZIKO DRGAJĄCA MAGNETOSFERA • W WIRACH SŁONECZNEJ
PLAZMY • BEZDŹWIĘCZNIE SZALEJĄCE SIŁY • CELOWY
PORZĄDEK

Niewidzialne linie sił ziemskiego pola magnetycznego otaczają nasz glob niczym gęsta sieć; zmierzyć można je tylko w miejscu ich występowania przy użyciu igły magnetycznej bądź innego odpowiedniego przyrządu, a udowodnić ich obecność w poszczególnych punktach można za pomocą wyrafinowanych sztuczek, takich jak doświadczenie na Saharze. Gdybyśmy mogli widzieć pola magnetyczne, Ziemia zdawałaby nam się zamknięta w potężnej klatce, utworzonej z linii sił i składającej się w zasadzie z dwóch półkul równej wielkości. Tego specjalnego kształtu można się teoretycznie spodziewać, ponieważ Ziemia zachowuje się jak magnes sztabkowy, którego bieguny mniej więcej, chociaż niezupełnie dokładnie odpowiadają geograficznym biegunom na północnym i południowym końcu ziemskiej osi obrotu. Także i w odniesieniu do Ziemi linie magnetycznego pola wychodzą z tych dwóch biegunów. Ciągną się one pionowo w górę, następnie odchylają do poziomu i na dużej wysokości przechodzą do bieguna przeciwnego, do którego wchodzi znowu prawie pionowo.



Przebieg linii sił ziemskiego pola magnetycznego.

Szukając odpowiedzi na zrazu dosyć akademicko brzmiące pytanie, jak daleko linie ziemskiego pola magnetycznego sięgają w przestrzeń, pytanie, którego postawienie także umożliwiły dopiero w ostatnich latach sondy kosmiczne, dokonano niebawem bardzo ciekawego odkrycia. Jak już opisywaliśmy, owe doświadczone loty kosmiczne odkryły w ogóle istnienie wiatru słonecznego i

szczegółowo go przebadaly. Okazało się przy tym, że wiatr słoneczny i ziemskie pole magnetyczne jakby się wzajem wykluczały. Dla fizyków przeprowadzających te doświadczenia nie było to niespodzianką, skoro wiatr słoneczny w zasadzie składa się z elektrycznie naładowanych cząstek, których przebieg wskutek działania pola magnetycznego może ulec odchyleniu. Szczegółowe przebadanie warunków panujących w otoczeniu Ziemi w trakcie bardzo licznych dalszych lotów satelitów wykazało, że w całej przestrzeni wypełnionej liniami sił magnetycznych Ziemi praktycznie biorąc nie ma ani jednej cząstki pochodzącej od wiatru słonecznego (abstrahując od jednego ściśle określonego wyjątku, który jeszcze wyjaśnimy). Doświadczenie to potwierdzało się przy wszystkich sprawdzających badaniach z taką regularnością, że wykorzystano je do definicji nowego rozgraniczenia różnych rejonów w bliskiej Ziemi przestrzeni Wszechświata, a mianowicie do definicji "magnetosfery".

Nazwę tę nadano przestrzeni rozciągającej się ponad atmosferą ziemską, a opanowanej przez wpływy ziemskiego pola magnetycznego w takim stopniu, że wiatr słoneczny do niej dotrzeć nie może. Formułując to w sposób bardziej naukowy: "magnetosfera" jest to przestrzeń otaczająca Ziemię, wolna od plazmy. Ponieważ jak już wspominaliśmy, Ziemia w zasadzie zachowuje się jak magnes sztabkowy, z początku przypuszczano, że również magnetosfera, tak jak atmosfera, okaże się rzeczywiście "sferą" w prawdziwym tego słowa znaczeniu, to znaczy, że ona także wypełnia przestrzeń o praktycznie kulistym kształcie. Gdy jednak przystąpiono do dokładniejszego ustalania wymiarów tej przestrzeni – wciąż na podstawie dalszych doświadczalnych lotów satelitów – zaczął się stopniowo wyłaniać zupełnie inny, o wiele bardziej dramatyczny obraz.

Przede wszystkim wyniki wykazywały wciąż zmienne wartości oddalenia, do którego magnetosfera sięga w Kosmos w kierunku Słońca. Przekazy sond kosmicznych wahały się tutaj w granicach prawie 100 procent, przy czym z początku nie można było stwierdzić z całą pewnością, czy w grę wchodzi tu prawdziwe wartości pomiarowe, czy też może skutki błędów w obserwacji. W toku jednak dalszych badań za realnością wymierzanych wartości przemawiała niezmiennosc dolnej i górnej granicy danych przekazywanych przez sondy. O ile wartości pomiarów w poszczególnych przypadkach były nie do przewidzenia i za każdym razem różne, o tyle najmniejsza odległość tej części magnetosfery znajdowała się zawsze na 45 000 do 50 000 kilometrów nad powierzchnią Ziemi, podczas gdy najdalsza nigdy nie przekraczała maksymalnej wartości około 80 000 kilometrów. Skoro tylko ktoś wpadł na pomysł odniesienia danych pomiarowych, pozornie wahaających się dowolnie tu i tam, do procesów przebiegających jednocześnie na powierzchni Słońca – od razu stało się jasne, jak owe wyniki należy interpretować.

Natychmiast ujawniła się ścisła równoległość pomiędzy przebiegiem zjawisk w obu zakresach. Wahań przekazywanych przez sondy kosmiczne wartości, które dopiero co wydawały się tak dowolne, okazały się w rzeczywistości

podległe prawidłom procesów przebiegających na powierzchni Słońca. Zawsze w okresach gdy Słońce było stosunkowo "spokojne", sonda przekazywała wartości najwyższe; w tym czasie więc granica pomiędzy magnetosferą a słoneczną plazmą wiatru słonecznego oddalała się od powierzchni Ziemi do 70000 czy 80 000 kilometrów. I odwrotnie, wartości pomiarowe zmniejszały się z tą samą regularnością zawsze krótko po wystąpieniu jakichś szczególnych zdarzeń na powierzchni Słońca, na przykład po wybuchu silnych protuberancji czy też rozbłysków.

Wyjaśnienie tego powiązania leżało jak na dłoni: niewidzialna klatka magnetyczna, otaczająca Ziemię i odpierająca od nas słoneczną plazmę liniami swych sił magnetycznych, drży i trzęsie się pod huraganowym ogniem mknących od Słońca cząstek niczym bańka mydlana od powiewu powietrza. I zawsze wówczas gdy rozbłyski (por. ii. 15) na Słońcu przejściowo wzmagają prąd cząstek wiatru słonecznego do stopnia "sztormu", burza owa deformuje kulisty kształt magnetosfery, wypychając jej najdalszą granicę o 20000 do 30000 kilometrów w kierunku Ziemi. Zwrócona ku Słońcu strona magnetosfery drga, innymi słowy, pod zmiennym naciskiem wiatru słonecznego tam i z powrotem w tej gigantycznej sikali równej dwu- i trzykrotnej średnicy Ziemi.

Należy sobie w tym momencie raz jeszcze uzmysłowić, że procesy te są absolutnie niewidoczne i materialnie nie dają się uchwycić z wyjątkiem zachowania się cząstek elementarnych towarzyszących wiatrowi słonecznemu. Nawet gdybyśmy się znaleźli w pojeździe kosmicznym w danym rejonie Wszechświata i tam wyjrzeli przez okno, nie widzielibyśmy nic innego jak tylko "pustą" przestrzeń kosmiczną. Sytuacja ta stanowi niewątpliwie szczególnie wyrazisty przykład z reguły nie uświadamianego faktu, że nasze narządy zmysłów są w stanie spostrzegać stosunkowo bardzo mały wycinek rzeczywistości, właśnie ten wycinek, który ma znaczenie biologiczne dla naszego zachowania w specjalnych warunkach ziemskich. Bardzo łatwo zapomina się, w jakim stopniu rzeczywistość świata w całej swojej realności przekracza to, co znamy jako nasz świat pogładowy. Tak samo cała magnetosfera i jej nieustanna dynamiczna reakcja na huraganowy ogień wiatru słonecznego nie jest dla nas widoczna i nie możemy w ogóle inaczej stwierdzić jej istnienia jak tylko przez sztuczne narządy zmysłów naszych nowoczesnych sond kosmicznych. Pomimo to wszystkie te procesy są nie tylko realnymi składnikami naszego świata, lecz mają w tym szczególnym przypadku ogromne znaczenie i dla nas samych. Magnetosfera bowiem spełnia w stosunku do nas i w odniesieniu do wiatru słonecznego taką samą funkcję ochrony, jaką wiatr ten spełnia w odniesieniu do nadbiegającego ze Wszechświata promieniowania kosmicznego.

Żyjemy więc pod osłoną dwóch niewidzialnych kuł, wsuniętych jedna w drugą, o których istnieniu jeszcze parę lat temu nikt nie miał w ogóle pojęcia. Pierwsza jest podtrzymywana przez wiatr słoneczny i stanowi ją rozciągająca się poza

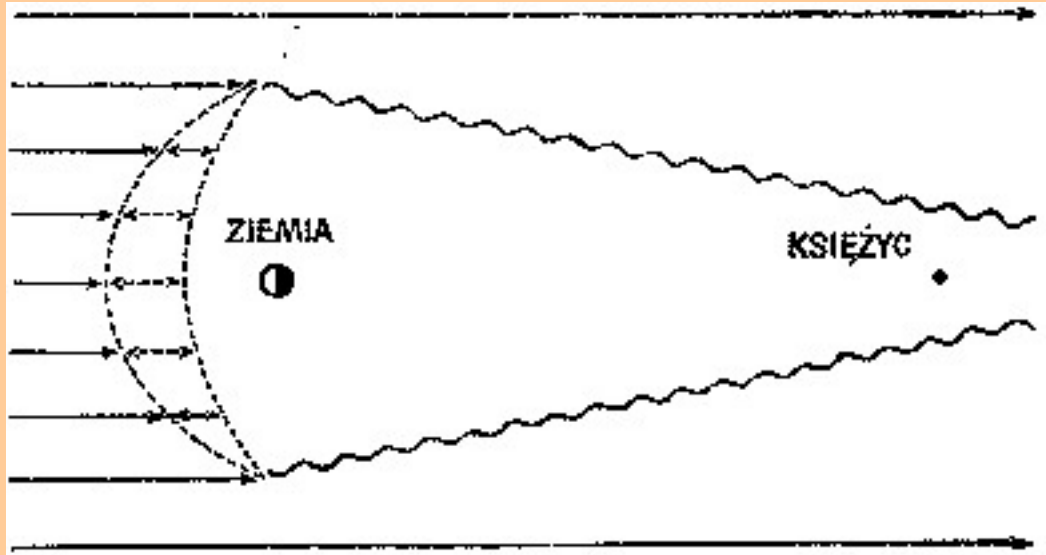
orbitę Plutona granica szoku, powstała ze zderzenia się słonecznej plazmy z materią międzygwiazdową. Osłania ona cały Układ Słoneczny. Druga kula jest o wiele mniejsza, ale znaczenie jej – w każdym razie dla nas ludzi – jest nie mniej istotne i życiowo ważne. Tworzy ją opisana przez nas magnetosfera, która otaczając "tylko" Ziemię chroni ją przez to przed słoneczną plazmą.

Musimy raz jeszcze powrócić do kształtu owej drugiej "kuli" i do nadzwyczaj żywych i obfitujących w energię procesów przebiegających na jej powierzchni. Wahania jej zwróconej ku Słońcu połowy, wynoszące 20 000 do 30 000 kilometrów, stanowią bowiem tylko małą część tego przedziwnego obrazu, który począł się wyłaniać w trakcie badań przestrzeni kosmicznej, prowadzonych w ostatnich latach.

Fakt, że wahania tej "strony frontowej" ziemskiej powłoki magnetycznej uznać należy rzeczywiście za bezpośredni skutek wytworzonego przez wiatr słoneczny ciśnienia, został pośrednio potwierdzony także przez to, że fluktuacje tej granicy stawały się tym słabsze, im bardziej bocznie – zawsze patrząc od strony Słońca – sondy kosmiczne mierzyły jej odległość. Wartości mierzone poprzecznie do wiatru słonecznego, a więc jak gdyby na bokach magnetosfery, były nieomal niezmienne. Niezależnie od stanu powierzchni Słońca w danym momencie wszystkie sondy meldowały stale tę samą odległość około 90 000 kilometrów. Jasne jest, że tu gdzie wiatr słoneczny może natrafiać na strefę graniczną tylko pod całkowicie płaskim kątem, poniekąd "muskając" ją, kulisty kształt magnetosfery nie zostaje zakłócony; znaczy to, że tutaj jest ona najbardziej zbliżona do tej formy, którą miałaby cała, gdyby nie było wiatru słonecznego. Że owa prawie niezmienna odległość magnetycznej powłoki w tym miejscu jeszcze zawsze przekracza o mniej więcej 10 000 kilometrów największą kiedykolwiek wymierzoną odległość w kierunku Słońca, jest zarazem wyraźnym wskazaniem na to, że wiatr słoneczny właśnie "wieje" stale, że nawet i wtedy, gdy powierzchnia Słońca jest stosunkowo spokojna, uderza w magnetosferę z siłą wystarczającą na to, aby ją zawsze jeszcze wcisnąć właśnie o te 10 000 kilometrów.

Można by zrazu sądzić, że ta sama niezmiennosc i spokój, jakie odnoszą się aż do bocznych stron magnetosfery, powinny rozciągać się aż do jej strony odwrotnej. Strona ta położona jest jak gdyby za Ziemią, jest zatem niewidoczna od strony Słońca. W rzeczywistości sprawa ma się wręcz przeciwnie. Odkształcenie magnetosfery właśnie po jej stronie odwrotnej jest na pewnej odległości największe, panują tutaj warunki najsilniejszych turbulencji i najmniej przejrzyste. Jak jeszcze w dalszym ciągu zobaczymy, fakt ów jest bezpośrednim skutkiem tego, że w przypadku wiatru słonecznego naprawdę mamy do czynienia z "wiatrem" charakteryzującym się jeszcze wielu innymi oddziaływaniami, które znamy w powiązaniu z wiatrami ziemskimi. Po przeprowadzeniu wielokrotnych lotów i pomiarów, po dokonaniu mozolnych obliczeń, nadzwyczaj utrudnionych przez panujące właśnie w tym rejonie tak

zupełnie nieoczekiwane i skomplikowane warunki – obecnie z całą pewnością wiadomo, że wiatr słoneczny niesie z sobą magnetosferę po jej od Słońca odwróconej stronie przeciwnej przez setki tysięcy, a prawdopodobnie nawet przez więcej jak milion kilometrów w dal, w Wszechświat, że ją jak gdyby wystrzępia. Magnetosfera trzepoce więc pod wpływem wirów plazmy słonecznej dosłownie niczym płomień świecy w prądzie powietrza.



Sytuacja Ziemi w obrębie wiatru słonecznego, w tej samej skali Słońce tyłoby rozżarzoną kulą o średnicy 45 centymetrów, oddaloną o 50 metrów od lewego brzegu ilustracji. Stamtąd protony i elektrony wiatru słonecznego docierają do Ziemi z prędkością 300 km/sek. Są one tu przechwytywane przez magnetosferę, której strona zwrócona ku Słońcu waha się w przód i w tył o 20 000 do 30 000 km pod ciśnieniem zderzenia (łuki narysowane liniami przerywanymi). Ciśnienie wiatru słonecznego ciągnie magnetosferę w tył – niczym migoczącą świecę – wyciągając ją w długi warkocz sięgający aż poza tor Księżyca.

To że owo trzepotanie należy rozumieć całkowicie dosłownie, potwierdziły po raz pierwszy pomiary przekazane na Ziemię przez międzyplanetarną sondę Mariner IV w końcu 1964 roku, w czasie pierwszej części jej historycznego lotu w kierunku Marsa. Mariner IV na swoim prostoliniowym torze lotu przekroczył wówczas przeciwną, tj. odwróconą od Słońca stronę magnetosfery nie mniej niż sześć razy kolejno po sobie w ciągu niecałej godziny, ponieważ w tym krótkim odcinku czasu został pomimo swej prędkości 40 000 kilometrów na godzinę tyle razy dogoniony i przegoniony przez trzepoczący na wietrze słonecznym tren magnetosfery. Gdy sobie całe to zdarzenie przedstawimy obrazowo, nabierzemy pojęcia o potędze i rozmiarze sił, szalejących niewidocznie i bezgłośnie nad naszymi głowami.

Gdybyśmy mogli widzieć pola magnetyczne – obraz szybującej w przestworzach

Ziemi nie byłby podobny do uproszczonego schematu globu otoczonego klatką, którym posłużyliśmy się prowizorycznie i który podaliśmy na s. 149. Ów schemat Ziemi w słonecznym wietrze ukazuje rzeczywiste warunki w takim stopniu, w jakim jesteśmy obecnie w stanie je ogarnąć. Ziemia ciągnie więc za sobą ogon niczym kometa. Jest ona ciałem niebieskim posiadającym warkocz złożony z linii magnetycznych, a porównanie z kometa jest o tyle dopuszczalne, że w obu przypadkach w grę wchodzi ta sama siła, która przyczynia się do powstania warkocza i która wyznacza jego kierunek w Kosmosie, a mianowicie ciśnienie wiatru słonecznego.

Ten magnetyczny warkocz Ziemi interesuje nas szczególnie w powiązaniu z naszym tematem, wyjaśnia bowiem opisane poprzednio allenowskie pasy promieniowania. Kto bowiem dotąd uważnie śledził cały tok spraw, ten zapewne zwrócił uwagę na niejaką sprzeczność, którą musimy sobie teraz wyjaśnić, zanim będziemy mogli zamknąć rozdział "magnetosfera i wiatr słoneczny". Sprzeczność polega na tym, że zdefiniowaliśmy magnetosferę jako przestrzeń wokół Ziemi wolną od plazmy, mówiąc jednocześnie, że utworzona przez tę sferę pułapka magnetyczna chroni nas i nasze ziemskie otoczenie przed wiatrem słonecznym. Tymczasem głęboko wewnątrz magnetosfery, a więc znacznie niżej nad naszymi głowami, aniżeli wynikałoby to z jej granic, istnieją oba pasy Allena, składające się z protonów i elektronów pochodzących od plazmy słonecznej. W jaki sposób owe cząstki docierają do magnetosfery, w którym miejscu prześlizgują się poprzez magnetyczną obronę?

Sprawa dotychczas nie jest całkowicie wyjaśniona. Ale istnieje duże prawdopodobieństwo, że wtargnięcie następuje właśnie po stronie odwrotnej, w zasięgu "ogona" magnetosfery. Zawieranie jej granicy jest tutaj tak znaczne, że miejscami najwyraźniej nie może być już mowy o zwartym uszczelnieniu. Dosłownie więc od tyłu chyłkiem wkrada się raz po raz poprzez barierę ochronną kilka cząstek słonecznej plazmy.

Jednakże one również nie dochodzą do powierzchni Ziemi. Są jak gdyby zatrzymywane przez drugą linię oporu, mianowicie przez zacieśniające się w pobliżu Ziemi, a więc przybierające na sile, linie pola magnetycznego, które intruzów, w zależności od ich właściwości fizycznych i elektrycznych, przechwytyje w dwóch strefach na wysokości 20000 i 6000 kilometrów nad Ziemią, i trzyma w zamknięciu w swego rodzaju – jak nazywają to fizycy – "magnetycznej klatce". Rolę tę pełnią opisane uprzednio pasy promieniowania van Allena, które przy bliższym rozpatrzeniu działających tu powiązań objawiają się nam jako pojemniki do łapania tych cząstek wiatru słonecznego, którym udało się w drodze wyjątku i przy zbiegu opisanych wyżej okoliczności prześliznąć przez osłonę magnetyczną.

Zachowanie się owych cząstek w ich magnetycznym więzieniu świadczy o tym, jak bardzo wciąż jeszcze i tutaj obfitują w energię i jak są niebezpieczne. Ich

energia kinetyczna jest prawie nienaruszona i o wiele za wielka, aby w pasach promieniowania mogła po prostu ulec zahamowaniu. Przeciwnie, pędzą one tam dalej z nieomal niezmienną szybkością, ale teraz już po torach spiralnych, wciąż tam i z powrotem pomiędzy biegunem północnym a południowym Ziemi. Na jednorazowe przebycie całej tej trasy w obu kierunkach zużywają niewiele więcej ponad jedną sekundę. W ten sposób poszczególne cząstka może pozostawać przy życiu w obrębie jednego z obu pasów promieniowania przez całe tygodnie i miesiące, a w dolnym pasie wyróżniającym się szczególną stabilnością – nawet i kilka lat, dopóki wreszcie kiedyś przez jedną z dziur na biegunach nie odpłynie do atmosfery. A zdarzeniu takiemu, przygotowywanemu bądź przez przejściowe zmniejszenie ziemskiego pola magnetycznego, bądź przez szczególnie silną erupcję słoneczną, towarzyszą wtedy zakłócenia komunikacji radiowej na Ziemi oraz nasilenie zjawiska zórz polarnych.

Zatem Olaf Birkeland w swoich przypuszczeniach sprzed dzisiaj już ponad siedemdziesięciu lat ujął prawdziwy stan rzeczy z godną podziwu dokładnością. Tymczasem naprawdę sprawa jest jeszcze o wiele bardziej skomplikowana, aniżeli śniło się jemu i jego współczesnym.

Jakie więc odkryliśmy dotychczas powiązania? Wyszliśmy z założenia, że Ziemia w czasie swego lotu przez Wszechświat nie jest samowystarczalna, nie jest niezależna od zaopatrzenia z zewnątrz. Daje ona wprawdzie egzystującym na jej powierzchni formom życia do dyspozycji dostateczne ilości pożywienia i powietrza przez stałą regenerację posiadanych zapasów, ale sama jest zdana na konieczność nieprzerwanej dostawy energii dla podtrzymania owych obiegów. Dostarczycielem tej energii jest Słońce. Jak widzieliśmy jedynym źródłem energii mogącym tutaj wchodzić w grę są reakcje termojądrowe, a to zarówno ze względu na rozmiar zapotrzebowania, jak ogromnie długie okresy, w których energia ta musi napływać z wciąż niezmienną siłą.

Nieprawdopodobna wielkość rozmiarów Słońca okazała się przy tym z dwóch przyczyn zadziwiająco celowa. Jest ona – po pierwsze – koniecznym warunkiem osiągnięcia ekstremalnych ciśnień i temperatur, niezbędnych jako "zapłon inicjujący" do rozruchu atomowych procesów w centrum Słońca. Ponadto zaś olbrzymie cielsko naszej gwiazdy centralnej pełni najwyraźniej jeszcze także zadanie potężnego kosmicznych rozmiarów filtra, tłumiącego intensywność powstałej w jądrze Słońca energii do stopnia dla nas znośnego.

Następująca wzmianka wydaje się tu na miejscu: opis takiego stanu faktycznego zdaje się nasuwać czy też zakładać myśl, że Słońce posiada opisane właściwości "po to", abyśmy tu na Ziemi mogli byli powstać, co oczywiście zaraz wywołałoby dalsze pytanie, jaka to kierująca siła działała, że sprawy te są tak celowo urządzone, jak je widzimy. W rzeczywistości należy oczywiście spojrzeć na powiązania te z odwrotnej strony. Z całą pewnością tak nie jest, że Słońce – pod jakimkolwiek by to było wpływem – dostosowało się do warunków życia na

trzeciej ze swoich dziewięciu planet, życia, które w chwili jego powstania osnute było jeszcze mgłą dalekiej przyszłości. Niewątpliwie należy przyjąć jako punkt wyjściowy, że bezsporna celowość działających tu powiązań i adaptacji daje się wytłumaczyć tylko tym, że życie, takie jakie znamy tu na Ziemi, dostosowało się optymalnie do warunków założonych, panujących – i w bardzo zasadniczej części przez charakterystyczne właściwości Słońca spowodowanych. Chyba nie wymaga podkreślenia fakt, że rezultat tego rozwoju nie staje się przez to mniej podziwu godny. Jednakże kto powodu tego podziwu szuka czy też oczekuje po drugiej stronie, ten wpadnie w potrzask błędnej perspektywy swego własnego, przypadkowego widzenia.

Niemniej promieniowanie słoneczne – aby znów uchwycić przerwana nić naszego rozumowania – zawiera także składniki, które mogą być dla nas niebezpieczne; są nimi obfitujące w energię cząstki wiatru słonecznego. Tymczasem przy bliższym rozpatrzeniu okazało się niespodziewanie, że właśnie owe składniki stają się dalszym i podstawowym uzasadnieniem roli Słońca jako niezbędnego dla naszego życia ciała niebieskiego. Wiatr słoneczny bowiem pozwala powstać wokół całego układu planetarnego owej olbrzymiej kuli, która zapobiega wnikaniu śmiertelnie promieniowania kosmicznego do naszego Układu. Natomiast od samego – w stosunku do tego promieniowania znacznie mniej szkodliwego – wiatru słonecznego, chroni nas pole magnetyczne naszej Ziemi, otaczające nas ponad naszą atmosferą niczym druga kula.

Zamiast więc pustego, wrogiego życia Wszechświata, w którym Ziemia porusza się jakoby wyizolowana i zagubiona – poznaliśmy już całą sieć zależności i powiązań, sięgających tu i tam w tym bliskim Słońcu wycinku Kosmosu; od kunsztownej i wielokrotnie wzajem zazębionej równowagi tych powiązań zależy stabilność naszego swojskiego ziemskiego środowiska, która tak błędnie i niesłusznie wydawała nam się oczywista. Zamiast podtrzymywanego przez wieki całe złudzenia o braku wszelkich zależności, nowoczesne badania kosmiczne odkrywają stale tyle nie znanych dotąd związków pomiędzy różnymi ciałami niebieskimi w naszym sąsiedztwie, że w świetle subtelnej równowagi swoich wewnętrznych relacji Układ Słoneczny jako całość przypomina nam mobilnie zaprojektowany, unoszący się w wolnej przestrzeni kosmicznej.

Daleko nam jeszcze do końca naszej syntetycznej próby spojrzenia na wyniki najnowszych badań w tym zakresie. Księżyc nasz jest także wprzęgnięty w sieć zależności kosmicznych utrzymujących nas przy życiu. W jakiej formie się to odbywa, dowiemy się w trakcie odpowiedzi na- następne pytanie, którym się teraz zajmiemy; pytanie – skąd się bierze ziemskie pole magnetyczne.

PRZEŚWIETLENIE PLANETY

WGLĄD W CENTRUM ZIEMI • W 22 MINUTY POPRZEZ GLOB
ZIEMSKI • ZIEMIA JEST PRĄDNICĄ • WENUS BEZ POLA
MAGNETYCZNEGO • TWARDY ORZECH DLA TEORII PRĄDNICY
• CZY NIE MA WYJŚCIA Z DYLEMATU?

Gdy w całkowicie bezwietrzny dzień staniemy na brzegu stawu lub jeziora o idealnie gładkiej powierzchni, możemy zaobserwować pewne zjawisko, tak dobrze znane nam z codziennego doświadczenia, że z reguły nie zwracamy nań uwagi, chociaż większość z nas miałaby pewne trudności w wyjaśnieniu go. Mamy na myśli fakt, że w opisanej sytuacji możemy wprost przed siebie, w bezpośredniej bliskości, spoglądać aż na dno przez powierzchnię wody, że nawet na pewną odległość widzimy jeszcze, jak ryby pływają pozornie tuż pod powierzchnią, podczas gdy już nieco dalej zwierciadło wody staje się dla naszego wzroku nieprzeniknioną zaporą, w której jednak zaczynają się odzwierciedlać bardziej oddalone rzeczy, jak chmury na niebie czy też przeciwległy brzeg.

Wyjaśnienie polega naturalnie na tym, że fale – w tym przypadku fale świetlne, przechodzące z rzadszego ośrodka w gęstszy bądź też przeciwnie, tak jak tutaj z wody do powietrza – załamują się na powierzchni granicznej, a więc podlegają słabszemu bądź silniejszemu odchyleniu od pierwotnego kierunku. Kąt załamania zależy przy tym od długości fali załamanego promienia, także od właściwości graniczących ze sobą ośrodków, ale przede wszystkim od kąta, pod którym promień pada na załamującą powierzchnię graniczną. Im kąt ten staje się bardziej płaski, tym silniejsze staje się załamanie, aż do osiągnięcia punktu krytycznego, od którego promień już nie podlega załamaniu, lecz odbiciu. Podobnie jak pocisk, natrafiający pod zanadto płaskim kątem na twardą powierzchnię, tak samo promień w takim wypadku już nie przenika przez warstwę graniczną, natomiast odbija się od niej i leci z powrotem do tego samego ośrodka, z którego nadszedł.

Wszystko to są podstawowe wiadomości z dziedziny fizyki w zakresie szkolnym. Mówimy o nich dla wytłumaczenia sobie zasady, która pozwoliła geofizykom na zbadanie wewnętrznej budowy Ziemi. W miarę upływu czasu technika znalazła drogi dojścia do wszystkich przestrzeni z natury zamkniętych przed człowiekiem, a więc do rejonów polarnych, do ciemnych morskich głębin, a wreszcie ostatecznie do Wszechświata. Tymczasem pewien stosunkowo niedaleko usytuowany rejon pozostanie na zawsze niedostępny naszej bezpośredniej ingerencji, a mianowicie wewnątrz Ziemi. Abstrahując od względnie skromnych wierceń w skorupie ziemskiej, które może kiedyś w przyszłości dla celów badawczych będą

mogły dotrzeć aż do najdalszej strefy płaszcz ziemskiego – przepowiednia ta jest chyba nieomylna. Wzrastające ciśnienie i stale podwyższająca się temperatura przekreślają wszelką nadzieję przedarcia się do dalszych głębi.

Pomimo to geofizykom wiadomo, że skorupa ziemska ma średnio 33 kilometry grubości, że potem natrafia się na płaszcz ziemski o grubości około 3000 kilometrów, następnie na zewnętrzne jądro ziemskie, płynne i składające się z żelaza i niklu, grube na 2160 kilometrów; ostatnią warstwę wreszcie stanowi jądro wewnętrzne o średnicy 2400 kilometrów, złożone z tego samego materiału, ale w postaci stałej i ono jest właściwym punktem środkowym Ziemi. Naukowcy mogą obecnie wartości te podawać z precyzją nieomal do jednego procenta, gdyż znaleźli sposób wejrzenia w te absolutnie niedostępne głębie Ziemi, aczkolwiek nie przy użyciu światła. Korzystają oni przy tym z faktu, że powierzchnia graniczna daje się zauważyć wówczas, gdy bądź "załamuje", a więc przekierunkowuje, bądź odbija fale – bez względu na ich rodzaj. Jest to dokładnie to samo doświadczenie, które mogliśmy przeprowadzić na brzegu jeziora. Można przecież tę poprzednio naszkicowaną sytuację opisać także inaczej, mówiąc, że przy prawie prostym kierunku wzroku, a więc z bliska, "warstwa graniczna", to jest w tym przypadku powierzchnia wody, pozostaje niewidoczna. Widzimy dno i ryby, ale nie widzimy zwierciadła wody, a to z tej przyczyny, że w tym kierunku wzrok nasz bez trudu je przenika. Sprawa ma się odwrotnie, gdy patrzymy dalej, w kierunku na środek jeziora. Wtedy kąt patrzenia jest tak płaski, że poznajemy wzrastające załamanie po zniekształceniu ciał rybich, co pośrednio wskazuje na przegradzającą powierzchnię graniczną. Wreszcie kąt patrzenia tak się spłaszcza, że promienie słoneczne już nie przechodzą przez powierzchnię wody, co oznacza, że teraz ona sama występuje jako powierzchnia odbijająca.

W gruncie rzeczy dotyczy to każdego procesu widzenia; możemy ujrzeć jakiś przedmiot naprawdę tylko wtedy i w takim stopniu, w jakim zatrzymuje on promienie światła albo przynajmniej je zniekształca – jak na przykład w przypadku gorącego powietrza drgającego nad asfaltową drogą w lecie. Znamy takie powieści fantastyczne, gdzie występują ludzie, którzy potrafią stać się niewidzialni. Autorzy opisują z dużą dozą imaginacji dziwaczne, pełne napięcia czy też komizmu sytuacje stąd wynikające. Pomimo wszelkiej fantazji z reguły jednak nie dostrzegają pewnej nieuchronnej konsekwencji, która byłaby bardzo dotkliwa dla opisywanych: człowiek, który rzeczywiście wprowadziłby się w stan całkowitej niewidzialności, musiałby bezsprzecznie w tej sytuacji być zupełnie niewidomy.

Niewidzialność swoją mógłby bowiem nawet w jakiejś Utopii osiągnąć tylko w dwojaki sposób: albo wyimaginowana technika dostarczyłaby mu środków na to, aby wszystkie promienie świetlne przebiegały wokół jego ciała w taki sposób, że z każdego kąta patrzenia zawsze można by widzieć wszystkie leżące bezpośrednio za nim przedmioty w formie nie zniekształconej, albo też

wyimaginowana medycyna umożliwiłaby mu wprowadzenie ciała w stan pełnej, naprawdę całkowitej przezroczystości. Jednakże w obu przypadkach człowiek ten już nie mógłby absolutnie niczego widzieć. Przy zastosowaniu pierwszej metody bowiem żaden promień światła nie dotarłby do jego oczu, a przy drugiej – promienie świetlne bez żadnego oporu przeszłyby przez jego oczy. Aby móc cokolwiek widzieć, odpowiednio zbudowany narząd zmysłu musi chwytać promienie świetlne, załamywać je i w jakiś sposób przetwarzać na impulsy nerwowe. Aby więc cokolwiek samemu widzieć, niewidzialny człowiek musiałby co najmniej oczy swoje pozostawić widzialne, co by stworzyło niezwykle groteskowy widok, podważający niewątpliwie celowość całego tak trudnego przedsięwzięcia. A o słuszności naszych rozważań powinien nawet sceptyka przekonać fakt, że w rzeczywistości taka rzecz istnieje, a mianowicie w postaci pewnych przeźroczystych morskich zwierząt, szczególnie niektórych meduz. Ich szkliste ciała są bowiem w morzu niewidoczne, z wyjątkiem płam oczu czułych na światło i zawsze nieprzeźroczystych (a obecnie rozumiemy, dlaczego tak musi być), zdających się pływać w wodzie osobno jako czarne bądź kolorowe punkciki. Zatem widzialne jest tylko to, co – przynajmniej w postaci śladów – jest nieprzeźroczyste albo co łamie promienie świetlne, a potwierdzi to każdy, kto kiedyś wpadł na szklane drzwi.

Falami, za pomocą których geofizycy patrzą we wnętrze globu ziemskiego, którymi dosłownie mogą prześwietlić naszą planetę, są fale sejsmiczne. Aczkolwiek nie są one elektromagnetyczne, lecz stosunkowo proste i mechaniczne, podlegają tym samym prawidłom i wykazują te same właściwości, które przed chwilą opisaliśmy na kilku przykładach. Dotyczy to szczególnie załamania przy strefach granicznych pomiędzy ośrodkami różnej gęstości i możliwości odbicia bez reszty, w przypadkach gdy fale sejsmiczne na taką strefę graniczną natrafiają pod kątem płaskim. Naturalnie że dla prześwietlenia globu użyć można również fal wywołanych sztucznymi wybuchami. Mają one tę ogromną zaletę, że wiadomo dokładnie, kiedy się pojawiają, są jednak, nawet przy podziemnych próbach atomowych, o wiele słabsze. (Dla porównania: silne trzęsienie Ziemi odpowiada energii co najmniej stu tysięcy bomb atomowych typu Hirosima.) Ponieważ co roku na Ziemi występuje łącznie ponad sto tysięcy trzęsień – spośród których na szczęście większość jest zbyt słaba, aby spowodować jakieś szkody – wywołane przez to w sposób naturalny fale całkowicie wystarczają do zbadania wnętrza Ziemi.

Prędkość, z jaką fale te przechodzą przez skorupę ziemską czy też wnętrze Ziemi, zależy od gęstości i sprężystości materiału, w którym się poruszają. Prędkość ta jest najmniejsza w wodzie, wynosi tam bowiem około 1,5 kilometra na sekundę, w granicie osiąga średnio 5 do 6 kilometrów na sekundę, a w najtwardszych warstwach płaszcza Ziemi – ponad 8 kilometrów na sekundę. Największe prędkości występują naturalnie w wewnętrznym jądrze Ziemi, gdzie przekraczają nawet 11 kilometrów na sekundę. Dostatecznie silne fale mogą

przemierzyć cały glob ziemski od jednej strony do przeciwległej poprzez punkt środkowy Ziemi. Potrzebują na to tylko 22 minuty.

Dzięki falom można więc stwierdzić nie tylko położenie niektórych stref granicznych pomiędzy warstwami o różnej gęstości we wnętrzu Ziemi, lecz także przez zbadanie prędkości przechodzenia fal sejsmicznych poznać można fizyczną strukturę owych warstw, a tym samym ich prawdopodobny skład chemiczny. Trzeba do tego możliwie dużej liczby różnorodnych punktów na powierzchni Ziemi, w których rejestrowałoby się napływające fale wywołane tym samym trzęsieniem. Z różnicy czasu ich dopływu można obliczyć ich prędkość, a także stopień ich załamania.

Istnieje wreszcie jeszcze zupełnie ściśle określony rodzaj fal – fale poprzeczne – występujących również w czasie trzęsienia Ziemi, o których na podstawie prób laboratoryjnych i teoretycznych obliczeń wiadomo, że mogą przebiegać tylko przez materiał stały, a nie przez płyny. Jeżeli więc – na przykład – w Nowej Zelandii występuje trzęsienie Ziemi, a stacja sejsmograficzna w Anglii z tego trzęsienia rejestruje tylko "fale pierwotne", a nie wymienione fale poprzeczne, będzie to wskazywać na to, że pomiędzy miejscem trzęsienia a punktem położenia stacji obserwacyjnej musi istnieć we wnętrzu Ziemi strefa płynna.

To właśnie są obserwacje, z których można wyprowadzić wiedzę o tym, że zewnętrzne warstwy jądra ziemskiego złożone z żelaza i niklu, na głębokości mniej więcej 2900 do 5060 kilometrów pod powierzchnią Ziemi, muszą być płynne, podczas gdy leżące pod nimi i tworzące właściwe centrum naszego globu wewnętrzne jądro żelazoniklowe jest stałe.

W powiązaniu z interesującym nas tematem najważniejszym odkryciem geofizyków dotyczącym wewnętrznej budowy naszej planety – jest płynna postać zewnętrznego jądra ziemskiego. Przecież wyszliśmy od zapytania, jak się to dzieje, że Ziemia ma pole magnetyczne. Nie jest to wcale takie oczywiste, choćby dlatego że nasi dwaj sąsiedzi w układzie planetarnym, Wenus i Mars, nie posiadają pola sił magnetycznych podobnego do ziemskiego, a jest to stwierdzenie, którego odkrycie zawdzięczamy znowu próbom przeprowadzonym sondami kosmicznymi w ostatnich latach. (Zatem powierzchnia tych planet poddana jest bez żadnej osłony wpływom wiatru słonecznego.)

Zjawiska magnetyczne, które od czasu wynalezienia kompasu przez Chińczyków umożliwiły żeglarzom orientację na pełnym morzu, dawno już były znane wtedy, gdy angielski lekarz William Gilbert w swojej w 1600 roku wydanej książce *De magnete* po raz pierwszy wyraził pogląd, jakoby cała Ziemia była jednym wielkim magnesem. Następnie z astronomicznych i geofizycznych obserwacji wynikły pierwsze wskazówki o strukturze wnętrza Ziemi, podbudowujące ów pogląd i pozornie wyjaśniające to zjawisko w sposób bardzo prosty. Według toru Księżycy obliczano bowiem siłę, z którą Ziemia przyciąga swego satelitę. Z tego zaś z kolei wyprowadzono wartość całkowitej masy ziemskiej. Następnie po

dodatkowym uwzględnieniu wiadomości o składzie i ciężarze znanej już skorupy ziemskiej nieuchronnie wyciągano wnioski, że we wnętrzu Ziemi istnieć muszą duże ilości żelaza, gdyż w innym przypadku obliczona całkowita masa nie pomieściłaby się w znanej również objętości Ziemi. Tak więc wszystko wydawało się jasne i oczywiste, wystarczało założyć, że owe we wnętrzu Ziemi nagromadzone metale mają właściwości magnetyczne.

Przez okres ponad stu lat naukowcy zadowalali się takim wyjaśnieniem. Właściwie powinien był ich zaskoczyć fakt, że oś obrotu Ziemi jest prawie zgodna z osią jej pola magnetycznego. Jeżeli bowiem w Ziemi znajdował się po prostu wielki magnes żelazny, to magnetyzm i obrót ziemski nie powinny nic mieć ze sobą wspólnego. Jednakże główny kontrargument, który wreszcie ową nazbyt prostą teorię ostatecznie unicestwił, zrodził się w zupełnie innej dziedzinie. Natrafiono nań przy odkryciu wysokich temperatur we wnętrzu Ziemi. W trakcie wierceń i drążenia szybów kopalnianych stwierdzono, że temperatura skorupy ziemskiej w miarę zwiększania się głębokości bardzo szybko wzrasta. Jak wiadomo, wzrost temperatury w pobliżu powierzchni przyjmuje się w średniej wysokości 3 stopni Celsjusza na każde 100 metrów. Jednocześnie pewne jest, że ten gradient temperatury musi spadać na większej głębokości, w przeciwnym przypadku bowiem doszłoby do takiego nasilenia gorąca, jakie byłoby wręcz nieprawdopodobne. Tak więc na przykład z obserwacji fal sejsmicznych wynika, że materia płaszczą Ziemi – pominiawszy lokalne ogniska lawy z zasięgu czynnych wulkanów – jest jeszcze stała na głębokości około 3000 kilometrów. A tak nie mogłoby być, pomimo panującego tu ogromnego ciśnienia – gdyby na tej głębokości panowała już temperatura prawie 100 000 stopni, co wynikałoby ze zwykłej ekstrapolacji zastosowanej do wymienionych wyżej gradientów temperatury.

Wiedza nasza o temperaturach występujących we wnętrzu Ziemi nie jest nazbyt ścisła. Na podstawie wyliczania ciśnień i bieżącego ustalania ilości ciepła powstającego przy rozpadzie istniejących w naturze pierwiastków radioaktywnych – ciepłotę przy głębokości 40 kilometrów ocenia się obecnie na 1000 stopni, przy 3000 kilometrów – na 3000 do 5000 stopni, a w środkowym punkcie Ziemi, to jest mniej więcej 6000 kilometrów pod powierzchnią – na jakieś 10 000 do 12 000 stopni. Nawet jeżeli wartości te są bardzo przybliżone, jedno jest bezwzględnie pewne, a mianowicie fakt, że już na głębokości około 20 kilometrów, temperatura osiąga owe 775 stopni, powyżej których żelazo całkowicie zatraci swoje właściwości magnetyczne. Przez to stwierdzenie zjawisko, które przez długi czas uchodziło za wyjaśnione i zrozumiałe, stało się od nowa problemem do rozwiązania. "Teoria magnesu sztabkowego" ziemskiego magnetyzmu okazała się definitywnie błędna. Wznowione więc i dotąd kontynuowane poszukiwania wykazały, że zagadnienie powstania magnetyzmu ziemskiego jest znacznie bardziej zawikłane i niejasne, aniżeli pierwotnie sądzono.

Badania zrazu ujawniły pewien stan rzeczy, który nie tylko ponownie potwierdził upadek dotychczasowej teorii, ale ponadto udowodnił, że wszelkie próby wyjaśnienia sprawy ziemskiego pola magnetycznego jako skutku statycznej permanentnej magnetyzacji – oparte były na błędnych założeniach. Ów stan rzeczy polegał na wykazaniu nieregularnych wahań siły pola magnetycznego, których oczywiście nie mogłoby być, gdyby owo pole było po prostu wynikiem mieszczącego się w Ziemi "trwałego magnesu". Mówiąc odwrotnie: ów stan rzeczy prowadził prostą drogą do hipotezy, że pole magnetyczne musi być wytwarzane przez wciąż jeszcze nie znany proces przebiegający we wnętrzu Ziemi.

Stało się to punktem wyjściowym do obecnie chyba już powszechnie przyjętej dla magnetyzmu ziemskiego "teorii prądnicy"; twórcą podstawowej zasady tej teorii jest fizyk amerykański Walter Elsasser. Teoria ta wychodzi z założenia jedynej w dziedzinie fizyki znanej możliwości powstawania i utrzymywania się niepermanentnego pola magnetycznego, jaką jest wytwarzanie linii sił magnetycznych przez prąd elektryczny. W związku z tym pytanie, jakie wyłoniło się, brzmiało: gdzie we wnętrzu Ziemi istnieją prądy elektryczne, które można by uznać za przyczyną pola magnetycznego.

Prądy takie mogą przepływać tylko przez dobre przewodniki, w grę wchodzi tu więc przede wszystkim metale, a następnie również zjonizowany gaz. Rzeczywiście obecnie nie wyklucza się możliwości, że ruch jonów gazu w górnych warstwach atmosfery, to jest w tak zwanej jonosferze, przyczynia się do powstania ziemskiego pola magnetycznego, aczkolwiek udział jego jest bardzo skromny i wynosi zaledwie kilka procent łącznej siły pola. Natomiast w samym wnętrzu Ziemi mogą być brane pod uwagę tylko metale, a wśród nich przede wszystkim potężne ilości żelaza i niklu, z których – jak już wspomniano – składa się jądro ziemskie.

Na tym etapie decydujący okazuje się fakt, że część tego jądra, a mianowicie jego zewnętrzna powłoka, jest płynna. Jedyną bowiem realną możliwością powstania pola magnetycznego harmonizującą z wszystkimi teoretycznymi obliczeniami wyraża się w hipotezie, że to właśnie ruchy tej strefy płynnego żelaza pozwalają działać płynnemu składnikowi jądra ziemskiego jako ogromnemu generatorowi, wytwarzającemu elektryczne prądy, których przepływ jest przyczyną ziemskiego pola magnetycznego. Obliczenia ujawniają nam nawet prędkość, z jaką przebiegają w tym rejonie wnętrza Ziemi ruchy owego żelaza o temperaturze około 4000 stopni: wynosi ona tylko jeden do dwóch metrów na godzinę!

Pod względem fizycznym teoria prądnicy jest wewnętrznie niesprzeczna. A ponadto dostarcza ona wreszcie wyjaśnienia niejednokrotnie akceptowanego, zaś samo przez się bynajmniej nie zrozumiałego faktu, że magnetyczne bieguny Ziemi w znacznym stopniu są zgodne z biegunami geograficznymi, to znaczy, że

linie sił pola magnetycznego opuszczają powierzchnię ziemską dokładnie w miejscu, w którym kończy się ziemską oś obrotu. W świetle teorii prądnic sprawa staje się zrozumiała, gdyż można założyć, że w przypadku ruchów przepływowych w płynnym jądrze Ziemi pierwotnie występują nie uporządkowane i nie powiązane systematycznie ze sobą ruchy wirowe, czyli turbulencje. One naturalnie również wytwarzałyby prądy, a prądy z kolei – pola magnetyczne, i to właśnie liczne pola magnetyczne o różnych wielkościach i pozornie dowolnie rozproszone po całej Ziemi. Nie byłoby zatem jednolitej pułapki magnetycznej przechwytyjącej wiatr słoneczny, natomiast mapa ziemskiego pola magnetycznego byłaby raczej podobna do dużego łaciatego dywanu. Nie ma chyba wątpliwości, że obserwowany stan rzeczywisty, a więc: jednolitość ziemskiego pola magnetycznego i jego w zasadzie symetryczny, bo tylko przez wiatr słoneczny zaburzony kształt, są wynikiem oddziaływania obrotu Ziemi. Dopiero stała rotacja globu wprowadza ład do nie uregulowanego z natury wirowania jądra ziemskiego. Kierunek tej rotacji zgodnie z zasadą działania żyroskopu powoduje szczególnie silne kształtowanie się pewnych określonych wirów, tłumiąc zarazem inne. W ten sposób powstaje uprzywilejowany jednolity i spójny kierunek wszystkich poszczególnych ruchów przepływu w jądrze; łączą się one wskutek tego w jeden jedyny prąd płynnego składnika jądra ziemskiego, którego ruch obrotowy skierowany jest wzdłuż osi ziemskiej.

Tak więc po to, aby powstać mogła magnetosfera, owa osłona magnetyczna chroniąca nas przed bombardowaniem przez plazmę słoneczną, spotkać się muszą wszystkie tak różne czynniki, jak płynność i metaliczny charakter jądra ziemskiego oraz – dodatkowo – jeszcze obrót Ziemi wokół własnej osi. Nakład ponoszony w celu utrzymania nas przy życiu jest niewątpliwie znaczny. A jednak nie jest to jeszcze wszystko. Do rachunku, który tutaj sporządzamy, brakuje pewnego absolutnie decydującego czynnika. Natrafiamy nań, stawiając sobie teraz pytanie, czy opisana przed chwilą teoria może nam posłużyć również do wyjaśnienia, dlaczego Mars i Wenus – w odróżnieniu od Ziemi – nie mają pola magnetycznego. Jeżeli teoria, w takiej formie, w jakiej ją naszkicowaliśmy, naprawdę ma wystarczyć do wyjaśnienia sprawy ziemskiego pola magnetycznego, powinna także uzasadnić przekazany nam przez sondy kosmiczne negatywny stan dotyczący naszych dwóch sąsiednich planet.

Jeżeli chodzi o Marsa – wydaje się, że tak jest w istocie. Ta okrążana przez swoje dwa mini-księżyce, Phobosa i Deimosa, sąsiadująca z nami od zewnątrz planeta, jest wprawdzie tylko o połowę mniejsza od Ziemi (średnica Ziemi – około 12700 kilometrów, średnica Marsa – 6800 kilometrów), ale ma zaledwie mniej więcej jedną dziesiątą jej masy i tylko około 70 procent jej średniej gęstości. Innymi słowy, według wszelkiego prawdopodobieństwa Mars nie może mieć metalicznego jądra porównywalnego do jądra Ziemi, a znajdujące się być może w jego wnętrzu pokłady kruszcu prawdopodobnie nie są płynne ze względu na stosunkowo niskie ciśnienia, które można ocenić na podstawie jego

niewielkiej masy. Fakt zatem, że Mars nie posiada pola magnetycznego, wyjaśnić można stosunkowo łatwo za pomocą teorii prądnicy, takiej jaką nakreśliliśmy do tej pory.

Zupełnie inaczej rzecz się ma, gdy to samo pytanie zastosujemy do Wenus. Planeta ta wielkością jest prawie równa Ziemi (średnica Wenus wynosi na równiku 12400 kilometrów), a masa jej jest zaledwie o 20 procent mniejsza, ciężar zaś i gęstość nieomal takie same. Z podobnych więc przyczyn, które doprowadziły do owej szczególnej wewnętrznej struktury naszego globu, musimy domniemywać, że we wnętrzu Wenus znajduje się metaliczne jądro w co najmniej częściowo upłynnionym stanie skupienia.

A pomimo to Wenus pola magnetycznego nie ma. W czym więc tkwi przyczyna tej różnicy? Jednym z powodów może być nadzwyczaj mała prędkość obrotu tej planety. Do niedawna nic nie było wiadomo o rotacji Wenus. Nigdy wszak nie widzimy jej powierzchni ze względu na to, że jej atmosfera jest stale pokryta obłokami. Obserwacje radarowe w ostatnich czasach dostarczyły nam pewnych przesłanek do stwierdzenia, że Wenus obraca się wokół swojej osi raz na 243 dni.

Należy tu wspomnieć na marginesie, że jest to z innych względów sprawa niezwykle ciekawa. Gdyby się bowiem dane te miały potwierdzić, oznaczałoby to, że Wenus zwrócona jest ku Ziemi zawsze tą samą stroną w okresach, gdy obie planety krążące wokół Słońca z różną szybkością najbardziej są do siebie zbliżone. Ten zdumiewający fakt wyjaśnić można tylko tym, że rotacja Wenus – a więc obrót jej wokół własnej osi, ale naturalnie nie jej obieg wokół Słońca – kontrolowana jest przez siłę przyciągania Ziemi. Należy przyjąć, że na niewidocznej dla nas powierzchni Wenus występują potężne asymetrie, które mogły stać się punktem zaczepienia dla siły przyciągania naszej planety, wskutek czego obrót Wenus był tak długo hamowany, bądź przyspieszony, aż osiągnięte zostało obecne, wywołane dwustronną siłą przyciągania "sprzężenie". Niektórzy astronomowie domyślają się istnienia tutaj potężnych gór, które miałyby piętrzyć się dostatecznie wysoko ponad powierzchnią Wenus, aby stanowić punkt zaczepienia dla ziemskiego przyciągania. W każdym razie już Mariner II w 1962 roku złożył meldunek o napotkaniu "zimnego miejsca", to jest – wprawdzie tylko stosunkowo – zimnej strefy w skądinąd gorącej rozżarzonej powierzchni tej planety. Za prawdopodobną uznano wówczas taką interpretację, że jest to szczyt górski o wysokości sięgającej aż do chłodniejszego chmurnego pułapu planety Wenus. Inni astronomowie dopatrują się możliwości lepkoptylnej konsystencji powierzchni Wenus, deformującej się pod wpływem przyciągania ziemskiego w sposób powodujący występowanie efektu pływów; tym można by również wyjaśnić zjawisko sprzężenia.

Czyżby to oznaczało, że nadzwyczaj mała prędkość obrotu Wenus może nie wystarcza na uporządkowanie, połączenie i ukierunkowanie występujących w jej

płynnym jądrze wirów (zakładając, że takowe istnieją), które mogłyby wytworzyć jednolite i odpowiednio silne pole magnetyczne, takie jakie ma Ziemia?

Wyjaśnienie to nie jest zbyt zadowalające, gdy się pomyśli o potężnych masach wchodzących tutaj w grę. Im większe są bowiem te poruszające się masy, tym silniej na nie oddziałuje ruch żyroskopowy niezgodny z ich własnym impulsem obrotowym, jakkolwiek nam ruch ten wydawać się może bardzo powolny.

A może Wenus nie ma pola magnetycznego dlatego, że nie ma księżyca? W pierwszej chwili zdaje się to być dowolnym domysłem wziętym z powietrza. Wrażenie to jednak znika natychmiast, gdy zaczynamy się głębiej zastanawiać nad pytaniem, skąd właściwie miałyby się wziąć owe siły uruchamiające wiry w płynnym jądrze planety, wiry, których obecność przy opisie teorii prądnicy milcząco założyliśmy sobie z góry. Również jądro Ziemi – pomimo stanu płynnego – może swoją rolę jako wzbudzający prąd twornik "agregatu prądnicy" odegrać tylko wtedy, gdy nie będzie się obracać dokładnie z tą samą prędkością co inne (stałe) części naszego globu, ale minimalnie prędzej bądź wolniej, czyli gdy (formułując inaczej) będzie się poruszać przeciwnie do stałego płaszcza ziemskiego. Naukowcy mówią w tym przypadku o konieczności "rotacji różnicowej" pomiędzy płynnymi częściami jądra ziemskiego a płaszczem ziemskim.

Dotychczas po prostu założyliśmy sobie, że taka rotacja różnicowa istnieje i do czasu wyjaśnienia jej ograniczyliśmy się do stwierdzenia, że znaczna część ziemskiego jądra jest płynna. Jeżeli teraz zastanowimy się nieco głębiej nad wszystkimi towarzyszącymi okolicznościami, natrafimy na bardzo znamienne komplikację. Nie jest bowiem wcale tak oczywiste, że jądro ziemskie i płaszcz ziemski obracają się z różną prędkością. Przeciwnie, bardzo jest nawet trudno uzasadnić takie twierdzenie. Otóż konieczność udowodnienia różnicy w przebiegu ruchów pomiędzy rozmaitymi wewnętrznymi warstwami Ziemi, a więc założenia, od którego zależy utrzymanie się czy też upadek teorii prądnicy jako przyczyny ziemskiego magnetyzmu – okazała się najtwardszym do zgryzienia orzechem całej teorii, problemem, który po dzień dzisiejszy nie został jeszcze naprawdę dostatecznie rozwiązany. Powstała tutaj trudność można sobie natychmiast uzmysłwić na podstawie bardzo prostego przykładu zaczerpniętego z życia codziennego. Proszą sobie wyobrazić filiżankę z herbatą, do której pomimo całej staranności gospodyni poza esencją dostało się kilka listków herbacianych. Gdy się taką filiżankę poziomo obraca, widać, że leżące na dnie listki zrazu pozostają na miejscu. Bezwład ich nie dopuszcza do udziału w ruchu • obrotowym filiżanki, a płyn, w którym pływają tuż nad dnem, pozwala im na uniknięcie rotacji. Ale im dłużej będziemy filiżanką obracać, tym szybciej stan ten się zmieni. Najpierw z wolna, potem coraz prędzej, listki herbaty rozruszają się, aż po krótkim czasie cała zawartość filiżanki, zarówno płynna herbata, jak listki, będą się obracać z tą samą prędkością co filiżanka, w której się znajdują.

Wytłumaczenie jest nader proste. Jakkolwiek nikłe byłoby wewnętrzne tarcie płynu, a także tarcie pomiędzy zewnętrznymi warstwami płynu herbacianego a graniczącą z nim powierzchnią wnętrza filiżanki – tarcie to i najslabsza nawet "lepkość" herbaty jednak istnieją i wystarczają, aby wreszcie "pociągnąć za sobą" wszystkie części płynu; wynik jest taki, że filiżanka i cała jej zawartość już po upływie stosunkowo krótkiego czasu poruszają się zupełnie zgodnie jak zwarte ciało. Cały tok sprawy jest więc prosty, bezsporny i jasny.

Ale wobec tego, dlaczego płynne jądro Ziemi nie obraca się już od dawna dokładnie tak samo jak inne stałe warstwy Ziemi? Niezależnie od tego, czy jądro jest płynne, czy też nie, tarcie wewnętrzne, czyli lepkość tego znajdującego się pod ogromnym ciśnieniem metalicznego jądra ziemskiego, jest tak wielkie, że jeżeli przyjmujemy iż Ziemia obraca się wokół swojej osi od wielu miliardów lat z niezmienną szybkością – przy najlepszej woli trudno zrozumieć, dlaczego w tej rotacji nie miałyby uczestniczyć wszystkie części wnętrza Ziemi z dokładnie tą samą prędkością.

Tak więc pomimo że teoria prądniczy wydaje się zrazu przekonywająca, właśnie to stanowi jej słaby punkt. Prądnicza może działać tylko wtedy, gdy porusza się w niej twornik wytwarzający prąd. Jak widzimy teraz, założenie to w przypadku jądra ziemskiego wcale nie jest tak samo przez się zrozumiałe, jak milcząco przyjmowaliśmy do tej pory. Jakie jest więc wyjście z tego dylematu?

Większość naukowców obecnie ratuje się z tej sytuacji hipotezą pomocniczą o istnieniu "termicznych prądów konwektywnych" w jądrze ziemskim. Mają przy tym na myśli rzecz następującą należy przyjąć, że pomiędzy najgłębszymi warstwami płynnego jądra ziemskiego a jego zewnętrznymi, bardziej oddalonymi od środkowego punktu Ziemi strefami, występuje znaczna różnica temperatur, bardzo różne bowiem jest naturalnie także w obu tych rejonach ciśnienie wywołane przez leżące nad nimi warstwy Ziemi. A przecież gorętsze części płynu objawiają skłonność do unoszenia się ku górze, podczas gdy zimniejsze – przeciwnie – mają tendencję do opadania.

Można sobie więc rzeczywiście pozwolić na założenie, że także w płynnym jądrze ziemskim występują tego rodzaju "termiczne" procesy przepływu wywołane różnicą temperatur, chociaż w tej chwili nie moglibyśmy podać żadnej metody pozwalającej na bezpośrednie udowodnienie tego zjawiska. Gdy się już raz przyjmie hipotezę o takich ruchach konwektywnych, wtedy naturalnie można wybrnąć z wszystkich trudności. Jeżeli bowiem w tych warstwach jądra ziemskiego w ogóle cokolwiek płynie, jeżeli występują tam w ogóle procesy ruchu – jakiegokolwiek by one były – wówczas obrót Ziemi ma jak gdyby coś, o co może się zaczepić, wówczas istniałyby tam, w niedostępnych głębinach naszej planety, wiry, które mogłyby przez jej obrót zostać systematycznie "uporządkowane" w opisany przez nas sposób. Wówczas – innymi słowy – istniałyby rzeczywiście we wnętrzu Ziemi ów "twornik", który glob nasz jako całość

przeobrażałby w prądnicę i uzasadniał przez to jego pole magnetyczne.

Te dodatkowe rozważania doprowadziły nas do granicy tego, co dzisiaj o owych procesach wiadomo, albo przynajmniej do tego, co się w ich sprawie przypuszcza z przyczyn mniej lub bardziej uzasadnionych. W każdym razie teoria prądnicy wydaje się dla sprawy magnetyzmu ziemskiego o tyle prawdopodobna i wyjaśnia najistotniejsze właściwości ziemskiego pola magnetycznego – przede wszystkim jego zgodność z osią obrotu Ziemi – o tyle zadowalająco, że obecnie nie ma już prawie naukowca, który by wątpił, że teoria ta w zasadzie trafia w sedno. Ale nie udało się dotąd jeszcze nikomu wyjaśnić w dostateczny sposób, jak właściwie do tego dochodzi, że jądro ziemskie zachowuje się jak twornik takiej maszyny. Także bowiem dodatkowa hipoteza o termicznym powstawaniu wirów wykazuje pewne wady.

Nikt spośród ludzi nauki nie lubi sięgać do hipotez pomocniczych, to znaczy takich, które ustala się tylko i jedynie po to, aby "ratować" jakąś teorię.

Tymczasem owe wzmiankowane termiczne ruchy konwektywne stanowią szkolny przykład takiej hipotezy pomocniczej: nie ma żadnych wskazówek na to, że rzeczywiście istnieją; jedyna rzecz, jaką można o nich powiedzieć, to, że nie znamy żadnych przyczyn, które przemawiałyby przeciwko możliwości ich występowania. Ale to też jest wszystko. Jeżeli dzisiaj nauka powołuje się na nie, dzieje się to tylko dlatego, że nadają się idealnie do usunięcia wszystkich jeszcze istniejących niejasności z teorii, która poza tym wydaje się czysta jak szkło.

Drugą wadą hipotezy jest, że prawdopodobnie występowanie owych wirów nigdy nie zostanie ani udowodnione, ani podważone. Tymczasem hipotezy, dla których nie ma takich szans, z przyczyn zasadniczych i całkowicie zrozumiałych traktowane są przez naukę z jak największą nieufnością. Wreszcie, po trzecie, musimy obecnie powrócić do sprawy naszej sąsiedniej planety Wenus, która pomimo swego podobieństwa do Ziemi nie wykazuje mierzalnego pola magnetycznego. Podobieństwo do Ziemi oznacza tutaj, że wielkość i gęstość Wenus jest porównywalna z odpowiednimi parametrami Ziemi. Stąd Wenus musi także mieć płynne jądro z ciężkiego metalu, zatem bez dalszej ad hoc skonstruowanej dodatkowej hipotezy nie ma właściwie powodu, dlaczego by w tym ciekłym jądrze Wenus nie miały przepływać te same termiczne prądy, które w przypadku Ziemi jakoby wyjaśniają istnienie pola magnetycznego.

Jak widzimy, daleko jeszcze do ostatniego słowa w tej sprawie. Jest to jeden powód więcej, aby tym poważniej traktować inną teorię wychodzącą od pewnej różnicy występującej pomiędzy obiema sąsiednimi planetami, różnicy natury nie hipotetycznej, lecz całkowicie konkretnej – a mianowicie od faktu, że Ziemia ma Księżyc, a Wenus go nie ma.

Teoria ta ma tę wielką przewagę nad poprzednią, że decydujące czynniki, którymi wyjaśnia ruch jądra ziemskiego, są bezpośrednio sprawdzalne. Myśl

podstawowa jest równie prosta jak zdumiewająca trudność teorii prądnic polega na uzasadnieniu, jak dochodzić może do ruchów we wnętrzu Ziemi, jeżeli poruszała się ona równomiernie od miliardów lat. Wyjaśnienie, którym będziemy się bliżej zajmowali w następnym rozdziale, polega na twierdzeniu, że prawdopodobnie w rzeczywistości wcale takiego problemu nie ma, ponieważ odpada podstawowe założenie o jednostajności ziemskiej rotacji.

W ostatnim dziesiątku lat zegary atomowe po raz pierwszy stworzyły możliwość krytycznego skontrolowania wiary w "wieczystą jednostajność ruchów ciał niebieskich" w odniesieniu do obrotu Ziemi. Na podstawie określonych obserwacji ostatecznie potwierdziło się przy tej okazji pewne od dawna żywione podejrzenie: miernik czasu używany dotychczas do prac naukowych prowadzonych pod kierunkiem astronomów jest bezużyteczny. Rezultat tych rozważań możemy w związku z interesującym nas tematem także sformułować powiadając, że Ziemia nasza dlatego posiada pole magnetyczne, iż w czasie gdy Księżyc w pełni wysoko stoi na niebie, wszyscy jesteśmy troszeczkę lżejsi niż zwykle. Zobaczymy teraz, jak to należy rozumieć.

ROZKOJARZENIE »CZASU UNIWERSALNEGO«

ZEGAR UNIWERSALNY CHODZI ŹLE • WALKA O UŁAMKI
SEKUNDY • WAHADŁO I BALANS TWORZĄ EPOKĘ • WYŚCIG W
BUDOWANIU CHRONOMETRU • BEZPRAWIE W UKŁADZIE
SŁONECZNYM • KSIĘŻYC ZACHOWYWAŁ SIĘ NIEMOŻLIWIE •
NOWE PLANETY ODKRYTE PRZY BIURKU • ZŁUDZENIE
WYJAŚNIA SIĘ

Co to właściwie jest "czas"? Codziennie posługujemy się tym pojęciem i w tym codziennym znaczeniu wszyscy właściwie je rozumiemy. Ale gdy tylko zaczniemy się nad nim zastanawiać, wydaje się, jak gdyby w tajemniczy sposób umykało naszej zdolności pojmowania. Z tym doświadczeniem znajdziemy się zresztą w doborowym towarzystwie, św. Augustyn bowiem już zapytywał: "Co to jest czas?", i dalej ciągnął: "Gdy nikt mnie o to nie pyta, wówczas odpowiedź znam dobrze. Ale gdy mam sprawę pytającemu objaśnić – niczego powiedzieć nie potrafię."

Nowoczesna filozofia tłumaczy owo charakterystyczne doświadczenie, które każdy może przeprowadzić, skoro tylko zacznie myśleć o "istocie" czasu – głosząc, że "czas" stanowi jeden z warunków wyjściowych ustanawiających nasze przeżywanie i świadomość, a więc sam jako taki nie może być doświadczany, bo jest wszelkiego doświadczenia założeniem. To co przeżywamy, jest rzekomo zawsze już różnymi rodzajami "czasowości", która z kolei różne może mieć formy. Gdy się więc mówi o czasie, należy – wyrażając się prawidłowo – precyzować formę czasowości, o jaką chodzi. Aby wymienić przykład formy czasowości, o której tutaj zresztą już nie będzie więcej mowy, mógłbym podać to, co psychologowie określają jako "czas przeżywany". Jest to czas, o którym powiadamy, że wydaje nam się wypełniony bądź pusty, że upływa nam szybko lub wolno. Nie są to jakieś mgliste, nic nie mówiąca sformułowania, lecz sposoby przeżywania dające się naukowo sprawdzić. Stosując eksperyment psychologiczny można bezbłędnie wyprowadzić warunki, od których zależy, czy "czas" upływa prędko, czy powoli, tak samo jak rozmiar, w którym zmienia się przeżywanie czasu.

Ów psychologiczny czy też "przeżywany" czas ma jeszcze inne bardzo charakterystyczne cechy. Na przykład – jakkolwiek brzmi to w pierwszej chwili paradoksalnie – w czasie tym realnie dana jest tylko przyszłość i przeszłość, natomiast teraźniejszość – nie. Wszystko, co przeżywamy i o czym myślimy, nabiera swego znaczenia dla nas tylko przez nasze związane z tym oczekiwanie, nadzieje i obawy, a także dzięki naszemu doświadczeniu i pamięci. Wobec tego chwila obecna kurczy się do rozmiarów nieomal nierealnego punktu.

Zupełnie inaczej, a właściwie wręcz odwrotnie ma się sprawa w przypadku czasu "obiektywnego", którym operują fizycy i astronomowie. Jego cechą charakterystyczną jest właśnie to, że zawsze "płynie" równomiernie, że jest właśnie obiektywny i niezmienny. A jeszcze dodać należy, że gdy o ten czas chodzi, jedyną realną sprawą jest właśnie punktowa chwila terażniejsza w całej swojej krótkotrwałości, podczas gdy żadnej nie przyznaje się realności ani temu, co minęło, ani temu, co nadejdzie w przyszłości.

Ta mała dygresja na temat czasu i czasowości miała nam tylko uzmysłwić, że gdy psycholog i fizyk mówią o tym pojęciu, każdy z nich ma na myśli zasadniczo różne stany faktyczne, a jest to okoliczność, na którą mało kto zwraca uwagę. Prowadzi to nieraz do błędnych i mylących rezultatów. Typowym przykładem jest uporczywość, z jaką niektórzy autorzy science fiction chcą opierać możliwość przyszłych podróży "w czasie" na pewnych przesłankach teorii względności, takich jak zależność czasu od stanu ruchu obserwatora albo "rozciąganie się" czasu przy zbliżaniu się do szybkości światła. Wniosek taki w rzeczywistości nie jest niczym uzasadniony, gdyż fizyk i pisarz pod to samo pojęcie podstawiają całkowicie różne sprawy.

Szczegółowe wyjaśnienie i przeprowadzenie dowodu zawiodłoby nas teraz w dziedziny zbyt odległe od naszego właściwego tematu. Wydawało mi się jednak celowe poruszyć – przynajmniej krótko – zagadnienie podstawowych różnic znaczenia słowa "czas", aby zapobiec nieporozumieniom. Za chwilę bowiem spotkamy się z faktem, że miernik czasu astronomów, przez tysiące lat uważany za oczywiście zupełnie niewzruszalny, w ostatniej dobie całkowicie utracił swój kredyt zaufania. Jakkolwiek ciekawe i zaskakujące byłyby powstałe na tym tle pytania i problemy – musimy niemniej strzec się przed wyciąganiem zbyt daleko idących wniosków o czasie "jako takim".

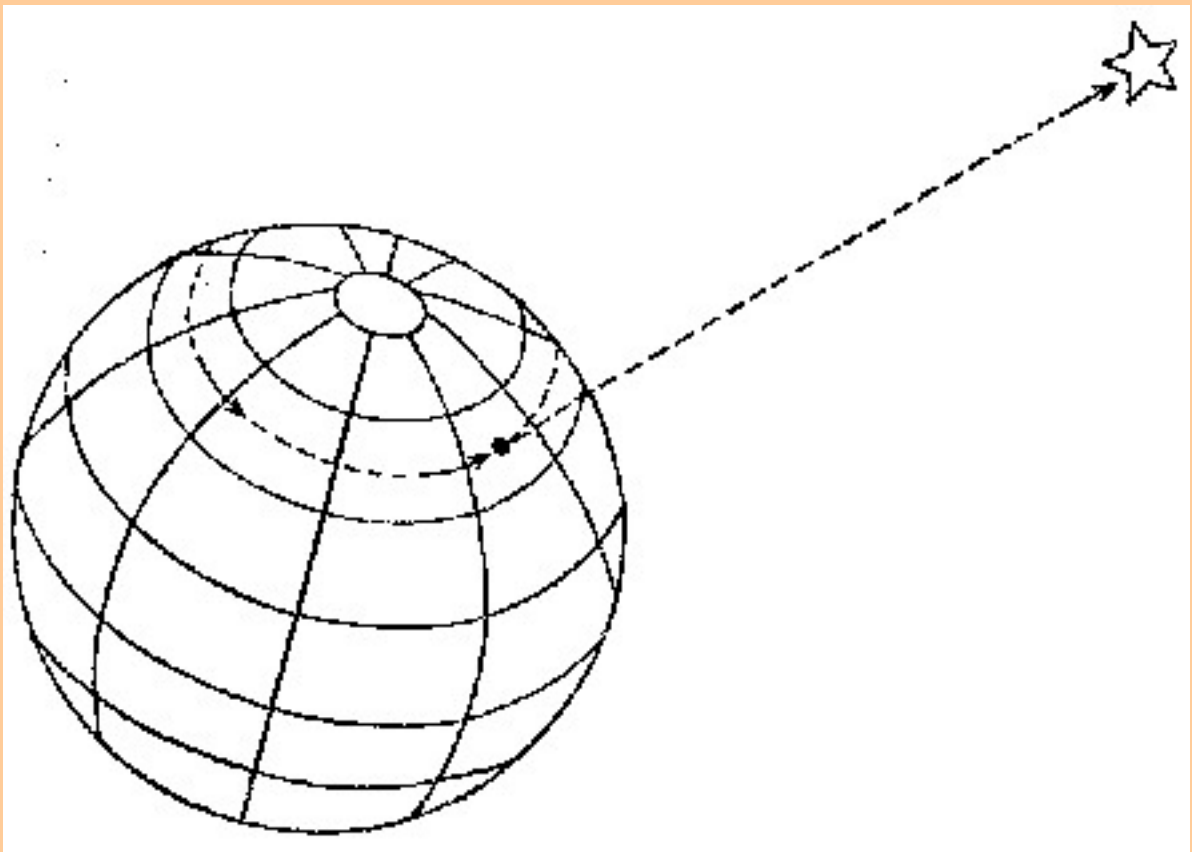
Wszystko zaczęło się przed około stu laty od bardzo dziwnych, dla naukowca nawet trochę niesamowitych obserwacji dokonanych przez astronomów specjalizujących się w dokładnych badaniach i obliczeniach orbity Księżyca i planet. Pierwszą sensacją było zaobserwowanie niezrozumiałych i nie dających się wyjaśnić przez znane prawa przyrody wahań prędkości, z jaką Księżyc okrąża Ziemię. Przy bliższym przyjrzeniu okazało się, że taka sama nieregularność występuje także w odniesieniu do niektórych innych planet. Ale – co ciekawe – okoliczność ta nie tylko nie zwiększyła zakłopotania astronomów, lecz przeciwnie naprowadziła ich wreszcie na właściwy trop.

Przysłowiowa "wieczysta jednostajność ruchu ciał niebieskich" od początków rozwoju nauki stanowiła zrozumiałą samo przez się podstawę wszystkich obliczeń, w których jakąś rolę odgrywały pomiary czasu "obiektywnego", pomiary czasu "trwania" jakiegoś procesu. Podobnie jak metr wzorcowy – pierwotnie zdefiniowany jako czterdziestomilionowa część obwodu Ziemi – stał się podstawową jednostką miary wszelkich długości, tak samo "doba gwiazdowa"

astronomów oraz jej podjednostki stworzyły znormalizowaną wartość i skalę dla wszystkich pomiarów czasu, a więc podstawę "czasu uniwersalnego".

Miernikiem służącym do ustalania i pomiarów owego czasu uniwersalnego jest Ziemia obracająca się wokół swojej osi, naturalną jednostką podstawową tego czasu zaś – doba czy też, mówiąc ściślej i używając terminologii astronomicznej, "doba gwiazdowa". Jak wiadomo, długość doby określa się czasem upływającym do chwili, gdy Ziemia obróci się dokładnie jeden raz wokół siebie. Astronomowie dlatego mówią o "dobie gwiazdowej", ponieważ dokładny pomiar trwania takiego obrotu następuje przez oznaczenie pozycji, jaką Ziemia zajmuje w stosunku do określonej gwiazdy stałej.

Innej możliwości nie ma. Jakżeż można by stwierdzić inaczej, kiedy dokładnie jeden obrót Ziemi jest zakończony, jeżeli ciało niebieskie, na którym siedzi obserwator dokonujący pomiarów, obraca się w pustej przestrzeni? Słońce, Księżyc i pozostałe planety nie mogą służyć za punkt odniesienia, bo same obracają się o wiele za prędko. Wprawdzie gwiazdy stałe w rzeczywistości poruszają się również, ale wobec ich ogromnego oddalenia pozorny ich ruch po niebie – abstrahując od gwiazd najbliższych – jest tak nikły, że nie można zarejestrować go nawet najczulszym nowoczesnym przyrządem pomiarowym. Astronom pragnący wymierzyć czas obrotu Ziemi, znajduje sobie więc odpowiednią gwiazdę stałą i przy użyciu specjalnego teleskopu, poruszającego się wyłącznie w kierunku północ – południe (tzw. "koła południkowego"), określa możliwie najdokładniej chwilę, w której owa gwiazda przechodzi mu w poprzek pola widzenia (wizjera) w trakcie swego obiegu po niebie w kierunku wschód – zachód wzdłuż toru narzuconego przez obrót Ziemi. Następnie astronom mierzy czas, który upływa do chwili, gdy w następnej dobie ta sama gwiazda znowu osiągnie ten sam punkt, zaznaczony cienką kreską w polu widzenia jego przyrządu. Jest to bowiem chwila, w której Ziemia obróciła się dokładnie jeden raz wokół siebie. Czas pomiędzy takimi dwoma "górowaniami gwiazdy" nazywa się dobą gwiazdową. Obecnie jesteśmy w stanie określić trwanie doby gwiazdowej z dokładnością do jednej tysięcznej sekundy, dzięki tym wszystkim wymyślnym urządzeniom, które astronomia w toku swoich dziejów rozwinęła dla zwiększenia dokładności pomiarów, dzięki automatycznemu, fotelektrycznemu oznaczeniu dokładnej chwili górowania gwiazdy, a także dzięki eliminacji czy też korekcie niektórych typowych źródeł błędów, szczególnie analizowanych w trakcie trwającej dziesiątki lat pracy (do nich należy – aby wymienić jeden tylko przykład – możliwość, że teleskop służący obserwacji zmienia nieznacznie swoje położenie wskutek wahań temperatury).



Zasada określania "doby gwiazdowej".

Doba gwiazdowa jest więc owym "łokciem" służącym astronomom do pomiarów i kontroli wszystkich procesów obserwowanych na niebie. Jak wiadomo, podjednostkami tej miary czasu są godziny, minuty i sekundy. Uzyskuje się je przez konstruowanie przyrządów, pozwalających na rozłożenie astronomicznie obliczonego odcinka czasu odpowiadającego trwaniu jednej doby – na odcinki składowe, możliwie najdokładniej sobie równe. Przyrządem takim jest zegar. A więc: zegary o dużej dokładności chodu oraz udoskonalenie precyzji pomiarów górowania gwiazd – oto dwa założenia, które musiały być w miarę możliwości jak najlepiej spełnione, aby stworzyć warunki dokładnego pomiaru przebiegających w naszym Układzie Słonecznym ruchów planet, Księżyca i komet.

Historia astronomii przez wieki całe jest w gruncie rzeczy historią bieżących ulepszeń tych dwóch założeń, zażartą walkę prowadzoną przy zastosowaniu coraz to bardziej wyszukanych metod techniki o wciąż doskonalszy, bardziej precyzyjny podział godzin, minut, sekund, wreszcie nawet ułamków sekundy.

Już przed czterema tysiącami lat Egipcjanie dzięki cierpliwym obserwacjom odkryli, że Ziemia w ciągu jednego roku – to jest w okresie, który upływa do chwili, gdy okrąży ona jeden raz Słońce – obraca się 365,25 razy wokół siebie. Liczba ta jest prawidłowa, chociaż oczywiście w stosunku do mierników współczesnych nadzwyczaj mało precyzyjna. Niemniej określa ona długość przeciętnego roku już do dwóch miejsc po przecinku, to znaczy z dokładnością do "jednej setnej doby", czyli około kwadransa. Dokładność ta była absolutnie wystarczająca dla prymitywnych możliwości obserwacyjnych świata antycznego (zwykły "namiar" Słońca czy też gwiazd poprzez szczerbinę i muszkę).

Decydująca poprawa nastąpiła dopiero po wynalezieniu teleskopu około roku 1600,

Przy porównywaniu najlepszych i najbardziej wiarygodnych w owym czasie obserwacji zwrócono uwagę, że stosunek pomiędzy dobą a rokiem zdaje się podlegać wahaniom. Wyniki wykazywały niekiedy, że Ziemia jak gdyby w ciągu jednego roku obróciła się nieco dalej aniżeli w ciągu innego okresu obserwacyjnego. Aczkolwiek te wielokrotnie stwierdzane różnice były większe od teoretycznej niedokładności zastosowanej metody pomiarów, zrazu przypuszczano jednak, że sprowadzają się one do "błędów osobistych", obserwatora, a więc usterek w odczytywaniu, myleniu danych i tym podobnych przyczyn.

Także do dalszych podziałów doby na mniejsze podjednostki z dokładnością potrzebną do określenia torów astronomicznych – można było przystąpić dopiero od XVII wieku. Decydującymi wynalazkami w tej dziedzinie było wahadło, a wkrótce potem – przenośny, bo dzięki swemu drgającemu balansowi niezależny od położenia zegar sprężynowy. Wahadło i balans dzięki nieosiągalnej przedtem regularności swoich drgań okazały się idealnymi urządzeniami do podziału określonych odcinków czasu.

Zegary będące w użyciu do czasu dokonania tych dwóch wynalazków wprawdzie były bardzo przydatne do codziennego użytku, ale dla naukowca nie przedstawiały żadnej wartości. Precyzja ich – pomimo wszelkich starań ze strony konstruktorów – nigdy nie przekroczyła kwadransa na dobę. Były one wszystkie oparte na zasadzie jakiegoś podziału równomiernego przepływu wymierzonej ilości odpowiedniego materiału. Z reguły była nim woda lub piasek; słynny astronom Tycho de Brahe robił doświadczenia także z rtęcią. W każdym razie "równomierność" pracy wszystkich tych zegarów wodnych czy piaskowych w gruncie rzeczy wiele pozostawiała do życzenia. Natomiast wahadło i balans pozwoliły od razu na dokładność chodu do kilku sekund na dobę.

Jakkolwiek postęp był wielki, nie był wystarczający dla astronomów i – na szczęście – także dla żeglarzy. Ci bowiem natychmiast docenili ogromne znaczenie nowych zegarów sprężynowych dla nawigacji na otwartych oceanach. Podobnie bowiem, jak ustalić można trwanie jednego obrotu Ziemi przez określenie czasu górowania gwiazdy, tak samo, odwrotnie, możliwe jest wyznaczenie, w jakim miejscu określona gwiazda musi znaleźć się w określonym momencie nad różnymi punktami powierzchni ziemskiej. Gdy więc żeglarz na rozległym oceanie zmierzy owe "miejsca gwiazd" odpowiednim przyrządem, będzie dokładnie wiedział, gdzie się znajduje, wprawdzie pod bezwzględnie obowiązującym warunkiem, że będzie mierzył pozycję swojej gwiazdy odniesienia dokładnie we właściwej chwili; wszak pozycja ta stale się zmienia wskutek obrotu Ziemi. Innymi słowy, człowiek na statku pod względem dokładności określania swego położenia, a tym samym i swego kursu,

uzależniony jest od dokładności pracy swego pokładowego zegara.

Zobaczmy teraz na konkretnym przykładzie, jak ogromna była właściwie korzyść, która człowiek na morzu wyciągnął z tego wielkiego skoku naprzód, jakim w rozwoju pomiaru czasu był wynalazek zegara sprężynowego. Precyzja "kilku sekund na dobę" stanowi, nawet według współczesnych kryteriów, podziwu godne osiągnięcie techniczne. Niewielu spośród nas posiada zegarki ręczne, które spieszą się bądź spóźniają tylko o kilka sekund na dobę. Tymczasem dla żeglarza, który na statku żaglowym bywał w drodze przez całe tygodnie albo i miesiące, taki stan ma ogromne i bardzo niekorzystne znaczenie; przecież nawet takie małe dobowe odchylenia nieustannie się sumują w trakcie jego podróży. Załóżmy, że ma on na swoim pokładzie zegar, który spieszy się tylko o trzy sekundy na dobę. Po czterdziestodniowej żegludze (a jest to czas zupełnie niezły na przebycie Oceanu Atlantyckiego w XVIII wieku) różnica między jego czasem pokładowym, na jaki jest zdany przy określaniu swego położenia w stosunku do gwiazd, a prawdziwym czasem gwiazdowym, wzrosłaby już do 120 sekund. A w tych 120 sekundach gwiazda odniesienia, wybrana do oznaczenia pozycji statku, przesunęła się już wskutek obrotu Ziemi o dość pokaźny kawałek drogi.

Na tablicach nawigacyjnych pozycje gwiazd w określonych czasach odniesione są do określonych punktów map morskich. Zatem przyspieszone bądź opóźnione oznaczenie pozycji gwiazdy automatycznie prowadzi do błędnego wyznaczenia położenia. Błąd ten zresztą dla trasy północnej (a także dla drogi położonej daleko na południe od równika) nie odgrywa tak zasadniczej roli, ponieważ powierzchnia Ziemi w bliskości bieguna obraca się znacznie wolniej z zachodu na wschód, a zatem gwiazdy zdają się wędrować po niebie odpowiednio wolniej aniżeli na równiku. Gdy bowiem bezpośrednio na samym biegunie północnym czy południowym występuje tylko obrót powierzchni ziemskiej, a nie ma już ruchu boczego, to na równiku każdy punkt musi naturalnie w ciągu tylko dwudziestu czterech godzin przebyć 40 000 kilometrów, co odpowiada szybkości nowoczesnego myśliwca odrzutowego, a mianowicie około 1670 kilometrów na godzinę.

Konsekwencje owej różnicy czasu 120 sekund dla naszego żeglarza zależałyby więc od tego, na jakiej obracałby się szerokości geograficznej. W bliskości równika błąd w wyznaczeniu położenia wyniósłby w przypadku naszego przykładu jednak już 50 lub więcej kilometrów, a jest to błąd bardzo dotkliwy, gdy się dąży do określonego portu – i po dotarciu do nieznanego wybrzeża nie można nawet mieć pewności, czy docelowego miejsca w wymienionej odległości szukać należy w kierunku północnym czy też południowym.

Łatwo sobie wyobrazić, z jakim zachwytem wszystkie admiralicje mocarstw morskich w XVII i XVIII wieku odniosły się do możliwości, które wyłoniły się wraz z wynalezieniem zegara sprężynowego. Wreszcie znaleziono sposób, aby nawet

po wielotygodniowym przemierzaniu otwartych mórz dokładnie określać położenie statku. Cały problem sprowadzał się tylko do tego, aby coraz bardziej udoskonalać dokładność chodu nowego miernika czasu czyli "chronometru", jak go podówczas ochrzczono i po dzień dzisiejszy nazywają w żeglarstwie.

To zainteresowanie admirałów było wielkim szczęściem dla dalszego rozwoju naukowego pomiaru czasu, a tym samym i dla astronomii. Jest to jeden z przykładów na dość często występujące przypadki (budzące zresztą niejednokrotnie pewne zastrzeżenia), kiedy to określona gałąź nauki nagle otrzymuje ogromne poparcie ze strony ugrupowań pozanaukowych – politycznych czy też gospodarczych – które odkrywają możliwość bezpośredniego wykorzystania jej osiągnięć do własnych celów. Właśnie to nastąpiło w XVII wieku w dziedzinie pomiarów czasu. Nagle znalazły się pieniądze, wyznaczono nagrody, a między jednostkami marynarki współzawodniczących mocarstw rozpoczął się wyścig w budowaniu chronometrów.

Najzabawniejsze jest przy tym, że także wielki Isaac Newton widocznie szybko wyczuł koniunkturę, skoro sam podjął się uwiecznionej sukcesem próby zaangażowania środków admiralicji angielskiej w udoskonalenie pomiaru czasu. Za jego to bowiem sprawą rząd angielski w 1714 roku wyznaczył fantastyczną jak na owe czasy nagrodę wysokości 20 000 funtów szterlingów. Majątek taki miał przypaść temu, kto pierwszy potrafi skonstruować chronometr synchronizujący kontynent europejski z amerykańskim z dokładnością co najmniej do jednej minuty. Zdobywca nagrody miał więc zbudować zegar wieziony na żaglowcu wypływającym z Londynu i niezwłocznie powracającym po zawinięciu do określonego portu amerykańskiego. Umieszczony na statku zegar, którego naturalnie w ciągu całej zakrojonej na 120 do 160 dni podróży nikt nie miał prawa cofać – po powrocie do Londynu nie mógł wykazać większego odchylenia od miejscowego czasu jak 60 sekund.

Był to twardy orzech do zgryzienia nie tylko na owe czasy; nawet dzisiaj niewiele jest zegarków ręcznych, które by zdały taki egzamin. Newton już nie doczekał się rozwiązania zainicjowanego przez siebie zadania. Umarł w 1727 roku. Dopiero w prawie pół wieku po ogłoszeniu konkursu rząd angielski musiał sięgnąć do państwowej skiewki, aby wypłacić nagrodę. Szczęśliwym zdobywcą jej był John Harrison, z zawodu cieśla z hrabstwa Yorku, którego bardzo już wcześniej pasowała na zegarmistrza namiętność majsterkowania i zręczność techniczna. Harrison całe swoje życie pracował nad owym problemem, który w świetle ówczesnych możliwości technicznych był właściwie nie do rozwiązania, i niewiele brakowało, aby – pomimo wszystko – rezultat jego pracy przypadł jakiemuś następcy. Dopiero w roku 1761 – a Harrison liczył sobie wówczas sześćdziesiąt osiem lat – wielki cel został osiągnięty. Chronometr Harrisona został przewieziony statkiem z Londynu na Jamajkę i z powrotem w ciągu 151 dni, a po powrocie różnił się od czasu londyńskiego tylko o 56 sekund

Zrobimy teraz krótki przeskok przez dwa wieki, które upłynęły od czasu mistrzowskiego arcydzieła Harrisona, aby porównać, jak się ta sama sprawa przedstawia dzisiaj. Europa i Ameryka są obecnie od jakichś dziesięciu lat zsynchronizowane z dokładnością do jednej milionowej sekundy Oznacza to zwiększenie precyzji pomiaru czasu o mniej więcej jeden do dziesięciu milionów, w zestawieniu ze stanem z roku 1761. Ta niewiarygodna wręcz dokładność pomiaru stała się możliwa dzięki najnowszemu wynalazkowi w zakresie budowy chronometrów, a mianowicie dzięki tak zwanym zegarom atomowym, o których jeszcze będzie mowa. Synchronizację osiągnięto równolegle dwiema różnymi metodami. Pierwsza posłużyła się sztucznym satelitą Telstarem, za którego pomocą wymieniono sygnały czasowe pomiędzy oboma kontynentami. Niezależnie od tego zastosowano także tutaj znowu w zasadzie tę gamę metodę, której użyć musiał przed dwoma wiekami angielski cieśla: chodzący zegar atomowy został przetransportowany samolotem z Europy do Stanów Zjednoczonych, wykorzystany do wyskalowania znajdującego się tamże zegara atomowego, a po przewiezieniu go z powrotem poddany kontroli pod względem ewentualnych zaszłyń w tym okresie odchyłeń w chodzie przez trzeci zegar atomowy, który cały czas pozostawał na miejscu. (Dlaczego przykładą się do tego taką wagę i na czym polega korzyść, aby różne regiony Ziemi zostały dokładnie zsynchronizowane do milionowej części sekundy w sposób tu opisany – o tym także będzie jeszcze mowa później.) :

Dzięki zdolnościom i wiedzy Johna Harrisona i licznych jego kolegów po fachu i następców na całym świecie, ale również i dzięki (wprawdzie nie zawsze bezinteresownemu) poparciu admiralicji wielkich narodów żeglarskich – precyzja chronometrów w ubiegłym stuleciu zaszła wreszcie tak daleko, żeienne odchylenia ruchu wynosiły już tylko ułamki sekundy. Na przełomie wieku istniały już na stałe umiejscowione zegary wahadłowe, które – skrupulatnie chronione przez specjalną obudowę przed wahaniami temperatury, wpływami wilgotności i wstrząsami – spóźniały się lub spieszyły już tylko O niewiele setnych sekundy na dobę.

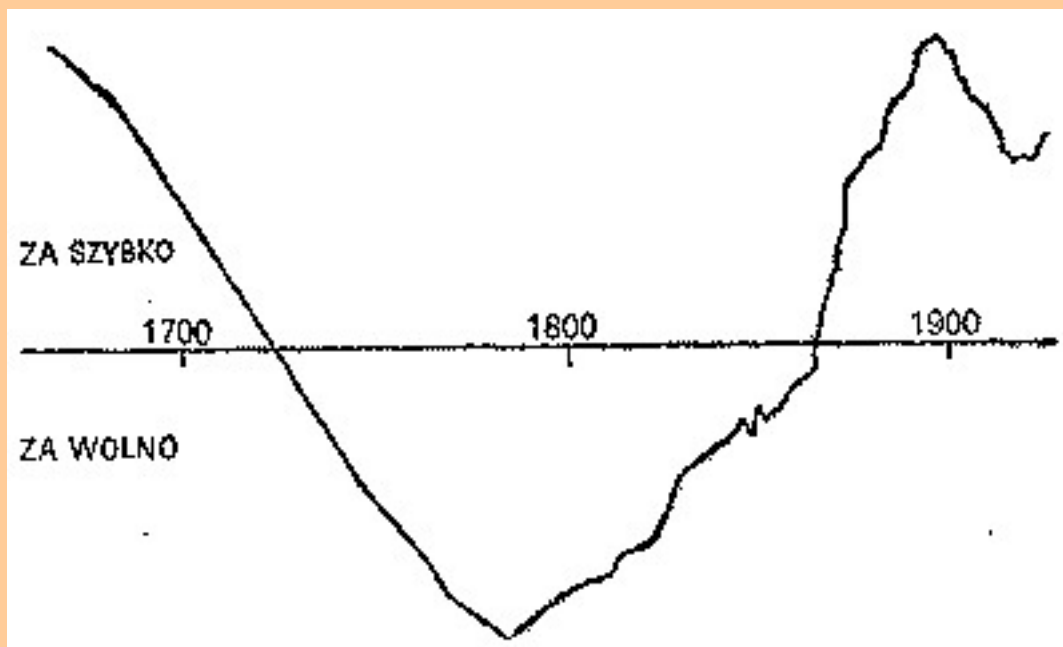
Jednakże precyzja zegarów sprężynowych, jedynych wchodzących w rachubę do celów żeglugi, czyli chronometrów w potocznym tego słowa znaczeniu, nie osiągnęła takiego stopnia doskonałości. Ale tymczasem dawno już dokonano nowego wynalazku, który pozwolił żeglarzom zadowolić się tym, co było: telegrafu bez drutu. Usunął on bowiem za jednym zamachem nieuniknioną dotąd całkowitą izolację statku posuwającego się po rozległym morzu, a tym samym usunął najważniejsze źródło błędów przy oznaczaniu położenia w zależności od czasu w trakcie długich podróży, a mianowicie bieżącą kumulację, sumowanie się dziennych odchyłeń ruchu zegarów pokładowych.

Od tej pory telegraficznie nadawane sygnały czasowe umożliwiająienne regulowanie chronometrów na statkach. W tych warunkach precyzja odchyłeń

ruchu do jednej sekundy w ciągu doby okazała się wystarczająca, a to już od dawna było osiągalne bez większych trudności. Wszak błąd w czasie o jedną sekundę nawet na równiku powoduje błąd w oznaczeniu położenia tylko o 0,4 kilometra. W rzeczywistości zresztą odczytywanie wysokości położenia gwiazd sekstansem z podobną dokładnością nie było nawet w ogóle możliwe w takim stopniu, aby w praktyce precyzję tę można było wykorzystywać. Admirałowie byli więc zadowoleni. Właściwie należałoby się spodziewać, że zadowoleni będą także astronomowie. Po wiekowych wysiłkach i stałych udoskonaleniach, nowoczesne zegary sprężynowe, doprowadzone do ostatecznych na tej drodze osiągalnych granic ideału, pozwalały na dokonanie podziału miernika czasu, a więc jednostki czasu "doba" zdefiniowanej przez obrót Ziemi wokół swojej osi, na tak precyzyjne i drobne ułamkowe części, że powstały warunki do pomiarów orbit z nigdy dotychczas nie spotykaną dokładnością. A wszak ostatecznie celem tej ogromnej pracy – przynajmniej w oczach astronomów – było ściśle określenie torów wszystkich członków Układu Słonecznego i wyprowadzenie wynikających z tego rachunku procesów w nim przebiegających przy zastosowaniu znanych praw mechaniki nieba.

Ale skoro tylko astronomowie zaczęli używać nowo zdobytego miernika czasu i stosować go w swoich pomiarach i obliczeniach do Układu Słonecznego, spotkała ich dziwna niespodzianka. Oczywiście każdy był przekonany, że nadzwyczajny wzrost dokładności pomiarów, na co pozwalał nowy miernik, pociągnie za sobą odpowiedni wzrost precyzji w wyznaczaniu orbit wszystkich ciał niebieskich naszego kosmicznego sąsiedztwa. Tymczasem stało się wręcz przeciwnie. Doprowadzony do tak niebywałej doskonałości miernik nagle okazał się zupełnie nieodpowiedni dla potrzeb astronomii. Gdy astronomowie zaczęli 'posługiwać się nim w pracy – dostali zawrotu głowy: cały Układ Słoneczny zdawał się rytmicznie pulsować w sposób sprzeczny z wszystkimi prawami znanymi od czasów Keplera i Newtona. Cóż się więc stało?

Spójrzmy na konkretny przykład tego, co objawiło się zdumionym oczom obserwatorów. Schemat nasz w postaci krzywej przedstawia prędkości obliczone dla obiegów Księżyca wokół Ziemi na podstawie obserwacji w latach od 1750 do 1920. Sposób podania tych danych jest taki, że przebiegająca poziomo linia zerowa na schemacie określa teoretycznie przewidywaną prędkość ruchu naszego satelity po orbicie, a krzywa wykazuje stopień i rodzaj każdorazowych odchyień rzeczywiście stwierdzonej prędkości Księżyca.



Wahania prędkości obiegu Księżyca w ostatnich stuleciach.
Czyżby cały Układ Słoneczny stosował się do tej samej pulsacji?

Jak z tego widać, prędkość Księżyca w roku 1750 była wyraźnie mniejsza, aniżeli powinna być teoretycznie. Pomimo to w następnych latach zmniejszała się nadal, aż "niedopuszczalne" odchylenie prawie się podwoiło. Działo się to w czasie rewolucji francuskiej. Od tego czasu, wydaje się, że Księżyc bardzo powoli zwiększał swoją szybkość. Nieomal 70 lat upłynęło, nim ruch jego stał się tak prędko, jak powinien być teoretycznie przez cały ten czas. Gdy nastąpiło to w roku 1860, prędkość jego wciąż dalej wzrastała. W czasie przełomu ostatniego i naszego wieku szybkość była prawie o tyle samo za duża, o ile przed przeszło stu laty była za mała. Od tej chwili obserwacje wykazują dość nagle występujące ponowne "zahamowanie" Księżyca, który następnie około 1920 roku przez kilka lat utrzymywał równomierną, aczkolwiek zawsze jeszcze za dużą prędkość, po czym wkrótce nastąpił ponowny wzrost tempa obiegu.

Księżyc zachowywał się więc, innymi słowy, naprawdę "w sposób niemożliwy". Jaką siłą we Wszechświecie można by uzasadnić te pozornie dość nawet regularnie przebiegające "długookresowe odchylenia ruchu Księżyca", jak astronomowie nazwali owo zjawisko? Jaka była tajemnicza przyczyna, która zdawała się nagle, przez okres ponad stu lat, przyspieszać Księżyc, aby go potem równie nagle znowu zahamować?

Zakłócenia torów, obserwowane naturalnie już w odniesieniu do różnych ciał niebieskich, nie były niczym niezwykłym. Przeciwnie, uporczywość, z jaką astronomowie niezmordowanie wciąż od nowa z coraz większą dokładnością wymierzali orbity planet, księżyców i komet w bardzo dużym stopniu wynikała właśnie z chęci odkrycia takich zakłóceń i możliwie ścisłego ich określania. Jakież inny sens miałyby te ciągle powtarzane obliczenia orbit, abstrahując od obliczania nieznanych jeszcze torów nowo odkrytych ciał niebieskich, jak na przykład nowych planet i komet?

Prawa mechaniki nieba znane były od czasów Keplera. Do dnia dzisiejszego nikomu na myśl nie przyszło podawać je w wątpliwość. Od początków XVII wieku każdy astronom wiedział, że wszystkie orbity planet mają kształt elipsy, w której jednym ognisku znajduje się Słońce, i że szybkość obiegu wszystkich ciał niebieskich po ich torach uzależniona jest od ich odległości od gwiazdy, wokół której się obracają. Dlaczego tak jest – na pytanie to dzisiaj nadal nie ma odpowiedzi. Dlaczego obroty ciał niebieskich podlegają prawom, które odczytujemy jako szczególnie proste równania matematyczne – wręcz eleganckie w swojej prostocie? Owa równowaga pomiędzy ruchem gwiazd a wywodzącymi się z naszej logiki regułami arytmetycznymi pozostaje tajemnicą po dzień dzisiejszy. Ale właściwie dotyczy to wszystkich nauk.

W każdym razie nie mogło być żadnej wątpliwości, że nadal obowiązują prawa odkryte przez Keplera i Newtona. Tymczasem planety nie poruszają się wokół Słońca każda sama dla siebie w idealnej samotności, lecz okrążają je po sąsiadujących ze sobą torach z bardzo różnymi prędkościami, zależnymi od ich każdorazowego oddalenia. Wzajemnie się więc wyprzedzają, następnie znów znajdują się przejściowo mniej lub bardziej blisko siebie, w innym okresie znajdują się po dwóch przeciwnych stronach Słońca. Aczkolwiek wydają się bardzo małe w porównaniu ze Słońcem, trzymającym je w niewoli swojej siły przyciągania, oddziałują jednak naturalnie na siebie przez siły wzajemnego przyciągania, "przeszkadzają" sobie zatem na swych torach.

Jest to przyczyna, dla której wszystkie planety odbiegają wciąż od nowa o bardzo drobne wartości od linii idealnego kształtu elipsy keplerowskiej, po której mogłyby się ściśle poruszać wówczas, gdyby we Wszechświecie były tylko same ze Słońcem.

Wytropienie i obliczenie tych minimalnych zakłóceń orbit stanowiło w owym czasie jak gdyby rodzaj zawodów sportowych, w których astronomowie między sobą współzawodniczyli. Ambicja ich była przy tym częściowo podżegana pojawiającymi się niezwykle trudnymi matematycznymi problemami. "Problem n ciał", który tu wchodził w grę, prawa, według których tory dwóch lub więcej ciał niebieskich wzajemnie na siebie oddziaływały w trakcie okrążania Słońca – stanowiły dziedziny matematycznie całkowicie niezbadane. Owe zakłócenia torów pozwalały ponadto na wyprowadzenie coraz to nowych wniosków, na przykład o masie występujących ciał, a tym samym – przynajmniej w pewnej mierze – na wysuwanie prawdopodobnych hipotez w sprawie ich fizycznej natury.

Przede wszystkim jednak nie tylko cały świat naukowy, ale i opinia publiczna od roku 1846 pozostawały pod wrażeniem odkrycia planety Neptuna. Neptuna odkryto bowiem dosłownie przy biurku.

Do roku 1781 cały świat był przekonany, że wokół Słońca krąży łącznie tylko sześć planet (razem z Ziemią). W roku tym jednak nie znany do tej pory

astronom John Frederick Herschel odkrył Urana i zdobył sobie tym sławę światową. Nowa planeta, której parametry toru stały się niebawem przedmiotem studiów i obliczeń obserwatorów na całym świecie, od razu zaczęła astronomom sprawiać bardzo poważne kłopoty. Po prostu nie udawało się im ustalić ostatecznych danych dotyczących jej orbity. Za każdym razem, gdy dochodzono do jakiegoś wyniku, i to wyniku całkowicie zgodnego u różnych obserwatorów, i gdy po pewnym czasie z pełnym zaufaniem przystępowano do poszukiwania planety w obliczonym z góry punkcie nieba, doznawano rozczarowania. Urana nigdy nie było tam, gdzie powinien być się znajdować według wszelkich prawideł, zawsze znajdował się trochę obok. Różnica nie była nigdy szczególnie wielka. Najwyższa jej wartość wynosiła tylko 2 minuty łuku. (Dla porównania: widoma średnica Księżyca w pełni wynosi nieco ponad 30 minut łuku.) Jednakże wobec osiągniętej już w owym czasie dokładności pomiarów astronomicznych nawet wartość 2 tylko minut łuku była za wysoka. Sprzeciwiała się bowiem prawom Keplera.

Skoro nie chciano uciec się do bardzo niezadowolającej i niepokojącej hipotezy pomocniczej, że w tak wielkiej odległości od Słońca prawa owe może nie obowiązywały już tak ściśle, pozostawało tylko jedno rozwiązanie: jakaś dostatecznie wielka masa w otoczeniu Urana musiała "zakłócać" jego orbitę o zaobserwowaną wartość. Ponieważ tor Saturna, sąsiadującego z Uranem "od wewnątrz", w kierunku Słońca, nie wykazywał żadnych zakłóceń, których by nie można było w pełni uzasadnić obecnością dwóch sąsiadujących z nim planet, to jest Uranem, a z drugiej strony Jowiszem, należało przyjąć, że zakłócająca masa porusza się poza torem Urana. Innymi słowy: istniały wszelkie podstawy do hipotezy, że Układ Słoneczny jest znacznie większy, aniżeli do tej pory sądzono. Daleko poza niedawno dopiero odkrytym Uranem musiała istnieć jeszcze jakaś planeta o bardzo znacznych rozmiarach. Zaczęło się więc gorączkowe poszukiwanie "transuranowej planety".

Poszukiwanie to przeprowadzono przy biurku. Ponieważ kierunku poszukiwań nie można było przewidzieć, a tropienie teleskopem na ślepo było beznadziejne wobec przypuszczalnej słabości światła tak odległego obiektu, otwierała się tylko możliwość obliczenia miejsca i prędkości tej jeszcze przez nikogo nie dostrzeżonej planety na podstawie stwierdzonych zakłóceń orbity Urana. Nikt nie wtajemniczony nie potrafi zrozumieć trudności takiego zadania. Zostało ono wspaniale rozwiązane w roku 1846 jednocześnie przez dwóch astronomów, z których żaden nic o drugim nie wiedział, przez Anglika Johna Adamsa i Francuza Urbaina Jeana Josepha Leverrierera. Adams doszedł do prawidłowego rezultatu już parę miesięcy przed Leverrierem; na swoje nieszczęście podzielił się wiadomością o nim tylko ustnie ze znanym sobie astronomem z obserwatorium astronomicznego w Cambridge (który zresztą – jak się następnie okazało z jego protokołów obserwacyjnych – następnego dnia prawdopodobnie rzeczywiście widział nową planetę dwukrotnie) i zaniedbał pisemnego opublikowania swego

odkrycia. Stąd Francuz zebrał sławę i chwałę. Leverrier ogłosił wyniki swych obliczeń w dniu 31 sierpnia 1846 roku i jednocześnie poprosił berlińskiego astronoma Gallego o szukanie nowej planety na obliczonym przez siebie miejscu na niebie. Istotnie Galie wkrótce potem odnalazł owo do tej pory nie znane ciało niebieskie naszego Układu Słonecznego prawie dokładnie w miejscu obliczonym przez Leverriera; było to słusznie podziwiane przez cały świat wyraźne potwierdzenie ogólnej ważności praw Keplera, a także osiągniętej od tego czasu precyzji obliczeń astronomicznych.

Zresztą prawie sto lat później ta sama metoda, powiązana z jeszcze bardziej udoskonaloną tymczasem techniką obserwacyjną, doprowadziła drugi raz do sukcesu. W roku 1930 amerykański astronom Clyde Tombaugh odkrył na płycie fotograficznej maleńki punkcik świetlny: Plutona, małą planetą okrążającą Słońce jeszcze daleko poza torem Neptuna. Odkrycie to umożliwiły obliczenia Amerykanina Percivala Lowella, a podstawą ich były zakłócenia toru Neptuna, wynoszące w tym przypadku tylko kilka sekund łuku. Niektórzy astronomowie uważają za prawdopodobne, że i Pluton nie jest jeszcze ostatnim ciałem niebieskim naszego Układu. Pluton bowiem również biegnie po orbicie wykazującej zakłócenia niedostatecznie dotąd wyjaśnione. Jednakże decydujące rozwiązanie tego problemu będzie możliwe prawdopodobnie dopiero za kilka wieków. Wszak Pluton, proporcjonalnie do swej ogromnej odległości od Słońca – prawie 6 miliardów kilometrów – biegnie po swym torze tak wolno, że obserwowany od roku 1930 odcinek jego orbity jest jeszcze o wiele za mały do dokładnego określenia stwierdzonych zakłóceń i wyciągnięcia z nich rachunkowych wyników.

Zakłócenia torów były więc dla astronomów bardzo dobrze znanym problemem, z którym się wciąż stykali. Natomiast zakłócenia, które ujawniły się z związku z torem Księżyca, wtedy gdy próbowano je przebadać dokładniej niż przedtem przy użyciu nowych zegarów – miały zupełnie inny charakter. Księżyc ze swoją odległością tylko 380000 kilometrów znajduje się tak blisko Ziemi, że istnienie jakiegoś nie znanego dotąd ciała niebieskiego jako przyczyny niezgodnego z regułami zachowania było całkowicie wykluczone. W czym więc tkwił błąd? Jak można było wytłumaczyć, że obieg naszego satelity przez cały jeden wiek był troszeczkę zbyt powolny, potem przez porównywały okres zbyt szybki, przy czym dokonane obserwacje pozwalały na wysunięcie przypuszczenia, że zmiana ta występuje w rytmie stosunkowo równomiernym? Czyżby natrafiono na nową, nie znaną dotąd siłę przyrody?

W trakcie rozważań nad tym zagadnieniem, astronomom nasunęło się bardzo dziwne i bardzo dla nich niepokojące podejrzenie. A może podchodzono do zagadnienia od niewłaściwego końca, może Księżyc zachowywał się całkowicie normalnie na swoim torze, a błąd polegał na mierniku czasu? Przypomniano sobie wtedy nagle, że w ostatnich czasach wystąpiły trudności w określaniu stałej relacji pomiędzy dobą a rokiem. Jak już wspomniano przy wykonywaniu

precyzyjnych pomiarów zdarzało się wciąż od nowa, że Ziemia w ciągu roku obracała się jak gdyby nieco bardziej, niż właściwie powinna była, nie 365,25636 razy dokładnie, ale troszeczkę więcej.

Zaszczepiona nieufność sprawiła, że przystąpiono do przebadania z taką samą dokładnością, jaką zastosowano do Księżyca, kilku bliższych planet, których większe prędkości orbitalne pozwalały na łatwiejsze wytropienie ewentualnych odchyłek. Wynik potwierdził obawy, a tym samym usunął spod stóp mistrzów rachunków astronomicznych grunt, na którym dotychczas pracowali i który przez całe wieki uważali za bezsporną solidną bazę wszystkich swoich wysiłków. U wszystkich przebadanych planet stwierdzono takie same zakłócenia torów, jakie zauważono w odniesieniu do Księżyca, przy czym – a był to rezultat decydujący – zakłócenia te były całkowicie zsynchronizowane i zgodne. Zawsze wtedy, gdy Księżyc zdawał się przyspieszać swój bieg, inne planety wykazywały ten sam objaw, a w okresach, w których ruch Księżyca na niebie pozostawał w tyle w stosunku do prędkości dyktowanych przez prawa Keplera – inne planety zdawały się również zwalniać swój bieg. Wydawało się więc, że w całym Układzie Słonecznym prędkości wahają się rytmicznie, wprawdzie o małe bardzo różnice, ale w całkowicie równym takcie, jak przy potężnym uderzeniu pulsu.

Jedno tylko mogło być wyjaśnienie tego zjawiska. Nie było to nowe prawo przyrody, na jakie natrafiono, lecz tylko złudzenie. Rytmiczne wahania wszystkich prędkości w Układzie Słonecznym nie były realne. Były złudzeniem wywołanym rytmicznie występującymi odchyleniami biegu używanego miernika czasu, a mianowicie "doby gwiazdowej" określonej obrotem Ziemi. Nie mogło być już żadnej wątpliwości, jakkolwiek wniosek zrazu mógł wydawać się niewiarygodny, rozwiązanie zagadki polegało na tym, że najwidoczniej obrót Ziemi nie przebiegał z taką równomiernością, jaką dotąd uważano za zupełnie oczywistą.

Pozwólmy sobie teraz zilustrować na przykładzie, co się właściwie stało. Przyjmijmy, że jakiś klub sportowy wysłał drużynę biegaczy na zawody lekkoatletyczne. Wszyscy biegacze są starannie trenowani, -a kapitan drużyny najdokładniej zna ich "indywidualne czasy". W pierwszym dniu zawodów stwierdza, że wszyscy członkowie drużyny biegali lepiej niż kiedykolwiek, i to wszyscy lepiej o ten sam czas. Zrazu byłby nawet bardzo uradowany. Zaskoczyłaby go jednak otrzymana natychmiast wiadomość, że u innych uczestniczących biegaczy zaobserwowano takie samo "wzmożenie sprawności", i to dokładnie w takim samym stopniu. Gdyby wypadek ten rzeczywiście kiedykolwiek nastąpił, wszyscy naturalnie pomyśleliby zaraz, że coś musi być nie w porządku ze stoperem sędziego mierzącego czas.

W naszym przykładzie okazałoby się, że zegar użyty do mierzenia szybkości biegaczy szedł nieco za wolno. Sprawa jest przecież jasna: jeżeli stoper chodzi za wolno, jeżeli na przykład wykazuje dopiero 10,0 sekund, pomimo że minęło

już sekund 11,0, wtedy dla sprintera, który dotychczas był tylko "dobry", zostaje stwierdzony czas w klasie światowego rekordu. Gdyby zegar szedł za szybko, sprawa miałaby się odwrócić. Wskazywałby on wtedy na przykład już 12,0 sekund, gdy naprawdę upłynęło dopiero 11,0 sekund. Sprinter, który jeszcze przed chwilą był "dobry", nagle jak za dotknięciem czarodziejskiej różdżki osiągałby już tylko wyniki przeciętne. Dopóki nikt nie wpadnie na pomysł, że winien jest zegar, ogólne wrażenie będzie, że szybkość biegaczy uległa zmianie. Gdy zegar chodzi wolniej, szybkość ich zdaje się wzrastać – i odwrotnie.

Dokładnie to samo działo się przy stale równych i w równym takcie pojawiających się zmianach prędkości wewnątrz Układu Słonecznego. I one także były pozorne, co każdy natychmiast zrozumiał, gdy tylko zaświtała niewiarygodna zrazu myśl, że bieg używanego do pomiarów zegara podlega wahaniom. Mierzono zaś przy użyciu "doby gwiazdowej" i jej podjednostek. Podstawową jednostką wszystkich pomiarów był więc obrót Ziemi wokół swojej osi. Obrót ten służył do kontroli i regulowania sztucznych zegarów z coraz to wzrastającą dokładnością, te zaś – do podziału jednostki podstawowej na coraz to drobniejsze części ułamkowe; a wszystko naturalnie w przyjętym za oczywiste przekonaniu, że czas trwania każdej doby gwiazdowej jest absolutnie stały i każda dowolna doba jest równa innym, ponieważ nie znajdowano żadnego powodu, dla którego Ziemia nie miałaby się obracać z absolutną regularnością. Tymczasem właśnie to założenie okazało się teraz błędne, a był to fakt, który z przyczyn zrozumiałych zakrawał wręcz na sensację. A rzecz nie była oczywista chociażby dlatego, że owo niespodziewane odkrycie wywołało natychmiast dwa zupełnie zasadnicze pytania.

Pierwsze pytanie dotyczyło możliwości znalezienia namiastki dla używanej dotąd miary czasu, która okazała się tak nieodpowiednia. "A jeśli sól zwierteje, czym solona będzie?" Jeżeli zegar kosmiczny, którym się dotychczas posługiwano, przy bliższym poznaniu zaprezentował się jako zupełnie nieodpowiedzialny – gdzież można by znaleźć inny miernik czasu do mierzenia w sposób budzący zaufanie procesów przebiegających na niebie? Drugie pytanie odnosiło się oczywiście do przyczyny nieregularności samej rotacji ziemskiej. Jakżeż było możliwe, aby ciało niebieskie obracając się wokół siebie swobodnie w pustym Wszechświecie nie stosowało przy tym absolutnej regularności? Jak się – wprawdzie znacznie później – okazało, odpowiedzi na oba pytania udzielił jeden i ten sam przyrząd, a był nim zegar atomowy.

KOSMICZNY PIRUET

DOKŁADNOŚĆ DO JEDNEJ MILIARDOWEJ CZĘŚCI PRO-MILLE •
ZAGADKOWY RYTM ZIEMSKI • CZY ISTNIEJE CZAS
ABSOLUTNY? 0 OBROTY SĄ SZYBSZE, BO PADA DESZCZ

Zawsze, gdy w jesieni liście spadają z drzew, Ziemia obraca się odrobiną prędzej. Wszystkie dni są więc w jesieni troszeczkę krótsze od "normalnej" 24-godzinnej przeciętnej. Różnica nie jest wielka, ale bezspornie uchwytana: wzrasta do maksymalnej wielkości 0,06 sekundy, których jesiennym dniom jak gdyby "brakuje". Każdej wiosny dokładnie ta sama ilość znowu im przybywa. Jest to jeden z elementów zakłócających – jak się przy dokładniejszych badaniach okazało – rotację naszego globu, uchodzącą do tej pory za regularną. Poza tym wykryto jeszcze kilka innych zakłóceń, z chwilą gdy powstały zegary przewyższające swoją dokładnością wszystkie naturalne astronomiczne mierniki czasu w takim stopniu, że umożliwiły naukowcom kontrolowanie tychże mierników. Bardzo szybko ujawniło się, że ich przysłowiowa regularność nie jest tak bezsporna, jak dotąd sądzono, w każdym razie wtedy gdy przeprowadzano kontrolę z dokładnością, na jaką pozwalały nowe zegary. W roku 1929 wynaleziono najpierw zegary kwarcowe. Zasada ich polega na tym, że kryształ kwarcowy można przez zastosowanie prądu elektrycznego wprowadzić w nadzwyczaj szybkie, a zarazem niezmiernie regularne drgania. A przecież drgania o możliwie największej regularności stanowią podstawę wszelkich pomiarów czasu, a więc zarówno dawnych zegarów wahadłowych, jak sprężynowych, wyposażonych w "drgający balans". Przy wykorzystaniu drgającego kryształu kwarcowego jako zegara trzeba było oczywiście jeszcze rozwiązać bardzo trudne problemy natury technicznej, związane ze znalezieniem jakiegoś sposobu rejestrowania czy też liczenia jego drgań bez oddziaływania na nie. Gdy to się udało, osiągnięto za jednym zamachem dokładność do jednej milionowej sekundy na dobę.

Istnieje jednak pewna decydująca wada charakterystyczna dla wszystkich zegarów kwarcowych, uszczuplająca w bardzo poważnym stopniu ogromny postęp reprezentowany przez zegary tego typu. Kryształ kwarcowy bowiem przez narzucane mu elektryczne drgania stosunkowo szybko zmienia swoje właściwości mechaniczne. A od nich wszak zależy częstotliwość jego drgania. Innymi słowy, uzyskano wprawdzie zegary o precyzji do tej pory wręcz niewiarygodnej, ale ich niezwykła dokładność trwa przez czas stosunkowo krótki, w najlepszym razie kilku miesięcy. Po tym okresie występują odchylenia w chodzie zegara, które unicestwiają wszystkie dopiero co osiągnięte korzyści. Zatem zegary kwarcowe raczej nie nadawały się do sprawdzania obrotów Ziemi, kiedy mierzyć należało nie tylko długość doby, lecz także długość roku.

Dopiero od niewielu więcej niż kilkunastu lat dysponujemy chronometrami spełniającymi wszystkie wymagania, jakie stawia zadanie przekontrolowania astronomicznej normy czasu. Zegary owe również mierzą czas przez wykorzystanie procesu naturalnego, którym jednak w tym przypadku nie jest już astronomiczny przebieg ruchu, lecz drgania atomów określonego pierwiastka. Nie musimy się tutaj zajmować szczegółowo budową tych zegarów ani sposobem, w jaki został rozwiązany problem rejestracji tego rodzaju drgań atomowych z ich nadzwyczaj wysokimi częstotliwościami. Ważny dla nas jest fakt, że naturalna norma drgań własnych określonego atomu pozwala na wręcz niewyobrażalną dokładność pomiarów i że precyzja takiego atomowego zegara – tak brzmi nazwa całego urządzenia – według tego, co nam wiadomo, jest absolutnie stała.

Precyzja tego nowego pokolenia zegarów jest rzeczywiście tak wyjątkowa, że nawet trudno ją zilustrować przykładem. Wyrażona zwykłymi cyframi wynosi 10^{-15} , czyli 1: 10 bilionów. Jest to dokładność do jednej dziesięciomiliardowej części promille. Wszystko to brzmi dumnie, ale laikowi matematycznemu niewiele mówi. Stopień niezawodności nowej normy czasu staje się bardziej zrozumiały, gdy sobie wyobrazimy, że dwa zegary atomowe, które by zostały skonstruowane i wzajemnie zsynchronizowane w roku zerowym, a następnie całkowicie pozostawione w spokoju, obecnie – to znaczy 2000 lat później – różniłyby się między sobą o najwyżej jedną tysięczną sekundy. Na czym jednak właściwie polega korzyść takiej niewiarygodnej dokładności? Możliwość rozłożenia jednej milionowej części sekundy na dziesiątki tysięcy dokładnie równych sobie części ułamkowych może istotnie zaspokoić ambicję technika opętanego dążeniem do najwyższych szczytów dokładności, ale laikowi nasuwa się pytanie, jakie to procesy mają być jeszcze mierzone przy użyciu miernika czasu, którego skala wykazuje ułamkowe części jednej milionowej sekundy. Tymczasem takie postawienie pytania jest błędne. Nie chodzi bowiem oczywiście o to, aby obliczać procesy w takich rzędach wielkości, lecz jedynie różnice w czasie. Niezwykłe możliwości wynikające z wynalezienia zegarów atomowych polegają na precyzji synchronizacji różnych procesów i na całkowicie niezawodnym sprawdzaniu stałości określonych przebiegów.

W poprzednim rozdziale była już mowa o tym, że przed kilku laty zadano sobie trud zsynchronizowania Europy z Ameryką z dokładnością do jednej milionowej sekundy przy użyciu trzech zegarów atomowych, z których jeden był przewożony w tę i znowu w tamtą stronę samolotem. Po co ten cały kram? Jedną z wielu odpowiedzi na to pytanie brzmi, że taka precyzyjna synchronizacja stwarza warunki do całkowicie nowego systemu lokacji samolotów. W dzisiejszych czasach już nie admirałowie gotowi są wydawać bajątkowe sumy na coraz większe udoskonalenia pomiarów czasu; obecnie mecenasami w tym zakresie są przede wszystkim marszałkowie broni powietrznej. Gdyż system lokacyjny oparty na porównaniu czasów przebycia poszczególnych odcinków drogi przez

fale radiowe jest uniezależniony od pogody i nie ulega wpływom ani atmosferycznym, ani umyślnych zakłóceń.

Lokacja dokonywana jest w zasadzie w następujący sposób: kilka nadajników nieregularnie rozrzuconych na dużym terenie, wypromieniowuje krótki przerywany sygnał w dokładnie tym samym czasie. Sygnały te, odbierane na pokładzie samolotu, dochodzą oczywiście nie całkiem jednocześnie, nigdy bowiem wszystkie nadajniki nie będą się znajdowały w równej odległości od samolotu, a także dlatego że nawet sygnał radiowy, jakkolwiek bardzo prędko, potrzebuje pewnego czasu na przebycie drogi między nadajnikiem a samolotem. Kwarcowy zegar na pokładzie samolotu rejestruje różnice czasu pomiędzy nadejściem rozmaitych sygnałów, z których każdy jest jednoznacznie przyporządkowany do określonego nadajnika przez nieco odmienne częstotliwości. Zmierzone interwały czasowe wprowadza się do komputera, który przelicza je na różnice odległości. Wtedy wystarczy tylko, aby nawigator naniósł owe odległości na swoją mapę, na której zaznaczone są miejsca umieszczenia nadajników; po czym może on dokładnie podać, gdzie znajduje się samolot w chwili pomiarów.

Niezbędnym warunkiem tego systemu jest naturalnie możliwie precyzyjna synchronizacja nadajników wysyłających sygnały czasowe. Tylko w przypadku gdy owe wysłania następują naprawdę jednocześnie, można obliczać wymierzone na pokładzie samolotu różnice czasów jako wynik różnic między odcinkami dróg sygnałów radiowych, a więc jako odległości pomiędzy nadajnikiem a samolotem. Przy szybkości tych sygnałów wynoszącej 300000 kilometrów na sekundę – różnica czasu jednej milionowej części sekundy odpowiada już odcinkowi drogi długości 300 metrów. O taką wielkość więc wszystkie lokacje uzyskane tym systemem byłyby już z góry wadliwe, gdyby synchronizacja wszystkich nadajników wysyłających sygnały czasowe wykazywała dokładność "tylko" do jednej milionowej sekundy. Dzięki temu zaś, że zegar atomowy jest wciąż przenoszony z jednego z uczestniczących nadajników do następnego, gdzie dokonuje się skalowania i regulacji zegara atomowego zainstalowanego tam na stałe, można zapewnić "jednoczesność" wypuszczania sygnałów przez poszczególne nadajniki z dokładnością do stumilionowej części sekundy, a nawet i więcej. Byłaby to więc teoretycznie tolerancja błędu do tylko 3 metrów przy każdej lokacji. (Naturalnie że z tej teoretycznie osiągalnej precyzji zawsze znaczna część przepada znów w wyniku nieuchronnych błędów w pomiarach i obliczeniach.) W miarę jak tym sposobem przez coraz dokładniejsze przestrzeganie "jednoczesności" między grupami nadajników następuje coraz dalsza redukcja tolerancji błędu, dochodzimy powoli do stanu, gdy lokacja będzie tak niezawodna (teoretycznie błędy wynosić będą już tylko centymetry czy też nawet milimetry), że pewnego dnia zostanie na tej zasadzie skonstruowany w pełni zautomatyzowany system robota-pilota ze sterowanym przez komputer lądowaniem w nocy bądź też w gęstej mgle.

Obecnie już wykorzystuje się opisany proces do celów wojskowych. Na przykład łodzie podwodne po długotrwałym zanurzeniu albo też w czasie zanurzenia ustalają swoją pozycję przy użyciu otwartej boi odbiornikowej, stosując pomiary oparte na różnicach czasu nadejścia sygnałów zsynchronizowanych wzajemnie nadajników. Metoda ta ma tę niezwykłą zaletę, że łodzie same mogą pozostawać "nieme" i nie zdradzać swej obecności przez własne sygnały namiarowe. Z podobnych przyczyn także w astronautyce, na przykład przy zdalnym sterowaniu sond kosmicznych, niezbędna jest synchronizacja o równie wielkiej precyzji. Niechaj pociechą nam będzie świadomość, że prędzej czy później ten proces, gdy całkowicie dojrzeje i stanie się w dostatecznym stopniu opłacalny, zostanie niewątpliwie zastosowany także w powszechnej komunikacji lotniczej do sterowania automatycznych systemów lądowania, a więc na użytek "zwykłych" cywilów.

Drugą decydującą zaletą, jaką daje niebywała precyzja zegarów atomowych, jest możliwość sprawdzania stałości pewnych przebiegów z dokładnością większą aniżeli do tej pory. Ma to przede wszystkim nieocenione znaczenie dla wielu zagadnień naukowych. Mówiliśmy na początku tego rozdziału o tym, że Ziemia zawsze w jesieni obraca się nieco prędzej, a na wiosnę o tę samą wartość znowu wolniej (do 0,06 sekundy na 24 godziny). Bez zegarów atomowych nie wiedzielibyśmy jeszcze do tej pory nic o tej niedawno odkrytej, związanej z porami roku, a więc "sezonowej", periodycznej nieregularności obrotu naszej planety. Naturalnie nie odczuwamy tego całego, wysoce interesującego i ciągle jeszcze nie całkowicie wyjaśnionego zjawiska wcale, na to wahania te są o wiele za nikłe. Ale nie potrafimy ich stwierdzić również przez pomiary. Tak drobne różnice w czasie, które zresztą powstają bardzo stopniowo, na przestrzeni tygodni i miesięcy, możemy rejestrować nawet najdokładniejszymi zegarami "zwykłymi" tylko wówczas, gdy różnice te stopniowo coraz bardziej się sumują na długich odcinkach czasu, aż urosną do wymiernego odchylenia pomiędzy wartością teoretycznie obliczoną a faktycznie wymierzoną.

Tymczasem w tym przypadku chodzi przecież o wahania periodyczne, które na przestrzeni pełnego roku zawsze się znowu w regularnym rytmie wyrównują.

Regularność owych periodycznych wahań ziemskiej rotacji mogłaby może zrazu budzić pewne wątpliwości. Okresowe zmiany prędkości, z jaką Księżyc zdawał się krążyć wokół Ziemi, przy dokładniejszej analizie zjawiska okazały się przecież swego czasu zmianami pozornymi. Złudzenie to wywołane było przez sprawdzanie ruchu Księżyca przy użyciu pewnej miary czasu uznawanej za stałą, a która w rzeczywistości podlegała była długofalowej niedokładności biegu, odczuwalnej dopiero po setkach lat. Czy zatem i ta dziwna, uzależniona od pór roku okresowość rotacji ziemskiej nie jest może także złudzeniem, którego źródła szukać należy w okresowości zastosowanego w tym przypadku atomowego miernika czasu? Zapytując inaczej: czy możemy dzisiaj właściwie być absolutnie pewni, że używany przez nas obecnie wzorzec czasu naprawdę

jest stały?

Odpowiedź na to musi brzmieć zasadniczo: "nie". Nie mamy żadnego sposobu zbadania stałości tych atomowych częstotliwości, chyba że kiedyś będziemy dysponowali możliwością stosowania wzorca jeszcze dokładniejszego. Ale tego nie można sobie wyobrazić nawet teoretycznie, a coś dopiero praktycznie. Poza tym taka sytuacja przesunęłaby tylko postawiony tutaj problem w czasie, gdyż to samo pytanie – stały czy też nie? – można by sobie naturalnie zaraz znowu postawić w odniesieniu do tego nowego wzorca. Właśnie w stosunku do krótkookresowych wahań rotacji ziemskiej związanych z porami roku – a to samo dotyczy także innych do tej pory odkrytych czynników zakłócających – wiele jest jeszcze nie wyjaśnionych zagadnień szczegółowych (odkrycie ich jest wszak sprawą zupełnie nową), pomimo to jednak zasadnicze powiązania pomiędzy zmianami prędkości obrotu Ziemi a pewnymi związanymi z porami roku procesami zachodzącymi na jej powierzchni są tak oczywiste, że nie można już w żadnym razie wątpić w realność samego zjawiska.

W zasadzie musimy więc oświadczyć, że nie możemy wiedzieć, czy atomowy miernik czasu jest naprawdę stały. Zarówno logika, jak wszystkie doświadczenia naukowe zdają się za tym przemawiać. Mimo to trzeba przyznać, że procesy przebiegające w czasie możemy zawsze mierzyć tylko przez porównanie ze zjawiskami periodycznymi, co do których zakładamy, że przebiegają równomiernie. Z początku do tego celu przyjmowano obroty Ziemi. Wreszcie już nawet zegar wahadłowy udowodnił – poprzez okreśną drogę pomiarów prędkości Księżyca – że wzorzec ten nie jest tak stały, za jaki go uważano. Obecnie z kolei badamy ową klasyczną normę, to jest rotację ziemską, zegarami atomowymi. Nie mamy żadnej możliwości sprawdzenia ich stałości. Gdyby na przykład w toku dziejów Wszechświata atomowe częstotliwości wahań z wolna wzrastały bądź się zmniejszały – jest to czysta spekulacja myślowa, której ani udowodnić, ani zaprzeczyć nie można – nie moglibyśmy nic o tym wiedzieć. A tymczasem błąd z tego wynikający, dla nas niewidoczny, tkwiłby we wszystkich prawidłach i wzorach, którymi usiłujemy Wszechświat ten opisać.

Mierzyć znaczy "porównywać". Przy każdym pomiarze jest się zależnym bez względu na wyniki od niezawodności zastosowanego miernika. Gdyby jakiś nadziemski demon potrafił świat cały, począwszy od rozmiarów subatomowych aż do przeciętnego odstępu pomiędzy poszczególnymi galaktykami, ścisnąć bądź rozciągnąć tysiąc lub milionkroć – nic nie moglibyśmy z tego zauważyć, gdyż w zmianie tej uczestniczylibyśmy i my sami, i wszystkie nasze mierniki. A gdyby ta sama istota wpadła na pomysł zwolnienia bądź przyspieszenia wszystkich przebiegających w tym Wszechświecie procesów albo też "zatrzymania" całego świata na pewien dowolny przeciąg czasu – i to również stanowiłoby zdarzenie dla nas niezauważalne.

Wszystkie te rozważania i dociekania – o ile pamiętamy – nie mają nic

wspólnego z czasem "jako takim". Wymienione tutaj możliwości dotyczą wyłącznie zasadniczych warunków, które musi uwzględnić naukowiec przystępujący do definiowania i mierzenia czasu "obiektywnego". Właśnie owe rozważania wykazały nawet bardzo dobitnie, że nie pozostaje mu nic innego, jak postępować całkowicie pragmatycznie, czyli – jak się dzisiaj chętnie mówi – "operatywnie". Przez swoje postępowanie praktyczne, swoje działanie, czy też rzeczywiście "operowanie", definiuje on to, co mierzy, w tym przypadku więc czas, absolutnie bez żadnej możliwości rozumowego dociekania, czym właściwie "jest" czas i w jakim sensie może on w ogóle w tej abstrakcyjnej formie istnieć. Do roku 1965 sekunda oficjalnie była jedną 31 556 925,9747 częścią roku. Od 1965 roku za sekundę uchodzi czas potrzebny na to, aby atom cezu wahał się tam i z powrotem 9192 631770,0 razy. Jest to uchwała podjęta w 1964 roku w Paryżu przez Generalne Zgromadzenie Międzynarodowego Komitetu Miar i Wag.

Zegary atomowe umożliwiły w ostatnich dziesięciu latach nie tylko dokonywanie dokładnych pomiarów zakłóceń, którym ziemską rotację podlega, lecz także rozłożenie ich na szereg od siebie niezależnych składników, mogących sprowadzać się do bardzo różnorodnych przyczyn. Jakkolwiek odkrycie, że Ziemia nie obraca się równomiernie, wywołało zdumienie, dokładniejsze badania przy użyciu nowych mierników czasu wykazały nawet, że istnieje prawdopodobnie wiele różnych czynników przeszkadzających naszej Ziemi w niezakłóconym wykręcaniu swych piruetów w wolnym Wszechświecie. Naturalnie nie wszystkie przyczyny są nam dzisiaj już znane, na to czas badań jest jeszcze o wiele za krótki. Przecież każdy zrozumie, że nie sposób już przeanalizować na podstawie badań prowadzonych dopiero niewiele ponad dziesięć lat opisanych na przykład w poprzednim rozdziale długookresowych wahań obrotów Ziemi występujących prawdopodobnie w rytmie wieków. Nie mamy więc obecnie jeszcze najmniejszego wyobrażenia o tym, co stanowi przyczynę tego długookresowego rytmu, nie możemy nawet jeszcze wysunąć jakiegoś prawdopodobnego teoretycznego przypuszczenia w tym zakresie.

Inaczej ma się sprawa z wymienianymi już przez nas wahaniami związanymi z porami roku, które się w opisany sposób stale w ciągu jednego roku wyrównują. Gdy pomyślimy nad tym, jaki to czynnik związany ze zmianą pór roku i występujący "sezonowo" mógłby kryć się za tym zjawiskiem, zrozumiemy, że Ziemia tutaj najwyraźniej rzeczywiście wykonuje kosmiczny piruet. Owo zmienne przybywanie i ubywanie prędkości bowiem najwidoczniej powstaje w taki sam sposób, w jaki efekt ten osiąga łyżwiarka popisująca się piruetem i zmieniająca przy tym kilkakrotnie szybkość swoich obrotów przez to, że ramiona bądź przyciska ciasno do ciała, bądź też potem wyciąga daleko w obie strony od siebie. Jej ruch obrotowy staje się natychmiast szybszy, gdy ściąga ona ramiona, a od razu znacznie maleje, gdy je następnie rozkłada. Ważne jest przy tym, że może ona manewr ten powtarzać kilkakrotnie raz za razem z tym samym

rezultatem. Nie jest więc na przykład tak, że szybkość jej obrotów, gdy raz już została zwolniona wyciągnięciem ramion, nie mogłaby już wzrastać. Używając pojęć z dziedziny fizyki, można powiedzieć, że moment pędu, którego nabrała przez początkowe wejście w piruet, utrzymuje się. Nie zostaje on więc zużyty przez wyciąganie ramion (natomiast bardzo wolno tylko przez tarcie łyżew na lodzie i opór powietrza). Łyżwiarka może zatem nabyty raz impuls obrotowy kilkakrotnie dowolnie "wymieniać" bądź na szybki ruch żyroskopowy, w trakcie którego wszystkie części jej ciała przebywać muszą w czasie każdego obrotu stosunkowo krótką drogę, bądź na ruch powolny, jaki obserwujemy, gdy części jej ciała, a więc ramiona i ręce, przebywają stosunkowo długą drogę.

Zjawisko opisane w związku z łyżwiarką dotyczy również Ziemi, gdyż prawa mechaniki obowiązują niezależnie od natury poruszającego się obiektu. Stała, wraz z następowaniem pór roku występująca zmiana pomiędzy szybszym a wolniejszym obrotem, bez zanikania impulsu obrotowego, jest także w przypadku Ziemi efektem piruetu. Teraz musimy tylko zapytać o to, jakie to części Ziemia nasza wyciąga na wszystkie strony w przestrzeń, gdy szybkość jej na wiosnę maleje, i co do siebie przyciąga, gdy w jesieni jest przeciwnie.

Według wszelkiego prawdopodobieństwa w przypadku Ziemi są to potężne ilości wody, które w rytmie pór roku wędrują tam i z powrotem pomiędzy glebą ziemską a atmosferą. Zawsze gdy na wiosnę wzrasta intensywność promieniowania słonecznego i powierzchnia Ziemi dziesiątki temu wyraźnie się rozgrzewa, najwyższe warstwy skorupy ziemskiej wskutek tego ocieplenia odpowiednio wysychają, co oznacza, że zawarta w nich wilgoć w dużej części uchodzi w górę do atmosfery w postaci pary wodnej.

Owe miliardy ton wody, które każdej wiosny i każdego lata unoszą się z powierzchni Ziemi do góry na wysokość wieluset albo też kilku tysięcy metrów, są "ramionami", które Ziemia nasza w tych porach roku wyciąga w przestrzeń w trakcie swego kosmicznego piruetu i które za każdym razem wyraźnie opóźniają jej ruch żyroskopowy, zupełnie tak samo jak w przypadku łyżwiarki. Wprawdzie owe paręset czy też tysiąc metrów tego "rozciągania" wobec 12000 kilometrów średnicy ziemskiej stanowią stosunkowo niewielką zmianę warunków, ale też efekt wynosi maksymalnie tylko 0,06 sekundy na dobę. A każdej jesieni ten sam proces przebiega w kierunku przeciwnym. W tej porze bowiem balast wodny uniesiony do atmosfery w poprzednich miesiącach w stosunkowo krótkim czasie znów spada na Ziemię w postaci deszczów.

Czy jednak w całym tym wyjaśnieniu, jakkolwiek brzmi ono bardzo prawdopodobnie, nie tkwi jakiś błąd myślowy? Wszak pory roku występują na północnej i południowej półkuli Ziemi wymiennie. Gdy na północy budzi się wiosna, w Australii i Południowej Afryce rozpoczyna się jesień, a listopad cieszy się w tych południowych szerokościach geograficznych z tych samych powodów taką samą popularnością i – co brzmi dla nas dziwnie – takimi samymi

romantycznymi atrybutami jak u nas maj. A zatem procesy, których użyliśmy właśnie dla wyjaśnienia planetarnego zjawiska piruetu, powinny się właściwie na północnej i południowej półkuli wzajemnie równoważyć. Bo przecież zawsze wtedy, gdy u nas na wiosnę wahające się tu i tam w rytmie pór roku ilości wody unoszą się w górę, spadają one w następującej w tym samym czasie porze jesiennej na półkuli południowej. Wydaje się więc w pierwszej chwili, jakoby oba efekty musiały się wzajemnie znosić. Wówczas musielibyśmy naturalnie zrezygnować z nich jako wyjaśnienia całego zjawiska. Ale wystarczy spojrzeć na mapę świata albo jeszcze lepiej na globus, aby natychmiast zobaczyć, dlaczego to wyrównanie jednak następować nie może. Masy lądu, na których zaznaczają się najsilniejsze wahania temperatury związane z porami roku, są bowiem na globie naszym rozmieszczone w najwyższym stopniu nierównomiernie. Kontynenty półkuli północnej swymi rozmiarami przewyższają w takim stopniu kontynenty południowej połowy, że zmiany wywołane w tym rejonie przez pory roku biorą górę i powodują opisane przez nas zjawisko. Jest to też powód, dla którego właśnie nasze pory roku, a nie półkuli południowej, jak gdyby przewodzą w całym tym procesie i wywierają wpływy decydujące.

Czy zjawisko wywołane jest wyłącznie tymi ruchami wody pomiędzy skorupą ziemską a atmosferą – tego nie możemy stwierdzić z całą pewnością. Istnieje jeszcze wiele innych czynników występujących okresowo wraz z nadejściem i przemijaniem pór roku; one również mogą wchodzić w grę jako przyczyny. Możliwe więc, że nie tylko – jak mówiliśmy na początku rozdziału – element czasu decyduje o tym, że Ziemia obraca się zawsze nieco szybciej, gdy liście spadają z drzew. Liście są wprawdzie bardzo lekkie, a drzewa niezbyt wysokie. Ale na Ziemi rośnie wiele drzew i razem wzięwszy niezliczona ilość liści. A gdy w jesieni spadają one mniej lub więcej jednocześnie na ziemię, to według opinii niektórych poważnych naukowców i taki proces może przyczyniać się do tego, że tempo piruetu kosmicznego wykonywanego we Wszechświecie przez naszą planetę przejściowo nieco zwiększa swoją szybkość.

KSIĘŻYCOWY HAMULEC

CZY PRZYCZYNA TRZĘSIENÍ ZIEMI MA CHARAKTER
KOSMICZNY? • PARADOKSALNA GÓRA WODNA • PRZYPŁYW
WCALE NIE PŁYNIE • JEDNORAZOWO OTRZYMANY MAJĄTEK
ZIEMI • ROK JASZCZURÓW MIAŁ O 20 DNI WIĘCEJ

"Nie ma reguły bez wyjątku." Prawidło to zawierające w sobie sprzeczność – skoro bowiem samo jest regułą, zatem jego przeciwieństwo jako wyjątek, również musi być prawdą – prawidło dotyczy również obecnego stanu młodej jeszcze dyscypliny, która w obrębie geofizyki za zadanie postawiła sobie studia nad rotacją ziemską i przyczynami jej nieregularności. Regułą w tym wypadku jest, że analiza krótkookresowych zakłóceń ma więcej szans powodzenia aniżeli analiza zakłóceń długookresowych. Poznaliśmy już przykłady obu.

W tym rozdziale napotkamy tylko dwa wyjątki. Pierwszy polega na zdecydowanie krótkookresowych zmianach, a mianowicie przyspieszeniach i opóźnieniach tempa, w którym Ziemia obraca się w przestrzeni, występujących nagle i w sposób nieobliczalny, przy czym poszczególne zakłócenie za każdym razem wyraża się tylko bardzo małymi wartościami. Można powiedzieć, że całe szczęście, bo gdyby rzecz miała się inaczej, każde takie wydarzenie równałoby się katastrofie, która zdewastowałaby naszą Ziemię. Wystarczy sobie wyobrazić, co się dzieć może – aby użyć dla ilustracji tylko jednego przykładu – w zatłoczonym autobusie przy niespodziewanym zahamowaniu, aby mieć pojęcie, do czego mogłyby doprowadzić tego rodzaju równie niespodziewane działania hamujące obrót Ziemi, gdyby były większe niż tylko znikome. Domy, ludzie, drzewa, cały luźny grunt, może nawet całe pasma górskie zostałyby nagle jak gdyby czarodziejską ręką przyspieszone, w jednej chwili wyrwane ze swego stałego miejsca i z niszczycielską prędkością odrzucone w kierunku dokładnie na wschód. Na szczęście więc rozmiar tego zakłócenia jest w rzeczywistości o wiele za nikły, aby wywołać taką katastrofę na miarę światową. Przynajmniej tak było dotąd, i to nie tylko w naszych czasach, ale niewątpliwie i w ciągu całego okresu dziejów Ziemi. Zmiany, które katastrofa o takim zasięgu wywołałaby na naszej skorupie ziemskiej, byłyby tak radykalne, że w toku obecnych badań geologicznych nie ukryłyby się przed nami nawet po setkach milionów lat.

Okoliczność ta stwarza wszelkie podstawy do usunięcia naszych obaw. Inaczej bowiem sytuacja byłaby o tyle nieprzyjemna, że przecieź do dnia dzisiejszego w ogóle nie mamy najmniejszego pojęcia, skąd się właściwie biorą te nieobliczalne występujące nagle procesy hamowania i przyspieszania.

Niektórzy geofizycy doszukują się tych przyczyn w nieregularnym rozmieszczeniu stałych części w obrębie płynnych warstw jądra ziemskiego,

które każdorazowo miałyby powodować pewne przesunięcia punktu ciężkości naszego globu. Hipoteza ta nie bardzo przekonuje, gdyż raczej prawdopodobne jest, że w żarze wnętrza Ziemi wszelka materia jest tak samo ciekła.

Rozmyślano także nad możliwością oddziaływania wpływów pochodzących z dalekich rejonów Wszechświata, a to w związku z pewną teorią, która zakłada, że intensywność siły ciężkości pomiędzy przyciągającymi się wzajemnie masami, tak zwana stała grawitacji, uzależniona jest od stanu wszystkich innych mas Wszechświata. Ale i to są tylko czyste domysły, tym bardziej że tego rodzaju skokowe zmiany stałej grawitacji musiałyby się objawiać także jeszcze w postaci innych zmian, na przykład zmian torów planet, aczkolwiek przyznać należy, że znajdowałyby się one już na granicy możliwości pomiaru. Niejednemu człowiekowi żyjącemu przekonanie, że nauka potrafi rozwiązać najtrudniejsze nawet pytania i niedostępne zgoła problemy, zda się może dziwne, że tak trudno znaleźć przyczynę takiego stosunkowo uchwytnego "mechanicznego" zakłócenia. Istotnie, fakt ten dobitnie świadczy o tym, jak mało w gruncie rzeczy sami wiemy o widzialnym otaczającym nas świecie.

Jakkolwiek nieznaczne są owe bardzo krótkotrwałe nieregularne zakłócenia, pośrednio może jednak je odczuwamy. Istnieje bowiem przypuszczenie, że niewątpliwie mobilizowane przez nie siły bezwładu oraz wywołane przez te siły napięcia w skorupie ziemskiej mogą powodować podwyższenie tendencji do wstrząsów sejsmicznych w rejonach powierzchni ziemskiej i tak skądinąd tym zjawiskiem zagrożonych. Koncepcja ta zdaje się oczywista, miałoby się ochotę prawie rzec, że nawet byłoby dziwne, gdyby się okazało, że takiego powiązania nie ma. Sprawdzenie hipotezy wymagałoby zbadania, czy bezpośrednio po pojawieniu się tego rodzaju zakłóceń, trzęsienia Ziemi występują częściej, aniżeli to wykazuje normalna przeciętna. Wobec nadzwyczaj wielkiej liczby rejestrowanych corocznie trzęsień Ziemi o wszelkich stopniach nasilenia – ponad sto tysięcy – dowód związku przyczynowego pomiędzy zakłóceniem a częstością tych wstrząsów przeprowadzić można tylko statystycznie. Ale z kolei do takiego dowodu i w tym przypadku czas obserwacji jest jeszcze o wiele za krótki.

Drugi wyjątek dotyczy najdobitniejszego ze wszystkich dotąd odkrytych zakłóceń, tak zwanego "sekularnego" zwolnienia rotacji ziemskiej, niezwykle długookresowego stałego procesu hamowania ruchu Ziemi, który według tego, co nam dzisiaj wiadomo, będzie utrzymywać się nadal aż po najdalszą przyszłość. Pomimo wyjątkowo długookresowego charakteru tej postaci zakłócenia, pochodzenie jego jest właściwie dzisiaj już całkowicie wyjaśnione: czynnikiem, który działa hamująco na Ziemię i wreszcie doprowadzi ją kiedyś w dalekiej przyszłości do całkowitego znieruchomienia – jest Księżyc. Mechanizmem zaś działającym w tym wypadku jako hamulec jest tak zwane "tarcie pływów".

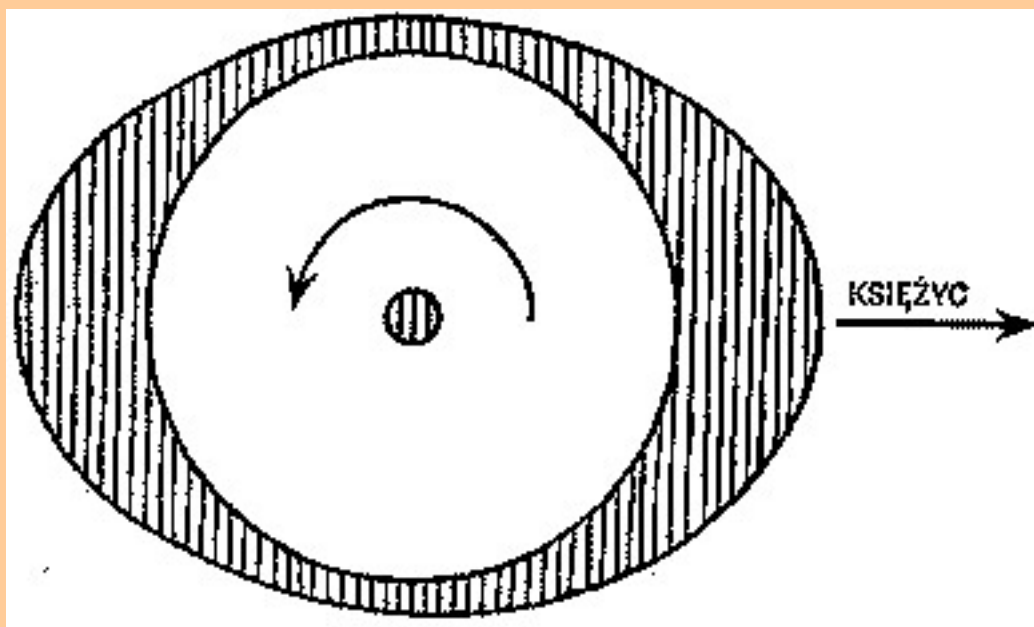
Żadne ciało niebieskie nie przebywa swojej drogi przez Wszechświat w

odosobnieniu. Nad naszym Układem Planetarnym panuje siła przyciągania Słońca z powodu jego górującej tu masy. Ale i ono z kolei jest również utrzymywane na swym torze przez przeważające nad nim centrum mas, położone pomiędzy gwiazdozbiorami Strzelca i Skorpiona, i najprawdopodobniej pokrywające się z centrum układu naszej Drogi Mlecznej.

Tak samo jak Słońce utrzymuje na orbicie prócz innych planet Ziemię, podobnie Ziemia – jak wiadomo – przez swoją siłę przyciągania odgrywa tę samą rolę wobec Księżyca. Księżyc, chociaż jest partnerem znacznie mniejszym, również swą siłą ciężenia oddziałuje na Ziemię. Owa siła przyciągania Księżyca wyraża się w tym, że wszystko, co znajduje się po tej stronie powierzchni ziemskiej, nad którą on w danym czasie stoi, jest nieco lżejsze aniżeli w innych okresach, to znaczy wówczas, gdy w zasadzie działa wyłącznie siła przyciągania Ziemi. Jak wiemy, nasz ciężar oraz ciężar wszystkich innych obiektów powstaje przez przyciąganie wywołane łączną masą Ziemi, skierowane ku jej środkowemu punktowi, jako wspólnemu punktowi ciężkości całej ziemskiej materii.

Tymczasem w chwili gdy Księżyc płynie nad naszymi głowami, jego siła grawitacji ciągnie w kierunku przeciwnym. Co prawda grawitacja księżycowa jest znacznie mniejsza od ziemskiej (wynosi mniej więcej jej szóstą część); jest to dzisiaj każdemu dobrze wiadome, ponieważ skutki tego mogliśmy siedząc przed ekranem obserwować na dziwnie nieziemskich ruchach astronautów. Trzeba tu jeszcze dodać, że ta stosunkowo mała siła przyciągania dociera do nas poprzez odległość 380 000 kilometrów dzielącą nas od Księżyca, co jest o tyle ważne, że siła przyciągania bardzo szybko maleje wraz z wzrostem odległości, z "kwadratem odległości", jak powiada naukowiec. Oznacza to, że siła przyciągania, wywierana przez jakieś ciało niebieskie przy podwojeniu jego odległości słabnie nie o połowę, jak można by sądzić, lecz do jednej czwartej.

Zmniejszenie naszego ciężaru i ciężaru wszystkich przedmiotów pod wpływem stojącego nad naszymi głowami Księżyca jest więc tak nieznaczne, że nie zauważamy go, że nie czujemy ani tego, że zmniejsza się ciężar naszego ciała, ani że przedmioty w naszym otoczeniu stały się lżejsze. Niemniej to oddziaływanie Księżyca rzeczywiście istnieje i dość jest wielkie, aby wywołać potężne zmiany na powierzchni Ziemi. Największa i najbardziej znana z nich jest wynikiem obu szczytów przyływowych, które siła przyciągania Księżyca wypiętrza w naszych wodach oceanicznych.



Myśli się na ogół, że góry wodne przyływu i odpływu biegną wokół Ziemi, ponieważ Ziemię przeżywamy jako trwającą w bezruchu. Tymczasem w rzeczywistości szczyty przyływowe przytrzymywane są przez siłę przyciągania Księżyca, a Ziemia musi się kręcić pod nimi. Ale wymaga to siły: obrót Ziemi przez to pływowe oddziaływanie Księżyca ulega stałemu zwalnianiu, aż w ciągu przyszłych milionów lat dojdzie wreszcie do całkowitego znieruchomienia naszej planety.

Szkic powyższy oddaje schematycznie całą sytuację. Dla uproszczenia nie wrysowano kontynentów. Jak widać, Księżyc powoduje powstanie dwóch szczytów przyływu, a jest to fakt, który dla większości ludzi zdaje się trudny do zrozumienia. Jedna z tych dwóch gór wodnych wskazuje w kierunku na Księżyc. Powstanie jej jest całkowicie oczywiste i wynika bezpośrednio z całej sytuacji. Natomiast to, że i po stronie przeciwległej do Księżyca istnieje taki szczyt przyływu, jest wiadome wielu ludziom, ale zrozumiałe tylko dla nielicznych. Powszechnie bowiem jest znane, że zmiana pomiędzy przyływem a odpływem przebiega w rytmie sześciogodzinnym. A to – jak wykazuje rzut oka na nasz szkic – możliwe jest rzeczywiście tylko dlatego, że istnieją dwa szczyty przyływu. Gdyby był tylko jeden, każdy punkt na powierzchni ziemskiej mógłby doznać fali przyływu tylko jeden raz na 24 godziny.

A więc owa "paradoksalna" góra naprawdę istnieje. Jak należy sobie tłumaczyć jej powstanie? Dla fizyka rzecz cała jest nadzwyczaj prosta, ale nie bardzo jest łatwo podać objaśnienie bez sięgania do formułek matematycznych. W pewnym uproszczeniu można całą sprawę przedstawić w sposób następujący, posługując się raz jeszcze szkicem: Księżyc w sytuacji pokazanej przez nas schematycznie naturalnie nie przyciąga tylko wody po zwróconej ku sobie stronie Ziemi, lecz również samą Ziemię, a także masy wody znajdujące się po jej drugiej stronie. Jednakże ta siła przyciągania jest bardzo zróżnicowana. Pomiędzy przednią a

tylną stroną Ziemi jest bądź co bądź 12000 kilometrów, a poprzez taką odległość siła przyciągania działającego z zewnątrz ciała niebieskiego wyraźnie już maleje. Poza tym zaznacza się tu wspomniane już przez nas prawo, że siła przyciągania maleje proporcjonalnie do kwadratu odległości, a nie do jej pierwszej potęgi. W pewnym uproszczeniu – jak mówiliśmy – ale pod względem rzeczowym absolutnie prawidłowo, można sobie "paradoksalny" szczyt przyływu na tylnej stronie Ziemi wyjaśnić, stwierdzając, że woda po stronie bliższej Księżycowi silniej jest przyciągana aniżeli Ziemia, a woda po stronie przeciwnej – słabiej od samej Ziemi. Na tej zasadzie więc woda po stronie przedniej jak gdyby odpływa "od Ziemi" ku Księżycowi, podczas gdy woda po jej stronie przeciwnej pozostaje nieco w tyle.

Istnieje jeszcze drugi powód, dlaczego tworzymy sobie prawie zawsze fałszywe wyobrażenie o zmianach przyływu i odpływu, a zaprowadzi to nas bezpośrednio do sedna sprawy, o którą nam tutaj ostatecznie chodzi. Wszyscy przecież przeżywamy Ziemię z perspektywy codziennego przyzwyczajenia jako trwałą nieruchomą bieżącą, stały punkt odniesienia całej naszej działalności. Nic tu nie zmieniło nawet odkrycie Kopernika. Zawsze jeszcze dla nas Słońce wschodzi i zachodzi i – jak za czasów Ptolemeusza i jego poprzedników – mówimy, że Księżyc i gwiazdy płyną na naszym niebie ze wschodu na zachód, mimo że dawno wiemy, iż w rzeczywistości są one nieruchome i że to Ziemia pod nimi obraca się w kierunku z zachodu na wschód. Ale już tak jest, że niełatwo wyzwolić się spod zniewalającego wrażenia bezpośredniej wizji. Prowadzimy więc coś w rodzaju podwójnej buchalterii, w zależności od tego, czy w toku naszych codziennych spraw świat przyjmujemy po prostu tak, jak ukazuje się naszemu przeżywaniu, czy też obserwujemy go "naukowo", co ma oznaczać, że usiłujemy zdać sobie sprawę z tego, jak świat ten "naprawdę" wygląda, bez względu na nasz własny punkt widzenia i jego przypadkową perspektywę.

To że pomiędzy tymi dwoma spojrzeniami na świat taka występuje różnica, jest ostatecznie wynikiem warunków, w których powstał nasz gatunek w toku rozwoju życia na Ziemi. Właściwości bowiem, którymi dzisiaj dysponujemy jako ludzie, zostały wyhodowane przez biologiczne mechanizmy ewolucji jedynie pod tym kątem, czy naszemu gatunkowi ułatwiają one czy też nie ułatwiają przetrwania w warunkach środowiska. Mózg nasz pierwotnie wcale nie został z natury stworzony jako narząd mający pełnić funkcję umożliwiającą nam poznanie świata, takim jakim jest obiektywnie. I ten organ także, jak wszystkie inne, rozwinął się jako pomoc w przetrwaniu. Nic więc dziwnego, że nawet i do tej pory – pomimo wszelkiej naszej wiedzy o bezruchu sfery gwiazd stałych – nie możemy uwolnić się od przemożnego wrażenia, iż niebo nad naszymi głowami się porusza.

W rzeczywistości o wiele większym zdziwieniem napawa fakt, że pomimo czysto pragmatycznych celów funkcjonalnych, które zadecydowały o rozwoju ludzkiego

mózgu, jesteśmy dzisiaj zdolni do obserwowania i badania stanów i faktów nie mających bezpośrednio absolutnie nic wspólnego z naszymi szansami przetrwania, jak na przykład prawidła torów planet czy też działające pomiędzy Ziemią a Księżycem siły pływów. Kto konsekwentnie zechce dalej ciągnąć ten tok myślowy, zrozumie nagle, dlaczego tak wiele zjawisk występujących w naturze – na przykład procesy w obrębie jądra atomu – dla naszego wyobrażenia są nie do pojęcia, są dla nas "niewyobrażalne". W istocie dość już jest podziwu godne, że potrafimy w ogóle wnikać w takie dziedziny natury, jakie nas w pewnym sensie nic nie "obchodzą" jako biologiczne organizmy, przy czym wnikanie to dzieje się pośrednio na szczydłach abstrakcyjnych formułek i logicznych symboli, którymi potrafimy się posługiwać i liczyć, które jednak dla naszej wyobraźni nadal pozostają puste.

Dlatego właśnie ulegamy wrażeniu, że fala szczytu przyptywu wędruje raz na 24 godziny wokół całego globu nad Ziemią, którą wyobrażamy sobie jako pozostającą w bezruchu. Tymczasem w rzeczywistości oba szczyty przyptywu, o których była mowa, mają stały kierunek względem Księżyca, a Ziemia jest tą, która się pod nimi musi obracać. A to wymaga pracy w fizycznym rozumieniu tego słowa. Gdy sobie teraz uzmysłowimy taki obraz Ziemi unoszącej się w przestworzach, zmuszonej do obracania się wokół siebie pod górami wody piętrzonymi przez jej własny Księżyc, natychmiast zrozumiemy, jak fałszywe jest pojęcie uważane za oczywiste, że obrót

Ziemi wokół swojej osi odbywa się gładko i bez żadnego oporu, ponieważ przebiega w pustym Wszechświecie. Naturalnie nie wolno tutaj popełniać błędu sądząc, że woda jako całość przytrzymywana jest w bezruchu przez siłę przyciągania Księżyca. Gdyby tak było, Ziemia już dawno byłaby unieruchomiona. Mówiąc ściślej: obracałaby się w ciągu miesiąca tylko jeden jedyny raz wokół siebie, ukazując Księżycowi stale tę samą stronę. Doba trwałaby tyle co cały miesiąc, a Słońce wschodziłoby i zachodziło nad określonym punktem powierzchni Ziemi tylko dwanaście razy w ciągu całego roku.

Taka sytuacja rzeczywiście nastąpi kiedyś w dalekiej przyszłości jako skutek hamującego oddziaływania Księżyca przez tarcie pływów – co do tego nie może być żadnej wątpliwości. Jednakże ów końcowy etap procesu nadejdzie w bardzo odległej epoce, za dwa, a może dopiero za trzy miliardy lat, gdyż wpływ Księżyca nie hamuje obrotu Ziemi znowu aż tak bardzo. Wewnętrzne tarcie wody jest o wiele za silne na to, aby wszystkie oceany nie uczestniczyły także od dawna i bez żadnej zwłoki w ruchu obrotowym powierzchni ziemskiej. Szczyt przyptywu, którego kierunek jest ustalony, zawiera więc coraz nowe i nowe cząsteczki wody, podobnie jak przebiegająca na powierzchni otwartego morza fala sztormowa w rzeczywistości nie nosi z sobą i nie transportuje wody, lecz wprowadza każdą poszczególną cząsteczkę wody w ciągły ruch w górę i w dół. Widzialną, przebiegającą po powierzchni falę tworzą owe ruchy sąsiadujących cząsteczek

wody, wykonywane każdorazowo z małą zwłoką w czasie; fala nie jest zatem wyrazem przemieszczenia materii, lecz tylko czasowego przesunięcia taktu ruchu pionowego w tym samym miejscu. Zatem trud naszej Ziemi przy obrocie wokół własnej osi nie jest aż tak ciężki, jaki byłby, gdyby masy wody na jej powierzchni były przytrzymywane przez Księżyc i nie uczestniczyły w ruchu rotacyjnym. O tym jednak nie ma mowy. Pomimo to piruet, który Ziemia wykonuje w przestrzeni, jest wskutek wpływu Księżyca dość wyczerpujący. Nawet wtedy gdy Ziemia w czasie rotacji zabiera ze sobą wody swej powierzchni, w momencie, w jakim podczas tego obrotu jeden z kontynentów przybliży się do jednego ze szczytów przyływu, wybrzeże tego kontynentu uderza w przytrzymywaną przez Księżyc górę wodną. Sprawa obserwowana z Ziemi z jednego punktu wybrzeża wygląda odwrotnie. Obserwator nabiera przekonania, że to fala przyływu zbliża się do wybrzeża i uderza weń. Jednakże w rzeczywistości jest całkowicie bez znaczenia dla powstania i obliczenia sił wywołanych przez zderzenie wody z wybrzeżem kontynentu, który ze zderzających się ośrodków wyobrazimy sobie jako ruchomy, a który jako znajdujący się w spoczynku. Rezultat w obu wypadkach jest taki sam, tak jak na przykład w odniesieniu do fatalnych konsekwencji żadnej nie ma różnicy, czy wjedziemy naszym samochodem z szybkością 60 kilometrów na godzinę w parkujący wóz, czy też sami stoimy w bezruchu, a inny wóz na nas wjedzie z tą samą szybkością.

Obecnie pragniemy raz jeszcze – w sensie „naukowego spojrzenia” na sytuację – wyjaśnić sobie, rzuciwszy ostatni raz okiem na schemat na s. 225, że w związku ze zjawiskiem pływów rzeczywiście Ziemia ze swymi kontynentami (których dla większej przejrzystości nie wrysowaliśmy do schematu) w trakcie swego obrotu wokół siebie wciąż i od nowa zmuszona jest do atakowania wzniesieniem swoich wybrzeży obu wytworzonych przez Księżyc szczytów przyływu czy też gór wodnych. Na pierwszy rzut oka widzimy, że to wymaga pracy, a praca oznacza w tym przypadku, że tkwiący w Ziemi moment pędu powoli się zużywa. To co u łyżwiarki wywołuje tarcie łyżew na lodzie i opór powietrza, w odniesieniu do Ziemi załatwia tarcie nierównej powierzchni ziemskiej o szczyty przyływu oceanów, czyli „tarcie pływów”.

Swój moment pędu Ziemia otrzymała w posagu przy swoim powstaniu przed czterema czy pięcioma miliardami lat, jako jednorazowo nabyty majątek, który może tylko trwonić, ale którego nigdy do końca swoich dziejów nawet w najmniejszym ułamku nie może odzyskać. Fakt, że Ziemia tak jak większość planet – ale nie wszystkie – obraca się wokół siebie stosunkowo prędko, musi być związany z historią jej powstania, którą ciągle jeszcze znamy niedostatecznie. Wyjaśnić to można tylko wysuwając hipotezę, że Ziemia również powstała z dużej liczby drobnych okruchów materii wypełniających w postaci obłoku bardzo rozległą przestrzeń; okruchy te pod wpływem wzajemnego przyciągania mas zaczęły się powoli poruszać w kierunku wspólnego punktu

ciężkości, co dało początek ciągłej kontrakcji tego obłoku. Według wszelkiego prawdopodobieństwa Ziemia jest wynikiem przebiegu takiego samego procesu jak Słońce i chyba także wszystkie inne ciała niebieskie. Dyskusyjna jest jeszcze dzisiaj sprawa, czy Ziemia również wykształciła się z obłoku gazowego (założenie, przeciwko któremu przemawia duża zawartość ciężkich metali, czym skład Ziemi różni się tak zasadniczo – i w sposób trudny do zrozumienia – od Słońca), czy też z chmury złożonej z drobnocząstkowego pyłu, w której rozmaite pierwiastki, z jakich obecnie planeta nasza się składa, występowały już w odpowiednich proporcjach.

Jakikolwiek byłby skład owego obłoku stanowiącego ongiś kosmiczny zarodek naszej Ziemi, już w przypadku Słońca dokładnie śledziliśmy przebieg kontrakcji takiego tworu i widzieliśmy, że musi przy tym prędzej czy później dojść do ruchu karuzeli, do tego, aby cały twór zaczął obracać się wkoło. Tutaj także efekt piruetu, jaki poznaliśmy tymczasem, odgrywa ważną rolę. Bardzo wolny z początku ruch obrotowy w miarę dalszego kurczenia się wzrasta w takim stopniu, w jakim cały twór zmniejsza swoją średnicę. Przez cały przeciąg czasu, w którym obłok, będący pierwszym stadium Ziemi, ściągał się z wolna do postaci rozżarzonej do czerwoności piłki, obroty jego stawały się coraz prędsze. Owo przyśpieszenie ustało dopiero, gdy skończyła się kontrakcja, gdy żarząca pra-Ziemia doszła do swoich ostatecznych rozmiarów, przy czym oczywiście temperatury jej, znowu w przeciwieństwie do Słońca, wobec niewielkiej masy nigdy nie były nawet w przybliżeniu dość wysokie, aby doprowadzić do rozruchu procesów atomowych w jej wnętrzu. Z tą chwilą Ziemia osiągnęła swoją największą prędkość rotacji; od tego momentu obroty jej stają się coraz powolniejsze.

Nie było już teraz żadnego źródła, z którego rotacja ziemską mogłaby czerpać dalsze przyśpieszenie. Prędkość piruetu wzrastać może tylko do momentu, w którym średnica obiektu wykonującego ruch żyroskopowy osiągnie możliwie najmniejszą wielkość. Na cały dalszy żywot musi Ziemi wystarczyć "rozpęd", którego nabrała swego czasu w pierwszej fazie swoich dziejów. Każda utracona odrobina ginie definitywnie i nieodwracalnie. Jest to powód, dla którego tarcie pływów, jakkolwiek w rzeczywistości bardzo niewielkie, ze względu na swoją ciągłość odgrywa jednak decydującą rolę w historii Ziemi.

Zdziwienie może wywołać, że mówimy tutaj o tarcu pływów jako o stosunkowo niewielkiej sile. Wszak przy opisywaniu jej powstania uczestniczące procesy stanowiące jej źródło, a więc stale powtarzające się zderzenie obu szczytów przyływu z brzegami ziemskich kontynentów – wyglądały dość potężnie. Niemniej w świetle panujących tu stosunków wielkości i mas musimy uznać oddziaływanie pływów na obrót Ziemi za siłę słabą, gdyż w porównaniu do oceanów, w których tworzą się szczyty przyływu, masa Ziemi jest wprost olbrzymia. Wyrażony w liczbach stosunek mieści się w rzędach wielkości jeden do czterech milionów. Zilustruje nam to znowu nasz stary eksperyment myślowy:

jeżeli wyobrazimy sobie Ziemię jako gładką wypolerowaną kulę bilardową – grubość nalotu, który stworzylibyśmy chuchając na nią, w skali reprezentowanej przez model, już znacznie przewyższy głębie oceanów. (Aby znaleźć się w skali, nalot ten musiałby przeciętnie wykazywać grubość tylko sześciu setnych milimetra.)

Wobec tego szczyt przyływu unoszący się z tak stosunkowo cienkiego nalotu nie może rozwijać zbyt silnego działania hamującego. Niemniej działanie to istnieje. Jakkolwiek bardzo małe, występuje ono od chwili, w której Ziemia ma swego satelitę, wprowadzającego w ruch mechanizm pływów. Hamowanie wywołane przez Księżyc wynosi, jak tymczasem już stwierdzono, w ciągu jednego wieku tylko nieco więcej ponad jedną tysięczną sekundy dziennie (dokładnie 0,00164 sekundy). W ciągu stu lat dni stają się więc z wolna dłuższe tylko o tę maleńką wielkość. Jest to wartość dla nas niedostrzegalnie mała. Ale w rozmiarach epok geologicznych odgrywa ona rolę, gdyż efektu tego, jak już wspomnieliśmy, nagromadza się coraz więcej i nieodwracalnie przez cały okres dziejów, aż w daleką przyszłość

Gdy przed 200 milionami lat na Ziemi panowały jaszczury, rok miał jeszcze 385 dni, a nie tylko 365 jak dzisiaj. Prędkość, z jaką Ziemia obraca się wokół Słońca, to znaczy długość roku, pozostaje oczywiście niezmienna. Gdy więc Ziemia w jakiejś epoce obraca się wokół siebie prędzej czy też wolniej, w związku z czym dni są krótsze czy też dłuższe, w kalendarzu wyraża się to tym, że więcej lub mniej takich dni mieści się w rozmiarze czasu jednego roku. Jeżeli rok jaszczurów liczył sobie jeszcze 385 dni, oznacza to, że każdy z tych dni trwał w tym czasie tylko 23 nasze dzisiejsze godziny, a nie 24. Rok bowiem dzisiaj, tak samo jak przed 200 milionami lat, ma 8760 godzin. Gdy liczbę tę podzielimy przez 365, to znaczy przez liczbę dni obecnego roku, otrzymamy 24, gdy dzielimy ją przez 385 – wówczas wynik daje nam już tylko 23 godziny.

Im bardziej cofamy się w historii Ziemi, tym szybsze były obroty ziemskie, tym krótsze były więc dni, tym krótszy bowiem był czas, w którym tarcie pływów mogło już działać hamująco na rotację ziemską. Gdy pierwsze rośliny zaczynały zasiedlać ląd i zakorzeniać się na stałym brzegu, to jest przed mniej więcej 400 milionami lat, rok musiał chyba liczyć jeszcze 405 dni, z których każdy trwał tylko 21,5 godziny. A gdy w erze kambryjskiej, jeszcze przed pojawieniem się pierwszych kręgowców, na obficie już rozwiniętych we wszystkich pramorzach organizmach bezkręgowych, wytwarzały się tu i ówdzie – jako nowy "wynałazek" – pierwsze zewnętrzne szkielety ochronne, to jest mniej więcej 600 milionów lat przed naszymi czasami – dzień mógł być nie dłuższy niż 20 godzin; nie mniej jak 425 tych krótkich dni musiało się mieścić w przebiegu jednego roku.

Wszystko to nie jest jedynie czystą teorią; jest to więcej niż tylko logiczna i siłą rzeczy narzucająca się dedukcja wyprowadzona ze stwierdzonego obecnie stanu naszego świata; wszystko to kiedyś, chociaż przed niewyobrażalnie

dawnymi czasy, było rzeczywistością – bezpośrednio udowodnił to niedawno amerykański uczyony J. Wells dokonując pewnego zdumiewającego odkrycia. Błyskotliwy pomysł umożliwił mu dosłownie bezpośrednio przeliczenie dni jednego roku z epoki dewońskiej. W tym celu wziął skamieniałe lub – jak mówią uczeni – "sfosylizowane" koralowce, pochodzące sprzed około 370 milionów lat, co można było bezspornie stwierdzić przy użyciu różnych metod określania wieku. Jak wiadomo na podstawie obserwacji żyjących obecnie koralowców, organizmy te wykształcają swoje twarde jak kamień szkielety w rytmie pór roku, tak że na powierzchni występują regularne pierścienie rocznych przyrostów, podobnie jak na przekroju pnia drzewa (porównaj ilustrację na stronie 277). Amerykański naukowiec przebadiał swoje skamieniałe koralowce jeszcze bardziej dokładnie To, czego oczekiwał, było rzeczywiście faktem: przy silnym powiększeniu można było rozpoznać w obrębie wyraźnie odgraniczonych od siebie pierścieni rocznych – jeszcze i pierścienie dzienne, cienkie linie, które przed 370 milionami lat powstały przez to, że w tym czasie koralowce wstrzymywały swoją produkcję wapna każdej nocy przy spadku temperatury i zanikaniu światła. A gdy Amerykanin przystąpił do liczenia owych dziennych pierścieni, odkrył, że w każdym pierścieniu rocznym jest ich równo 395, czyli – praktycznie biorąc – liczba zgodna z liczbą dni roku epoki, w której zwierzęta te żyły, obliczona metodą opisanego powyżej wstecznego wyliczenia, opartego na efekcie zwłoki wywieranym przez tarcie pływów na długość dni.

ZEGAR BIOLOGICZNY

ZABÓJCZE PRZEDŁUŻANIE SIĘ DNIA • NORMA CZASU W
JĄDRZE KOMÓRKI O ROŚLINY SCHODZĄ SOBIE Z DROGI •
PTAKI WĘDROWNE CHODZĄ PIESZO • "WIECZNY" DZIEŃ MAMI
NAS • CZYŻBY KARA ZA NARUSZENIE NATURALNEGO
PORZĄDKU?

W dalekiej przyszłości hamujące działanie Księżyca bezsprzecznie doprowadzi do tego, że orientacja Ziemi w przestrzeni będzie sprzężona z ukierunkowaniem obu szczytów przyływu, które wskazują stale bądź na Księżyc, bądź w kierunku przeciwnym. Ziemia wówczas będzie zwracała ku Księżycowi zawsze tę samą stronę. Każdy dzień będzie trwał tak długo jak dzisiaj miesiąc; cały rok będzie liczył tylko dwanaście takich dni, w czasie których Słońce będzie świeciło nieustannie przez dwa tygodnie, a przez następne dwa tygodnie panować będzie noc. W ciągu tych nienormalnie długich dni i nocy promieniowanie słoneczne będzie się nadal wahało w rytmie pór roku, które nie przestaną następować po sobie, co spowoduje, że owe niezmiernie długie dni staną się zabójcze.

Nie ma żadnego sensu zastanawiać się nad tym, co stałoby się z ludzkością, gdyby jeszcze doczekała się tej przyszłej epoki historycznej naszej Ziemi. Z wielu przyczyn i z obecnej perspektywy właściwie jest pewne, że ród nasz o wiele wcześniej już wymrze. Historia przyrody ożywionej uczy nas, że fazy rośnięcia, dojrzewania i starzenia się dotyczą nie tylko jednostek, lecz także całych gatunków i nie znamy dotąd żadnego, który by nie był tym prawem objęty. Jedynym wyjątkiem mogłyby być organizmy jednokomórkowe, na przykład bakterie, glony i pierwotniaki, ale to są przypadki nie interesujące nas w tym powiązaniu. Mimo wszystko przyjrzyjmy się jednak pokrótce skutkom, jakie dla naszego bytowania miałyby tak dotkliwe przedłużenie dnia. Chociaż z podanych powodów na pewno nie będzie to obraz przyszłego losu ludzkości – której z całkowicie innych przyczyn dawno już wtedy nie będzie – spojrzenie takie może być ciekawe i pożyteczne, powinno bowiem otworzyć nam oczy na to, w jaki sposób i w jakim stopniu tempo obrotu Ziemi rzutuje na nasz byt.

Co znaczyć może dzień, w którym Słońce nieprzerwanie przez dwa tygodnie świeci na niebie, nietrudno ocenić, gdy sobie przypomnimy ulgę, z jaką po szczególnie gorącym letnim dniu witaliśmy wieczorne ochłodzenie. A przecież był to tylko jeden dzień, a Słońce grzało nas najwyżej przez szesnaście godzin. Nie ulega wątpliwości, że promieniowanie słoneczne trwające czternaście dni w porze letniej po dziennej stronie Ziemi wywołałoby temperatury, których już nikt z nas nie mógłby przeżyć bez stosowania kosztownych technicznych urządzeń

zabezpieczających, jak gigantyczne instalacje klimatyzacyjne czy też odzież ochronna. Świat zwierzęcy i roślinny zostałby w tym czasie zdiesiątkowany, niezliczone gatunki uległyby wyniszczeniu, co z kolei pociągnęłoby za sobą nieobliczalne skutki dla równowagi biologicznej. Sytuacja krańcowo przeciwna powstałaby po nocnej stronie Ziemi, do której przez dwa tygodnie nie docierałby żaden promień Słońca. Tu znów powstałoby warunki arktyczne. Przy takim rytmie okresów ciemności i światła, na Księżycu temperatury dochodzą do 120 stopni ciepła w czasie księżycowego dnia i 130 stopni zimna w księżycowe noce. Co prawda na Ziemi zapewne nie występowałyby aż tak skrajne temperatury, gdyż atmosfera ziemską przytłumiłaby promieniowanie słoneczne, w każdym razie w porównaniu do bezatmosferowych warunków na Księżycu, a także dlatego że atmosfera po stronie nocnej mogłaby zmagazynować pewną ilość ciepła i opóźnić wypromieniowanie ciepła zawartego w skorupie ziemskiej. Niemniej sytuacja byłaby w najwyższym stopniu nieprzyjemna i w naszym pojęciu dosyć beznadziejna. Oddziaływaniu atmosfery bowiem tłumiącemu krańcowość wahań temperatury towarzyszyłoby bardzo nieprzyjemny skutek uboczny. Mianowicie w opisanych warunkach dałoby się we znaki na Ziemi bardzo gwałtowne ruchy prądów w atmosferze, ponieważ wskutek różnic temperatury powietrze przepływałoby stale z przegrzanych rejonów dziennych w zimne tereny nocne. Wprawdzie prowadziłoby to również do pewnego wyrównania temperatur, ale jednocześnie Ziemię nawiedzałyby nieustannie silne burze o charakterze orkanu. Ale znacznie wcześniej, jeszcze zanim doszłoby aż do takiego stanu, w o wiele już bliższej przyszłości, gdy długość dnia wynosić będzie tylko od 30 do 36 dzisiejszych naszych godzin, nasze osobiste samopoczucie bardzo wyraźnie by się pogorszyło, pomimo że zmiany środowiska nie byłyby jeszcze odczuwalne. W sposób dokuczliwy ujawniłoby się wówczas już pewne powiązanie, o którym nikt z nas nic nie wie i którego – pomimo że kieruje i rzutuje na wszystkie funkcje naszego ciała – nie zauważamy, ponieważ sami zbyt głęboko jesteśmy weń uwikłani, aby w ogóle móc na nie spojrzeć bez dystansującego, obiektywizującego naukowego postawienia problemu. Nauka także powiązanie to zauważyła dopiero w ostatnich dwóch dziesiątkach lat i zaledwie zaczyna wnikać w te nowe dziedziny.

Chodzi tutaj o zjawisko "zegara biologicznego". Rozumie się przez to fakt, całkowicie nie znany jeszcze do bardzo niedawna, że mijanie się snu i czuwania, aktywności i spoczynku nie jest skutkiem mijania się dnia i nocy. Można by przecież przypuszczać i jeszcze przed kilku laty rzeczywiście nauka tak sądziła, że ludzie i zwierzęta dlatego po pewnym okresie aktywności męczą się i pragną spoczynku, że zapada ciemność. Tymczasem dokładniejsze badania w odizolowanych pomieszczeniach ze sztucznym oświetleniem i zmiennym rytmem okresów ciemności i światła wykazały, że dwudziestoczworogodzinny rytm astronomicznego dnia prawdopodobnie jest wrodzony wszystkim żywym organizmom na Ziemi, także roślinom.

Rośliny czy też zwierzęta chowane w laboratoriach bez okien przy stałym sztucznym świetle bądź w ciemnościach także w tych warunkach utrzymują ów rytm faz aktywności i spoczynku, nawet wówczas gdy nigdy same go nie przeżyły, jeżeli rodzice ich wzrastali również w tym samym laboratorium. Doświadczenia przeprowadzane w bunkrach podziemnych na dobrowolnie poddających się tym próbom osobach, przebywających tam nieprzerwanie przez kilka tygodni w całkowitej izolacji od świata zewnętrznego, udowodniły, że nam również wrodzony jest ten 24-godzinny rytm, niezależnie od wszelkich warunków zewnętrznych.

Fakt ten pociąga za sobą szereg konsekwencji o dużym znaczeniu biologicznym. Charakter wrodzony, samodzielność i niezależność tej okołodobowej periodyczności czyni z niej rodzaj "wewnętrznego zegara", dzięki któremu najwyraźniej wszystkie żyjące organizmy na tej Ziemi w sposób niezwykle skuteczny podświadomie i instynktownie dostosowują swoje zachowanie do zmian występujących równoległe do przebiegającego w tym samym rytmie obrotu Ziemi i upływu roku. Nawet niewielki jeszcze zasób wiadomości z zakresu tej dopiero co odkrytej i prawie zupełnie nie zbadanej dziedziny pozwala na wgląd w podziwu godne sfery przyrody, która potrafiła w sposób zdumiewający przygotować swoje stworzenia do opanowania okresowo występujących zmian otoczenia.

Jednym z najdokładniej przebadanych w ostatnich czasach przykładów jest zjawisko kwitnienia w cyklu pół roku. Gdy na wiosnę pierwsze kwiaty zaczynają kwitnąć, zadowolamy się – o ile w ogóle kiedykolwiek się nad tym zastanawiamy – stwierdzeniem, że proces ten wywołany jest wzrastającą stopniowo w tej porze roku temperaturą. Jak wskazują obserwacje, które mamy okazję przeprowadzać w tej dziedzinie w przypadku niezwykle zimnej lub, przeciwnie, szczególnie wcześnie pojawiającej się pogody wiosennej – temperatura niewątpliwie odgrywa ważną rolę. Ale wszystkie kwiaty wiosenne ostatecznie jednak rozkwitają, aczkolwiek z opóźnieniem, nawet w tych smutnych wyjątkowych latach, w których, jak się to mówi "w ogóle lato nie chce nadchodzić", w których zatem temperatura do maja czy czerwca pozostaje niska. A wynika to stąd – jak z kolei wykazały przeprowadzone w ostatnich latach doświadczenia w sztucznym oświetleniu – że drugim decydującym momentem wyzwalającym rozwijanie się kwiatów jest długość dnia. Dopiero gdy ten czynnik przekroczy jakąś określoną wartość, w roślinie jak gdyby wyłącza się "bezpiecznik", który do tej pory zapobiegał wykształceniu się kwiatu, nawet w okresie przypadkowo przedwczesnej ciepłej pogody. Niezwykła celowość owego bezpiecznika, takiej podwójnej zależności od dwóch wyzwalaczy – czasu trwania dnia plus temperatury – jest nadzwyczaj przekonująca i rzeczywiście przedziwna. Trudno sobie wyobrazić skuteczniejszą ochronę przed niebezpieczeństwem tkwiącym w pokusie rozkwitnięcia nie w porę wskutek przedwczesnego okresu pięknej pogody, chociaż ochrona ta – jak wiadomo – nie stanowi bezwzględnie

zabezpieczenia przed wszystkimi bez wyjątku wypadkami nienormalnych zmian pogody.

Ów regulator czasu ma dla rośliny jeszcze także zupełnie inne, nie mniej życiowo ważne znaczenie. Doświadczenia przyniosły zdumiewające wyniki, wykazały mianowicie, że większość badanych roślin była w stanie "wymierzyć" trwanie dnia z dokładnością do kilku minut. Mierzyć oznacza przecież porównywać. Także roślina może wymierzać długość dnia porównując ją z jakąś wystarczająco dokładną normą. A zatem we wszystkich roślinach – a już możemy zaraz dodać, że i we wszystkich istotach żyjących na Ziemi – musi tkwić "zegar", którego precyzja zdumiewa, wynosi bowiem "do kilku minut dziennie", co równa się dokładności przekraczającej wszystkie jeszcze przed kilkoma wiekami skonstruowane ręką ludzką zegary.

Gdzie ów biologiczny zegar tkwi w organizmach, z czego się składa i jak funkcjonuje – o tym do tej pory wiemy tyle co nic. Pewne doświadczenia pozwalają przypuszczać, że jest on ukryty w jądrze komórki i że "składa się" z określonych, podstawowych procesów chemicznych, tak zwanych reakcji enzymatycznych, przebiegających z dużą regularnością i stąd nadających się do wykorzystania jako norma czasu.

Dla nas w tym powiązaniu ważne jest, że sterowany tym wewnętrznym zegarem regulator czasu, wyzwalający gotowość do kwitnienia, w przypadku każdego gatunku roślin nastawiony jest na nieco odmienną, całkowicie specyficzną długość światła dziennego. Skutek tego faktu jest nam wszystkim znany. Wiemy, że istnieją kwiaty wiosenne i kwiaty letnie, a również inne, charakterystyczne dla pory jesiennej. Gdy w roku 1922 odkryto i otwarto w Dolinie Królów w Egipcie nienaruszony grobowiec faraona Tutenchamona, znaleziono na kamiennym progu u wejścia resztki wiązanki kwiatów. Kwiaty rozpadły się prawie na pył, jednakże udało się zidentyfikować je pod względem botanicznym. W związku z tym owo zestawienie kwiatów po okresie ponad 3000 lat umożliwiło stwierdzenie, w jakim miesiącu władca został pochowany. Musiało to nastąpić z końcem marca bądź początkiem kwietnia.

W naturze nic nie dzieje się bez przyczyny, aczkolwiek w większości przypadków jej nie znamy. Stąd także precyzja w ustaleniu pór roku, w których rozmaite rośliny wykształcają kwiaty, ma swoje poważne przyczyny. Rośliny – tak jak wszystkie inne żywe istoty – współzawodniczą między sobą, starają się więc ze wszystkich sił "schodzić sobie wzajemnie z drogi". Jak wiadomo, rośliny kwitną, nie aby nas cieszyć swoim kwieciem, ale dlatego że jako istoty osiadłe, zdane są przy zapyłaniu na pomoc "osób trzecich". Najprymitywniejszą metodą, jaką rozwinęły dla rozwiązania tego problemu, było zwykłe rozsiewanie zapładniającego pyłku przez wiatr. Metoda ta jest nie tylko prymitywna, ale naturalnie także najbardziej możliwie nieracjonalna. Stosunek wzajemny zużytego nakładu i szansy powodzenia jest skrajnie niekorzystny, gdyż ziarna

pyłku bywają rozsiewane całkowicie bezładnie po okolicy.

Stąd był to ogromny postęp, gdy udało się roślinom "wprząc" fruujące owady w rolę pośredników. Owady przelatujące z kwiatu na kwiat, ponieważ nauczyły się tam znajdować pożywienie i roznoszące przez to przyczepiony do swego ciała pyłek – stały się idealnymi pośrednikami, gdyż prowadzą ów narzucony im transport nie bezładnie, lecz kierunkowo, zawsze z jednego kwiatu na drugi; dzięki temu nagle została osiągnięta nieomal absolutna pewność, że nie znikomo mała, ułamkowa część całego pyłku, lecz prawie każde jego ziarno trafi na inny kwiat.

Ale nawet na tym etapie pewien problem tego procesu pozostaje nie rozwiązany. Istnieje przecież nie tylko jeden gatunek roślin, lecz niezmiernie wiele. A w rzeczywistości ziarenko pyłku doprowadza do sukcesu, to znaczy do zapłodnienia, nie wtedy, gdy dotrze do jakiegokolwiek dowolnego innego kwiatu, lecz tylko gdy kwiat należy do tego samego gatunku. Jakkolwiek wielkie było znaczenie postępu, który stanowiło przejście od metody przypadkowego rozsiewania przez wiatr do celowego przenoszenia pyłków z kwiatu na kwiat przez owady – problem bezbłędnego rozdziału na kwiaty własnego gatunku jeszcze wciąż nie był rozwiązany bez konieczności zastosowania dodatkowych sztuczek. Niemniej postęp był dostateczny na to, aby rośliny przy użyciu nowej metody mogły wyżyć. Tymczasem jedną z najbardziej podstawowych i najbardziej podziwu godnych (a zarazem tajemniczych) tendencji przyrody ożywionej jest coraz większe doskonalenie stanu istniejącego nawet kosztem dodatkowych komplikacji i wzrostu nakładów. Gdyby tak nie było, nie byłoby nas, nigdy nie byłyby powstały zwierzęta ciepłokrwiste, życie nie byłoby prawdopodobnie nigdy wyszło poza wody, które pod wielu względami stwarzały znacznie wygodniejsze warunki środowiska. Jaszczury były także stworzeniami na swój sposób doskonałymi. Mimo to rozwój nie poprzestał na nich.

Stąd też ze źródeł prostej logiki wywodzi się świadomość, że i my – jako gatunek – na pewno nie jesteśmy ostatnim wyrazem rozwoju życia na tej Ziemi i że rozwój ten, wprawdzie z niepojętą wprost dla nas powolnością, także przez nas podąży w przód, do celu, którego nie znamy.

Rośliny więc również nie zadowolili się tym postępem, którym był dla nich celowy transport pyłków przez latające owady. W ciągu milionów lat rozwój posuwał się maleńkimi krokami tworząc coraz to bardziej wyrafinowaną technikę skierowaną na to, aby – w przypadku bardziej "postępowych" roślin – możliwie największa liczba ziaren pyłku zabieranych przez odwiedzające owady docierała do kwiatów tego samego gatunku. I to jest właściwy, decydujący pod względem biologicznym powód, dla którego zaczęła się rozwijać taka mnogość różnorodnych kwiatów, odmiennych w barwach, wielkości i kształcie.

To co naiwnemu obserwatorowi zdaje się marnotrawną obfitością ozdobnych i estetycznych form, jest w rzeczywistości – naturalnie niemniej przez to godnym

podziwu – wymyślnym systemem zróżnicowanych sygnałów rozpoznawczych. Skoro bowiem raz już rozwinęło się zjawisko kwitnienia, poszczególne gatunki owadów zaczęły się specjalizować w ściśle określonych kwiatach. Rośliny ze swej strony wyszły owej tendencji naprzeciw produkując kwiaty coraz jaskrawsze, coraz bardziej kolorowe, zwracające na siebie uwagę owadów już z dużej odległości i wśród masy roślin niezliczonych innych gatunków, i sygnalizujące, że to właśnie tutaj oczekuje je kwiat z gatunku, do którego się dostosowały. W ten sposób rośliny dzisiaj są już bardzo bliskie idealnego rozwiązania problemu charakterystycznego dla nich jako istot osiadłych, a mianowicie celowej wymiany ziaren pyłku pomiędzy kwiatami roślin tego samego gatunku. Nie ulega wątpliwości, że rozwój w tym samym kierunku trwa nadal, chociaż z powolnością dla nas tak niewyobrażalną, że aby móc zauważyć jakiegokolwiek zmiany, zmuszeni jesteśmy porównywać ze sobą oddzielone od siebie milionami lat odcinki tego procesu rozwojowego.

Nie jest to jednak jedyna droga, na którą wkroczyła natura, aby osiągnąć swój cel. Specjalizacja owadów w jednym lub niewielu gatunkach najwidoczniej nie jest możliwa w takim stopniu, aby jedynie opłacałoby się postawienie wszystkiego tylko na tę kartę. Stąd rośliny różnych gatunków jednocześnie przeszły i na zakwitanie – w miarę możliwości – w różnych porach. Oczywiście że jeszcze zawsze bardzo wiele rozmaitych kwiatów kwitnie w tym samym czasie. Niemniej bezsporna jest tendencja roślin do możliwie równomiernego wykorzystywania całego trwającego od wiosny do jesieni okresu, który mają do dyspozycji, przy czym każdy poszczególny gatunek jak gdyby dążył do znalezienia dla siebie w tym odcinku czasu jakiejś "przerwy", takiego momentu, w którym konkurencja podobnych gatunków jest stosunkowo niewielka. Konkurenci schodzą sobie więc w miarę możliwości z drogi. Ponieważ rośliny wrosnięte w ziemię nie mogą tego robić w przestrzeni, zatem w owej fazie wegetacji decydującej dla ich rozmnażania, wymijają się, ile to możliwe, w czasie. Mechanizm wewnętrznego zegara umożliwia im przestrzeganie tego rozkładu czasu, najdokładniej zharmonizowanego w wyniku rozwoju trwającego miliony lat; dzięki niemu to z podziwu godną niezawodnością rośliny potrafią rozpoznać rezerwowany dla siebie odcinek pomiędzy wiosną a jesienią po charakterystycznej dla tego terminu długości trwania światła dziennego.

Jest to tylko jeden z przykładów fundamentalnego dla całej ożywionej przyrody znaczenia interwałów czasowych wywołanych astronomicznymi procesami. W tym przypadku okazuje się, że periodyczność światła i ciemności naszego środowiska, wahająca się w granicach stałych wielkości wskutek obrotu Ziemi i w rytmie pór roku, stanowi podstawę czasowego porządku przebiegu zdarzeń biologicznych. Natrafimy tutaj na fakt czasowej strukturalizacji ożywionej przyrody, a znaczenie tego faktu dopiero od niewielu lat zaczyna się pod względem naukowym wyjaśniać.

Żyjące organizmy na tej Ziemi są ustalone i zdefiniowane nie tylko według swej

wielkości, zarysów, ubarwienia i kształtu. Podlegają one wszystkie także porządkowi czasowemu opartemu ostatecznie na rytmie ruchu Ziemi i występującemu w sposób widoczny we wszystkich fazach wzrostu, dojrzewania i starzenia się, charakterystycznych dla całości życia ziemskiego. Niezależnie od tego, że powiązania owe niewątpliwie istnieją, nic jeszcze obecnie nie wiemy o tym, skąd się biorą i jakie nimi rządzą prawa. Ale zaczynamy przypuszczać, że w toku dalszych badań na tej drodze dojdziemy także do odpowiedzi na stare pytanie o rozpiętość naszego własnego życia – o to, dlaczego właściwie dożywamy wieku siedemdziesięciu czy osiemdziesięciu lat, a nie tylko pięćdziesięciu albo też pięciuset.

Jest jeszcze o wiele za wcześnie, aby móc więcej powiedzieć w tej sprawie. Cały problem został przez naukę dopiero co odkryty, a w badaniach nad nim poczyniono tylko pierwsze kroki. Znamy jednak już pewne przykłady, które wskazują, jakie znaczenie dla wszystkiego, co żyje, ma ten czasowy porządek, którego podstawą jest periodyczność astronomicznych przebiegów. Mamy tu na myśli przypadki, w których porządek ten został zakłócony zmianami zewnętrznymi; w obu przykładach, którym się teraz bliżej przyjrzymy, zmiany te pociągnęły za sobą radykalne skutki. Pierwszy przykład odnosi się do dalekich stron. Odkryty został na Syberii i dotyczy pewnej katastrofy, która spotkała miejscowy gatunek dzikich gęsi, w czasie gdy ptaki te zmuszone zostały do wycofania się w położone nieco bardziej na południe stanowiska letnie. Przedmiotem drugiego przykładu jesteśmy my sami.

Przed paru laty radzieccy zoologowie odkryli na terenie Stepu Barabińskiego w Zachodniej Syberii ród dzikich gęsi, zachowujących się na pozór całkowicie bezsensownie, tak jak gdyby ptaki wszystkie "postradały rozum". Ów gatunek gęsi ma swoje letnie gniazdowiska w wymienionym stepie, skąd każdej jesieni wyruszają na południe, podążając ku leżom zimowym, znajdującym się w odległości 3500 kilometrów, nad Gangesem. Do tego momentu wszystko jest zupełnie "normalne", abstrahując oczywiście od fantastycznej tajemnicy, ukrytej za całkowicie nie rozwiązaniem do tej pory pytaniem, jak się to dzieje, że zwierzęta co zimy odnajdują tak odległy cel podróży, skąd "wiedza", dokąd mają lecieć. Ale dotyczy to wszystkich ptaków wędrownych, spośród których pewne gatunki dokonują jeszcze wiele innych zdumiewających wyczynów – i nie to jest przyczyną, dla której zajmujemy się teraz gęsiami z Barabińskiego Stepu. Źródłem naszego zainteresowania jest natomiast jedyny w swoim rodzaju, pozornie wręcz obłądny sposób, w jaki gatunek ten corocznie w jesieni rozpoczyna swoją wędrówkę. Pierwsze bowiem 160 kilometrów swojej podróży, liczącej łącznie 3500 kilometrów, gęsi przebywają pieszo.

Co roku w sierpniu osobniki ogarnia wzrastający niepokój. Pewnego dnia nagle wyruszają wszystkie razem i podążają bez przerwy ku południu. Nie poruszają się przy tym jak "normalne" ptaki wędrowne lotem, lecz maszerują. Obraz ten trzeba sobie w pełni uzmysłowić: ogromna armia gęsi, sto tysięcy, a może i

więcej osobników, wlecze się udręczona przez step z mozolną powolnością, uszeregowana w kolumnie o szerokości frontu liczącej kilka kilometrów. Ten niezwykle i całkowicie nie dostosowany do ich trybu życia sposób poruszania się potwornie je wyczerpuje. Przebywają dziennie przeciętnie tylko 15 do 16 kilometrów, tracą z dnia na dzień na siłach i są dosłownie dziesiątkowane przez lisy i inne drapieżniki. Po upływie około dziesięciu dni wyniszczona kolumna dociera do pojezierza położonego w odległości 160 kilometrów od miejsca wymarszu; tutaj na wodzie, w tym znanym i bezpiecznym dla siebie środowisku, całkowicie wyczerpane gęsi szybko przychodzą do siebie. W kilka dni potem znowu kontynuują swoją podróż. Ale obecnie już lecą, tak samo jak wszystkie ptaki wędrowne. Pozostałe 3300 kilometrów, przelot nad Chinami i ponad szczytami Himalajów, nie stanowią już "żadnego problemu".

Jaka może być przyczyna tego samobójczego zachowania się ptaków? Nieszczęsne gęsi stały się ofiarą nie dającej się przesunąć dokładności biegu swego wewnętrznego zegara. Niepokój wędrowczy bowiem, zmuszający ptaka wędrownego do odlotu w jesieni i wysyłający go w daleką podróż, wyzwala jest przez ów wrodzony miernik czasu. I w tym przypadku wymierza on długość światła dziennego, a tym samym wyznacza termin wybrania się w drogę. W normalnych warunkach jest to nadzwyczaj mądre urządzenie. Gdyby nie to, biada jaskółce, która wskutek jakiejś wyjątkowo ciepłej i długiej jesieni dałaby się skusić do dłuższego niż zwykle pozostania w swoim rewirze letnim. Groziłoby jej zaskoczenie nieuchronnie zbliżającym się nadejściem zimy w czasie i tak dość męczącego lotu na południe. Tymczasem dla jej ochrony "wewnętrzny zegar" nie pozostawia jej swobody wyboru. Z chwilą gdy trwanie dziennego światła przekroczy określoną, różną dla każdego gatunku wartość graniczną, wyzwala się popędowy niepokój wędrowczy, zwierzęta gromadzą się i wyruszają na południe. Zupełnie to samo dzieje się co jesieni również z syberyjskimi gęsiami. Natomiast ich wewnętrzny zegar najwyraźniej podaje niewłaściwy czas.

Cała katastrofa polega na tym, że ptaki ogarnia niepokój wędrowczy, zanim jeszcze ukończą swój okres pierzenia, to jest corocznej zmiany piór. W czasie gdy zegar biologiczny w ich wnętrzu daje rozkaz wylotu, nie mogą one w ogóle jeszcze latać. Z drugiej strony, nie mogą także nie usłuchać rozkazu. Armia gęsi wymaszerowuje więc pieszo, kierując się bezbłędnie ku celowi położonemu w odległości 3500 kilometrów na południe. Zwierzęta nie mają wyjścia. Dopiero w dziesięć dni później pióra ich podrastają na tyle, że stają się znowu zdolne do lotu. O wiele dłuższa i trudniejsza druga część podróży przebiega od tej pory już bez żadnych komplikacji.

Wszystko byłoby w najlepszym porządku, gdyby gęsi mogły przeczekać owe dziesięć dni i dopiero wtedy wyruszać. Ale nastawienie wewnętrznego zegara jest wrodzone, a więc niezmiennie utwierdzone, tak samo jak powiązanie między wewnętrznym wskaźnikiem czasu a popędowo wybuchającym niepokojem wędrowczym. To co w normalnych warunkach zapewnia absolutne

bezpieczeństwo i ochronę, a mianowicie wrodzona niezmiennosc określonego sposobu zachowania (chroniąca przed możliwością popełnienia błędu) może urosnąć do rozmiarów katastrofy przy najmniejszej zmianie warunków środowiska miarodajnych dla zachowania.

Taka jest więc różnica pomiędzy pożytkiem a szkodą wyrządzonymi przez instynkt i rozum. Zmiana warunków środowiska w przypadku gęsi syberyjskich polegała prawdopodobnie na tym, że jakaś niezupełnie jeszcze wyjaśniona okoliczność (rozwój przemysłu? zmiany klimatyczne?) zmusiła je do przeniesienia właściwego ich rodowi letniego rewiru o kilkaset kilometrów na południe. A tam nagle nastawienie ich wewnętrznego zegara przestało się zgadzać. W sierpniu na północy światło dzienne wyraźnie trwa dłużej aniżeli na terenach położonych bardziej na południe. Na biegunie północnym w tym czasie panuje nawet jeszcze "wieczny" dzień. Długość dnia mierzona na terenach kwater położonych bardziej na południe odpowiadałaby więc na terenie bardziej północnym znacznie późniejszemu terminowi. Zegar wewnętrzny dostosowany w ciągu setek tysięcy lat do warunków czasowych pierwotnego rewiru, oczywiście nie »wie" nic o zmianie miejsca i reaguje tak, jak gdyby ów późniejszy termin już nadszedł: wydaje rozkaz wylotu w okresie o wiele za wczesnym dla nowego rewiru, w chwili gdy ptaki nie zakończyły jeszcze okresu pierzenia. Katastrofa więc musi nadejść. Niewiele trzeba, aby przewidzieć, że nieszczęsny ród owych gęsi długo nie przetrzyma jej skutków.

Także ludzie, aczkolwiek może na razie w znacznie mniej dramatyczny i bardziej niewinny sposób, zaczynają odczuwać wyniki wzrastającego naruszania harmonii pomiędzy rytmem wrodzonego wewnętrznego zegara a taktem periodycznych zmian pewnych warunków środowiska, przede wszystkim rytmicznego przechodzenia dnia w noc. Przykładem stosunkowo nieszkodliwego, bo przejściowego i dającego się uniknąć doświadczenia w tym zakresie jest odczucie pasażera przemierzającego w krótkim czasie w nowoczesnym samolocie odrzutowym dalekie przestrzenie w kierunku z zachodu na wschód bądź ze wschodu na zachód. Po przybyciu na miejsce przeznaczenia podróżny taki z reguły przez kilka dni, czasem nawet dłużej niż tydzień, czuje się rozbity i niemrawy, cierpi na bezsenność, kołatanie serca, pocenie i tym podobne objawy, określane ogólnie jako "nerwice". Nie jest to po prostu tylko skutek zmęczenia tak daleką podróżą i koniecznością przestawienia się na nowe, obce otoczenie. Doświadczenie bowiem wykazuje, że równie daleka podróż, ale w kierunku z północy na południe, a więc na przykład z Frankfurtu do Afryki Południowej czy też odwrotnie, nie pociąga za sobą najmniejszych uciążliwości tego rodzaju.

Kilkudniowe złe samopoczucie pasażera lotniczego środka komunikacji, podróżującego ze wschodu na zachód czy też w kierunku przeciwnym, ma zupełnie inne przyczyny. Tkwią one w tym, że w czasie swej podróży przekracza on strefy powierzchni ziemskiej, w której obowiązują zupełnie odmienne czasy

miejscowe, co nie występuje przy podróży w kierunku z północy na południe. Tym samym jazda taka pociąga za sobą przejściową rozbieżność między czasem wewnętrznym a miejscowym. Kto leci nowoczesnym odrzutowcem z Frankfurtu do Tokio, przenosi się tym samym w czas miejscowy, przesunięty w stosunku do rytmu swego zegara wewnętrznego o prawie dokładnie 12 godzin. Skutki tego są wyraźnie odczuwalne i nieprzyjemne. W ciągu dnia, gdy podróżny musi zajmować się interesami i konferencjami, czuje się senny i znużony. W nocy, gdy chce spać, jest rozbudzony i głodny. Nieraz trwa do tygodnia, zanim zegar wewnętrzny powoli się przestawi pod przymusem rytmu zewnętrznego. Dopiero wtedy nasz podróżny będzie się znowu czuł dobrze i zdolny będzie do działania.

Jest to, jak mówiliśmy, przypadek nieszkodliwy, gdyż ostatecznie można się na taką podróż nie decydować, jeżeli się nie chce, poza tym wreszcie – skutki są przemijające. Mniej jaskrawe, ale może nie tak niewinne zdają się być inne objawy związane z warunkami życia w nowoczesnym społeczeństwie przemysłowym. Rytm tego życia kieruje się bowiem własnymi prawami, odbiegającymi coraz bardziej zarówno od naturalnej periodyczności dnia i nocy, jak od taktu naszego wrodzonego zegara wewnętrznego. Któż z nas jeszcze jada wtedy, gdy jest głodny, a nie wieczorem, zwykle zbyt późno, rano – gdy mu się chce spać, a w południe, wówczas gdy dyktuje mu to pora wydawania posiłków w stołówce, wyznaczona nie według głodu pojedynczego stołownika, ale tak, aby partiami wszyscy po kolei mogli znaleźć miejsce. Któż z nas kładzie się jeszcze do łóżka wtedy, gdy się ściemnia, a nie "po drugim dzienniku telewizyjnym" albo gdy zezwala mu na to praca zmianowa, której rytm naturalnie już w ogóle nie uwzględnia mijania się dnia i nocy. Widomą oznaką zewnętrzną tego wzrastającego odrywania się naszego trybu życia od naturalnego rytmu dnia i nocy jest sztuczne oświetlenie, dzięki któremu dosłownie – szczególnie w dużych miastach – noc coraz bardziej zamieniamy w dzień.

Czy może właśnie to oderwanie się jest powodem występowania nadmiernych dolegliwości nerwicowych u tyluludzi naszej doby? Lekarze już od kilkudziesięciu lat zwracają uwagę na to, że skargi, które w czasie godzin przyjęć słyszą od pacjentów, w sposób wiele mówiący przypominają znacznie częściej dolegliwości trapiące naszych pasażerów linii lotniczych aniżeli uchwytnie cierpienia "organiczne". Czyżby tak dzisiaj rozpowszechniona plaga bezsenności była związana z owym permanentnym naruszeniem "naturalnego" porządku, którego jako członkowie społeczeństwa cywilizacji technicznej już nie potrafimy uniknąć? Skoro sztuczne oświetlenie w takim rozmiarze, jaki dziś stanowi część obrazu naszych wielkich miast, wkracza w naturalny rytm dnia i nocy, i nie można się dziwić, że ucierpiał na tym także i rytm czuwania i snu oraz zdolność przechodzenia z jednej fazy w drugą. Może rzeczywiście nie jest to wcale przypadek, jak niedawno oświadczył niemiecki psychiatra V. E. v. Gebattel, że żarówka elektryczna i tabletki nasenna zostały wynalezione prawie

jednocześnie. Zarysowujący się tu pogląd niechaj nikomu nie sugeruje pomysłu, że dokonanie próby odwrócenia postępu mogłoby być słuszne, możliwe czy też nawet pożądane. Droga postępu naukowego i technicznego, na którą ludzkość wkroczyła przed wiekami, jest drogą jednokierunkową. Nie ma na niej powrotu. Próbę taką przeżyliby tylko nieliczni z nas. Ponadto napotykanie nieraz westchnienia do "dawnych dobrych czasów" brzmiałyby przekonywająco tylko wtedy, gdyby ten, kto je wydaje, gotów był pogodzić się także z odwrotną stroną medalu. Polegałoby to na tym, że musiałby znowu bezradnie patrzeć, jak troje z jego czworga dzieci nędznie ginie we wczesnym dzieciństwie na różne zapalenia i infekcje, musiałby zaakceptować cenę śmierci w mękach przy zwykłym zapaleniu wyrostka i być gotów w razie potrzeby dać sobie wyrwać ząb bez znieczulenia. Kto zamyka oczy na takie konsekwencje swoich romantycznych marzeń, oszukuje sam siebie. Ale z drugiej strony nie powinniśmy pomijać tego, że tkwiące z dawna w człowieku poczucie harmonii pomiędzy nim a otaczającym go światem jest czymś więcej aniżeli tylko romantycznym majakiem marzycielskich filozofów przyrody. Harmonia taka rzeczywiście istnieje, od kilku lat można nawet w tym zakresie w opisany sposób prowadzić naukowe badania, a gdy się harmonię tę narusza, trzeba za to płacić.

Owa zależność naszego samopoczucia od zgodności między rytmem wrodzonego nam wewnętrznego zegara a periodycznością zmian naszego środowiska wywołanych rotacją ziemską – spośród których najbardziej uderzającą, ale prawdopodobnie bynajmniej nie jedyną jest mijanie się dnia i nocy – stanowi czynnik, którego wpływ na dalekie loty kosmiczne dotychczas jeszcze w bardzo małym stopniu brany był pod uwagę. Rola tego czynnika byłaby bezsprzecznie większa, a może nabrałaby nawet i decydującego znaczenia, gdyby rzeczywiście w dalekiej przyszłości kiedyś miało dojść do zasiedlenia innych ciał niebieskich przez człowieka. W czasie bowiem najdłuższych lotów kosmicznych możemy stworzyć sobie przez technikę sztucznego oświetlenia "naturalny" dla nas rytm 24-godzinny; natomiast z samopoczuciem i sprawnością ludzi, którzy podjęliby ryzykowną próbę utrzymania się w całkowicie dla siebie nowych warunkach obcego świata, gdzie dni są znacznie dłuższe czy też krótsze aniżeli na Ziemi – z ich samopoczuciem z opisanych tu przez nas przyczyn byłoby bardzo krucho.

Możliwość skolonizowania obcych planet pozostanie zresztą może na zawsze utopią. Myśl ta, podobnie jak wszystkie inne rozważania w tym rozdziale, ma nam tylko zobrazować pewien fakt, z którego niewielu ludzi zdaje sobie sprawę: prędkość obrotu Ziemi nie jest dla nas bez znaczenia. Owe 24 godziny składające się na jedną dobę, nie są w żadnym razie tylko jakąś dowolną liczbą. Można jako przypadek traktować to, że doba człowieka, czas trwania doby panujący od milionów lat, kiedy to powstawał nasz rodzaj, tyle właśnie wynosi. Jednakże owa konkretna miara pociąga za sobą skutki dla warunków klimatycznych na powierzchni Ziemi i dla czasowego porządku całego życia na

tej powierzchni, sięgające prawdopodobnie znacznie dalej, aniżeli dziś przypuszczamy. Jeśliby doba ziemską liczyła sobie tylko 18 albo też aż 30 godzin, Ziemia na pewno także wypełniłaby się życiem. Ale nie byłaby to już, nasza Ziemia i byłaby to całkowicie odmienna forma życia.

NOWY OBRAZ UKŁADU SŁONECZNEGO

BEZ KSIĘŻYCA NIE MA ŻYCIA • NIEZNANE
NIEBEZPIECZEŃSTWO WE WSZECHŚWIECIE • CZY PLANETY
SĄ NIEPOTRZEBNE?

Gdy chodzi o konsekwencje hamującego działania Księżyca, mówiliśmy dotychczas tylko o znaczeniu tego rzadko uwzględnianego faktu, że dzień nasz liczy sobie akurat 24 godziny, oraz o komplikacjach i niebezpieczeństwach grożących w przypadku, gdyby kiedykolwiek miało dojść do załamania czasowego porządku żywej przyrody na naszej Ziemi sterowanego tym rytmem. Jeżeli teraz przypomnimy sobie rozległe powiązania, które doprowadziły nas do tego etapu naszych rozważań, zobaczymy, że dotarliśmy do punktu, gdzie krąg naszego toku myślowego się zamyka. Jakkolwiek nikły byłby bowiem efekt tarcia pływów w świadomości naszego krótkiego żywota, wpływ jego jest decydujący dla kuli ziemskiej jako całości. Możemy się teraz pokusić o sformułowanie pewnego stwierdzenia – po wszystkich naszych poprzednich rozważaniach nieomal trywialnego: Ziemia od niepamiętnych już czasów – od kiedy ma swój Księżyc – bynajmniej nie obraca się z absolutną regularnością. Tym samym usunięte zostały wszystkie trudności, które jak nam się zdawało, występowały jeszcze w odniesieniu do teorii prądnicy zastosowanej do ziemskiego pola magnetycznego, teoria ta stała się naszym punktem wyjściowym. Przypomnijmy sobie owo zagadnienie' jedyne przy obecnym stanie naszej wiedzy prawdopodobne wyjaśnienie faktu, że Ziemia pomimo wysokiej temperatury swego metalicznego jądra zachowuje się jak ogromny magnes sztabkowy, opiera się na hipotezie, że płynne części owego jądra wykonują wewnątrz Ziemi ruchy własne, pozwalające na to, aby jądro obracało się jak twornik prądnicy wytwarzającej prąd. Jeżeli w taki sposób w środku Ziemi przepływają prądy elektryczne, istnienie pola magnetycznego przestaje być zagadką, gdyż – jak wszyscy kiedyś uczyliśmy się w szkole na lekcjach fizyki – każdemu prądowi elektrycznemu towarzyszy pole magnetyczne.

Problem, który się tu wyłonił przed nami, wywodzi się z pytania, jakie właściwie mogłyby być przyczyny takiego ruchu własnego jądra ziemskiego. Jeżeli się bowiem wychodzi z takiego założenia, jakie jeszcze do niedawna akceptował cały świat, że Ziemia obraca się od miliardów lat równomiernie wokół swojej osi, musiałaby ona już od dawna "zabierać z sobą" wszystkie części swego płynnego wnętrza z tą samą prędkością i nie byłoby żadnego uzasadnienia dla ruchu własnego jej jądra. Jak pamiętamy, wielu naukowców ratowało się w tej sytuacji dodatkową hipotezą o występowaniu termicznych ruchów konwektywnych we wnętrzu Ziemi. Miały one doprowadzić do ruchów wirowych, które jakoby rotacja ziemską poniekąd "porządkowała" i łączyła w systematyczną całość, aż wreszcie

całe płynne jądro ziemskie poruszało się jednolicie i wywołało efekt prądnicy. Taka próba wyjaśnienia sprawy miała – jak też już wspominaliśmy – kilka niepokojących braków. Abstrahując już od wszystkich jej zawłości, "łączenie w całość" i "porządkowanie" wielu pierwotnie różnych ruchów wirowych jest to typowa ad hoc skonstruowana teoria pomocnicza nie do udowodnienia. Ponadto hipoteza ta nie daje odpowiedzi na pytanie, dlaczego tak do Ziemi podobna planeta jak Wenus nie ma podobnego do ziemskiego pola magnetycznego. Wszystkie trudności znikają i wszelkie dodatkowe i pomocnicze hipotezy stają się zbędne z chwilą, gdy się zrozumie, że cały ten problem w ogóle nie istnieje, że chodzi tu o problem pozorny, wypływający z błędnych założeń.

To że płynne wewnątrz Ziemi nie obraca się z taką samą prędkością jak stały płaszcz ziemski i stała skorupa ziemska, wcale nie jest zagadkowe. Przeciwnie, zupełnie oczywisty i możliwy do udowodnienia jest fakt, że jądro nie może uczestniczyć w rotacji ziemskiej z tą samą prędkością. Księżyc przez mechanizm tarcia pływów stale hamuje bieżąco, chociaż bardzo powoli, obrót Ziemi; jest to okoliczność, która w sposób nieunikniony musi doprowadzić do powstania "zróżnicowanej rotacji" pomiędzy płynnym jądrem, pozostającym zawsze nieco w tyle przy tym hamowaniu, a stałym płaszczem Ziemi. Motoru zatem owej prądnicy, wytwarzającej ziemskie pole magnetyczne, a tym samym magnetyczną ochronę osłaniającą nas przed "twardą" częścią promieniowania słonecznego, to jest przed wiatrem słonecznym, nie należy wcale szukać w samej Ziemi, lecz w odległości 380 000 kilometrów: jest nim bowiem Księżyc. W świetle tego nowego ujęcia, szczególnie przekonywający ukazuje się nam związek pomiędzy osią obrotu Ziemi a osią jej pola magnetycznego. Właśnie owo opóźnienie rotacji ziemskiej w wyniku hamującego działania Księżyca i wreszcie sama rotacja wywołują powstanie pola magnetycznego. Holderlin opiewał jeszcze naszego satelitę jako "bladego towarzysza", sunącego gdzieś wysoko nad naszymi głowami, obojętnego na nasz los. Holderlin mylił się. Bez Księżyca Ziemia nie nadawałaby się do zamieszkania.

Nawet jeżeli krąg naszej drogi myślowej wreszcie się teraz zamknał, przypatrując się bliżej całości, widzimy, że wcale jeszcze nie powróciliśmy do naszego punktu wyjściowego. Na podstawie wszystkiego, co omawialiśmy do tej pory w poprzednich rozdziałach tej książki, pewien aspekt bardzo istotny dla oceny sytuacji naszej Ziemi w wolnym Wszechświecie niepostrzeżenie uległ zasadniczej zmianie: otóż Ziemia nie jest wcale statkiem kosmicznym. Owa analogia pomiędzy naszą planetą a poruszającym się w obszarach Kosmosu Układem, zamkniętym w sobie i samowystarczalnym – była o wiele zanedo uproszczona, a przede wszystkim niepełna. Nie uwzględniała ona jeszcze powiązań i procesów, które w ostatnich czasach nauka odkryła we Wszechświecie. Jeżeli teraz ponownie uprzytomnimy sobie sytuację, stwierdzimy, że Ziemia jest tylko częścią statku kosmicznego, właściwie tylko kabiną dla załogi – załogą jest cała ludzkość i wszystkie zwierzęta – złożonego

skomplikowanego systemu, znacznie większego, aniżeli nam się przedtem zdawało, którego bardzo liczne części są wzajemnie powiązane w różnoraki sposób. Dopiero teraz możemy w pełni docenić budowę kosmicznego mobilu, którego kunsztownie utrzymywana równowaga stanowi podstawę naszej egzystencji. Spróbujmy krótko raz jeszcze podsumowując naszkicować sytuację, która się teraz powoli wyłoniła.

W czasie podróży naszej przez Wszechświat jesteśmy ograniczeni do ekosfery trzeciej planety pewnej gwiazdy stałej, której nadaliśmy imię "Słońce". Ekosferą uczeni nazywają stosunkowo bardzo małą strefę, w której wyłącznie urzeczywistnione są liczne i w najwyższym stopniu kompleksowe warunki, na jakie zdane jest utrzymanie całego ziemskiego życia. Tę przestrzeń życiową trzeba sobie wyobrazić jako cieniutką błonkę powlekającą powierzchnię Ziemi. Poza jej granicami, życie już nie jest możliwe bez kosztownych technicznych urządzeń ochronnych znanych nam z astronautyki czy też wyposażenia nurków głębokomorskich. Tymczasem warunki w obrębie ekosfery, pozwalające na utrzymanie, życia, nawet jeżeli raz powstały, wcale nie są zapewnione po wszystkie czasy ani nawet na dłuższy okres. Wręcz przeciwnie, są one wynikiem zmiennego oddziaływania bardzo rozmaitych sił równoważących się wzajemnie na przestrzeni bardzo nieraz odległych rejonów Wszechświata.

Owa strefa Wszechświata – najwidoczniej niezbędna do zapewnienia nam dalszego trwania swojskiego i codziennego środowiska, które wskutek tej codziennej swojskości wydaje się tak solidne i niezmienne – owa strefa, jak coraz wyraźniej wykazują badania szczególnie ostatnich lat, jest znacznie rozleglejsza, aniżeli jeszcze do niedawna sądzono. Nakład ponoszony dla zapewnienia przetrwania naszego świata przez wieki nieoczekiwanie okazał się olbrzymi. Korzenie naszego bytu sięgają daleko w przestrzeń międzyplanetarną, która na podstawie obowiązującego do tej pory obrazu świata wydawała nam się tak wroga życiu i obca. Wroga i obca na podstawie takiego widzenia świata, jakie naszą właściwą przestrzeń życiową (ten jedyny rejon powierzchni ziemskiej, w którym naprawdę możemy normalnie poruszać się i przebywać) uważało za całkowicie wyizolowaną i ostro oddzieloną od sąsiadującego

Wszechświata, nie mającego z nią jakoby żadnych powiązań poza tym jednym tylko, że Słońce nas ogrzewa i oświetla.

Okazało się, że w rzeczywistości sprawa wygląda zupełnie inaczej. Wprawdzie istotnie Słońce swą potężną energią przede wszystkim w postaci światła i ciepła utrzymuje w ruchu na powierzchni Ziemi, w ekosferze, wielkie obiegi, dzięki którym zapasy tlenu, wody i pokarmu, nie występujące z natury w nieograniczonych ilościach, wciąż się regenerują. Nie jest jednakże tak, że Słońce produkuje tylko światło i ciepło. Ilość produkowanej przezeń energii jest tak wielka, że niezmienność warunków, które stwarza w otaczającej je części Wszechświata, zawierającej również Ziemię, może być utrzymana przez miliardy

lat tylko przez atomowe procesy syntezy. Jednakże owe reakcje jądrowe wyzwalają nie tylko światło i ciepło, lecz – o czym już była mowa – oprócz innych form energii także promieniowanie korpuskularne, a mianowicie wiatr słoneczny składający się z bardzo prędkich protonów i elektronów.

Jak się okazuje, także to korpuskularne promieniowanie słoneczne ma dla nas życiowe znaczenie. Na skrajnych granicach Układu Słonecznego, gdzieś na wysokości orbity Plutona, w odległości mniej więcej 6 miliardów kilometrów od nas – uderza ono w materię międzygwiazdową wolnego Wszechświata, tworząc przy tym wokół naszego Układu ową olbrzymią kulę chroniącą nas przed ultratwardymi śmiertelnymi promieniami kosmicznymi, które napierają na nas ze wszystkich kierunków od granic Drogi Mlecznej.

Mówienie o podróżach kosmicznych już dziś jest więc sprawą przedwczesną i stanowi przesadę także z drugiego jeszcze powodu. Pierwszy wymieniliśmy już na początku tej książki. Rozmiary i odległości w naszym własnym Układzie Słonecznym są – jak to uzmysłowiliśmy sobie na przykładzie modelu myślowego – tak wielkie (nie mówiąc już wcale o dystansach międzygwiazdowych, a cóż dopiero międzygalaktycznych), że w porównaniu z tym skok na Księżyc reprezentuje tylko bardzo mały odcinek drogi. Przypomnijmy sobie to zagadnienie i zobrazujmy je raz jeszcze innym przykładem: gdybyśmy zredukowali odległość Ziemia – Księżyc do trasy lekkiego marszu dziennego, to jest do 20 kilometrów, wówczas odległość Plutona od nas wynosiłaby jeszcze tyle co obecnie odległość Księżyca. Drugie zastrzeżenie, które musimy dorzucić, teraz kiedy już rozpatrzyliśmy bliżej rzeczywistą sytuację Ziemi w Kosmosie, i które dotyczy nie tylko wszystkich dzisiejszych astronautycznych prób i usiłowań człowieka, ale co najmniej jeszcze najbliższych przyszłych pokoleń, o ile nie w ogóle całej przyszłości – wynika z poznania, że wolny Wszechświat naprawdę rozpoczyna się dopiero poza Układem Słonecznym, a mianowicie poza ową kulistą granicą szoku, którą Słońce rozciąga wokół całego swego Układu Planetarnego przez emanowany przez siebie prąd plazmy. Dopiero za granicami tej kuli panują "warunki kosmiczne" we właściwym tego słowa znaczeniu. Właśnie owe tutaj raz jeszcze rekapitulowane odkrycia naukowe otwierają nam oczy na to, że w rzeczywistości w ogóle jeszcze nie wiemy, jak wygląda, jakie panują warunki w tym "wolnym" Wszechświecie. Wewnątrz bowiem olbrzymiej kuli poddanej przez wiatr słoneczny bombardowaniu kosmicznych promieni, sytuacja jest nieomal wyłącznie opanowana przez Słońce, i to w takim stopniu, że należy uważać ją za całkowicie specyficzną, a zatem nie może ona stanowić podstawy przeprowadzania analogu do przestrzeni znajdującej się poza obrębem tego rejonu.

Dopiero owa kula ze swoją średnicą 12 miliardów kilometrów stanowi zewnętrzny zarys statku kosmicznego, na którym lecimy przez Wszechświat, dla którego Ziemia – biorąc ściśle – jest w rzeczywistości tylko kabiną dla personelu. Tak długo jak astronautyka będzie się ograniczać do lotów międzyplanetarnych,

a więc może nawet i na zawsze, jeszcze wciąż nie będą w grę wchodziły loty "kosmiczne" w ścisłym tego słowa znaczeniu, a jedynie loty pomiędzy poszczególnymi częściami składowymi statku kosmicznego; my zaś możemy uważać się za jego załogę. Mówiliśmy przed chwilą i obszernie wyjaśnialiśmy przyczyny, dla których międzygwiazdowa podróż kosmiczna, to znaczy loty pokonujące "międzygwiazdowe" odległości położone pomiędzy układami planetarnymi sąsiadujących ze sobą gwiazd stałych – może nigdy nie będą mogły być zrealizowane. Z drugiej jednak strony, marzenie o locie przez Wszechświat wśród gwiazd jest już dziś w pewnym sensie spełnione: wszyscy lecimy przecież już przez ten Kosmos od początku dziejów ludzkości wraz z całym Układem Słonecznym. Może podróż taka, trwająca setki, tysiące albo i miliony lat, wcale nie jest możliwa przy mniejszym nakładzie sił.

Druga kula, której ochrona jest nam niezbędna, równie niewidoczna jak pierwsza, o średnicy przeciętnej liczącej "tylko" 200 000 kilometrów, znacznie mniejsza i także dopiero przed kilku laty odkryta – to ziemska magnetosfera. Ośłania ona – używając raz jeszcze analogii do statku kosmicznego » – zamieszkałą przez załogę część statku, to jest Ziemię, przed śmiertelnym promieniowaniem, produkowanym poza ciepłem i światłem przez atomowy reaktor, niezbędny dla całego Układu jako dostawca energii. Owa druga magnetyczna tarcza ochronna powstaje dzięki oddziaływaniu Księżyca na obrót Ziemi.

Gdy teraz spojrzymy na ten pokrótce naszkicowany obraz, ukazujący nam nasz Układ Słoneczny w nowym świetle, i na rolę, jaką w nim odgrywa Ziemia – wydać się może, jakoby pozostałe planety naszego Układu nie uczestniczyły w całej tej grze sił, jakoby były poniekąd niepotrzebne i zbędne dla sprawy wpływów kształtujących powierzchnię naszej Ziemi w ekosferę, w strefę nadającą się do zamieszkania przez ludzi, zwierzęta i rośliny. Nie powinniśmy dać się zwieść temu wrażeniu. Wszystko, o czym dotąd mówiliśmy, zostało odkryte dopiero w ostatnich latach. Nikt nic o tym nie wiedział w poprzednich stuleciach. I nikomu także – a to jest z punktu widzenia dzisiejszej sytuacji znamienne – w ogóle nie wpadło na myśl, że do pełnego obrazu czegokolwiek jeszcze może brakować. Zdumiewające jest, jak bardzo się obraz zmienił w ciągu tak niewielu lat. A to jest powód, dla którego powinniśmy być przekonani, że daleko jeszcze do odkrycia wszystkich "rzeczywiście istniejących wpływów i powiązań, powinniśmy pamiętać, że wszystkie dotychczasowe doświadczenia nabyte w trakcie badań nad światem, przemawiają za tym, że w przyrodzie nie tylko nic nie dzieje się bez przyczyny, ale też nie bez skutków. Aczkolwiek dzisiaj po prostu nie dość wiemy, aby móc przewidzieć, co by się stało, gdyby na przykład jedna z innych planet znikła z naszego Układu, to jednak nawet i cząstka odkryta do tej pory, pozwala nam przypuszczać, że skutki byłyby radykalne, prawdopodobnie wręcz niebezpieczne, że konsekwencje byłyby odczuwalne aż w ostatnim zakątku Układu Słonecznego, a bezsprzecznie i w tej

stosunkowo bardzo małej strefie, która nam w tym Układzie przypada w udziale. Jeżeli chodzi o te sprawy, nauka nasza postawiła dopiero pierwsze kroki w nowej dziedzinie, w której oczekują nas jeszcze niezliczone odkrycia i niespodzianki.

Przez zrozumienie, że dla naszego istnienia potrzebna jest cała przestrzeń zajmowana przez Układ Słoneczny, wcale jeszcze nie otrzymaliśmy odpowiedzi na pytanie obejmujące całość zagadnienia. Przez poznanie, że siły i powiązania prowadzące grę na tak potężnych przestrzeniach i odległościach stwarzają na powierzchni Ziemi, jak gdyby w punkcie zogniskowania, owe warunki kształtujące nasze środowisko, jedyne warunki umożliwiające powstanie i zachowanie takich kruchych i nieprawdopodobnych struktur, jakimi są żywe organizmy – przez to poznanie, pytanie pierwotne objęło tylko szerszy zasięg. Wyszliśmy z założenia, że Ziemia nie jest samowystarczalna. Od tego czasu dowiedzieliśmy się, że dopiero twór tak wielki i skomplikowany jak Układ Słoneczny może być uważany za jednostkę kosmiczną, zamkniętą w sobie, której wewnętrzna stałość uzasadnić można siłami pochodzącymi z tegoż Układu.

Tym samym stajemy obecnie przed następnym pytaniem, sięgającym poza owe powiązania, a mianowicie, w jakim stosunku "statek kosmiczny Układ Słoneczny" znajduje się do Wszechświata rozpoczynającego się poza jego granicami; czy sunie poprzez niewymierne głębie tych przestrzeni w izolacji, wewnętrznym bezruchu i zamknięciu od zewnątrz, czy też ten większy Układ ze swej strony także ulega wpływom i określany jest w swojej odrębności przez jeszcze dalej sięgające powiązania, wpływy i siły pochodzące z otchłani Kosmosu.

Dziwnym trafem pierwszą wskazówką, że istnieje tego rodzaju powiązanie spajające cały Wszechświat, było rozpatrzenie pewnej "kosmicznej awarii", która przed około 700000 lat przejściowo dotkliwie zakłóciła kunsztowną budowę Układu Słonecznego w miejscu w każdym razie z naszej perspektywy zupełnie decydującym: w owym czasie osłona ziemskiego pola magnetycznego uległa całkowitemu zanikowi. Dokładne przebadanie tego dramatycznego zdarzenia wykazało, że nie stało się to po raz pierwszy.

WYPRAWA W PRZESZŁOŚĆ

PROMIENIUJĄCY KALENDARZ PRADZIEJÓW • ŚMIERĆ
URUCHAMIA ZEGAR WĘGLOWY • WIEK MAMUTA • PRADAWNE
BAKTERIE ZBUDZONE DO ŻYCIA • ZAMROŻONY MAGNETYZM
ZIEMSKI • POGMATWANE WYNIKI POMIAROWE • UKŁADANKA
ZACZYNA MIEĆ SENS • DŁUGA WĘDRÓWKA KONTYNETÓW •
HISTORIA ZIEMI NA PRZYSPIESZONYM FILMIE

Na początku lat trzydziestych obecnego stulecia pewna gazeta berlińska pozwoliła sobie na jeden z najbardziej błyskotliwych żartów prima-aprilisowych, jakie kiedykolwiek wymyślono. Ze świętą powagą, podając mnóstwo szczegółów nadających opisowi cechy dokumentalne, dziennik ogłosił sensacyjne odkrycie archeologiczne: odnalezienie staroegipskiej wazy w całkowicie nie-zniszczonym stanie. Właściwa pointa polegała na tym, że jak podawano w reportażu, waza ta była od dołu do góry ozdobiona linią spiralną wyrytą ręką garncarza w wilgotnej jeszcze glinie na obracającym się kole garncarskim. Jeden z archeologów biorących udział przy odnalezieniu wazy – tak brzmiała dalej notatka prasowa – wpadł na genialny pomysł, że według zasady klasycznej płyty gramofonowej rowek ów powinien być zachować ślady fal wszystkich dźwięków i odgłosów, rozbrzmiewających w chwili jego powstawania przed 3000 lat w warsztacie rzemieślnika. Owo bezwzględnie logiczne przypuszczenie miało się jakoby w pełni wspaniale potwierdzić w loku dokonanej próby. Wazę wprowadzono ponownie w ruch obrotowy, po wyrytym rowku spiralnym przejechano odpowiednim wzmacniaczem, a wytworzone w ten sposób impulsy przekazano do głośnika – i cóż się okazało? Zabrzmiała, wprawdzie mocno zniekształcona i skażona dźwiękami pobocznymi, staroegipska piosenka ludowa, ta sama, którą garncarz przypadkowo właśnie musiał sobie śpiewać, w czasie gdy ręka jego przed 3000 lat ryła ową linię w wilgotnej jeszcze glinie obracającej się wazy.

Historyjka ta zachowuje swoisty urok nawet po zdemaskowaniu primaaprilisowego dowcipu. A rzecz polega na tym, że jak każdy prawdziwie udany żart, zawiera w sobie głęboką mądrość. W tym przypadku jest nią zrozumienie, że przeszłość nigdy nie mija całkowicie i ostatecznie. Każde zdarzenie w przeszłości miało swoje skutki i pozostawiło pewne ślady. Suma ich stanowi naszą terażniejszość. Nawet śpiewana przed tysiącami lat pieśń jeszcze dzisiaj nie przebrzmiała zupełnie. Mechaniczny ruch cząsteczek powietrza, które ongiś niosły jej dźwięk, nie może zaginąć tak samo jak żadna inna forma energii. Wprawdzie dawno już zatarł się szczególnie wzorzec tworzący kiedyś owe cząsteczki i stanowiący fizyczną podstawę dźwięku. Porządek ich znikł już tak gruntownie, że musiałby się zdarzyć •nadzwyczajny przypadek jakiejś formy "utrwalenia" – jak słusznie przyjęto w wymyślonej historii o odnalezionej wazie –

aby ponownie wywołać dźwięk śpiewanej kiedyś w przeszłości piosenki.

Jednakże w rzeczywistości przeszłość nigdy nie przemija ostatecznie. I chociaż nie możemy dzisiaj znowu usłyszeć staroegipskich pieśni ludowych, nauka ostatnich dziesiątków lat znajduje wciąż nowe metody, pozwalające "przemawiać" śladom przeszłości w sposób, jaki jeszcze do niedawna uchodziłby za wymysł fantazji. Przy użyciu owych metod naukowcy wyciągają na światło dzienne procesy i zdarzenia z najdalszej przeszłości historii Ziemi w tak obrazowej formie, że praca ich coraz bardziej staje się podobna do prawdziwej wyprawy w przeszłość. To co kiedyś rozpoczęło się od badań nad osadami i skamieniałościami, obecnie rozwija się coraz wyraźniej w dyscyplinę naukową, która pozwala przywołać do życia rzeczy zdawałoby się zagubione od tysięcy czy milionów lat.

Określenie wieku przez wykorzystanie izotopów można dzisiaj nazwać metodą starą i czcigodną. Jej teoretyczną zasadę rozpoznał i opisał już w początkach obecnego stulecia genialny angielski fizyk Ernest Rutherford, ten sam, któremu w roku 1919 udało się po raz pierwszy rozbić atom i który przy tym tak źle ocenił tkwiące w tym procesie możliwości, że jeszcze na krótko przed śmiercią, w roku 1937, a więc tylko osiem lat przed Hirosimą, wypowiedział pamiętne słowa "Kto poważnie wierzy w to, że kiedykolwiek powstanie możliwość uwolnienia znaczniejszych ilości energii przez rozbitcie atomu – jest fantastą." Rutherford już przed pierwszą wojną światową zwrócił uwagę na możliwość wykorzystania równomierności rozpadu pierwiastków radioaktywnych jako kalendarza dla ustalania dat zdarzeń z przeszłości.

Jego myśl podstawowa była następująca, rad i wszystkie inne "radioaktywne" pierwiastki rozpadają się z absolutnie niezmienną i od wszelkich zewnętrznych wpływów niezależną prędkością. Tempo rozpadu jest różne dla każdego pierwiastka, różnice bywają niekiedy krańcowe. Do definiowania każdorazowego tempa rozpadu jako użyteczny przyjął się termin "okresu połowicznego zaniku". Określa on czas upływający od chwili, w której połowa substancji pierwiastka radioaktywnego rozpada się, to znaczy przemienia się w inny pierwiastek, w "produkt rozpadu".

Tak więc na przykład okres połowicznego zaniku radu wynosi 1580 lat. Gdyby się więc zamknęło jeden gram czystego radu w pojemniku, to po 1580 latach naczynie zawierałoby już tylko połowę radu, a więc pół grama, resztę stanowiłby produkt rozpadowy – ołów. W rzeczywistości rozpad radu przebiega poprzez szereg produktów przejściowych, które jednak są również radioaktywne i wszystkie wykazują tak krótkie okresy połowicznego zaniku, że po 1580 latach poza połową pierwotnej ilości radu praktycznie pozostałby tylko ołów jako stały produkt końcowy szeregu rozpadowego. Po dalszych 1580 latach pojemnik zawierałby już tylko ćwierć grama radu (i trzy czwarte grama ołowiu). I tak dalej, w ciągu tysięcy lat. Czas, w którym rad wskutek rozpadu znikłby całkowicie,

byłby niezmiernie długi, gdyż w czasie 1580 lat rozpada się zawsze tylko połowa każdej pozostającej reszty. Naturalnie, że stosunkowo szybko nadszedłby taki moment, w którym pozostała część radu byłaby tak mała, że wystąpiłyby trudności z wymierzeniem jej.

Inne pierwiastki mają znacznie dłuższe okresy połowicznego zaniku, na przykład tor: w jego wypadku czas, w którym połowa danej ilości się rozpada, wynosi nie mniej jak 14 miliardów lat. inne z kolei, a wśród nich ku zmartwieniu fizyków właśnie dotychczas sztucznie wyprodukowane pierwiastki, cięższe jeszcze od najcięższego występującego w przyrodzie uranu – mają okresy połowicznego zaniku wynoszące tylko milionowe czy też miliardowe części sekundy. Takie krańcowe prędkości rozpadu naturalnie znacznie utrudniają stwierdzenie obecności i badanie właściwości owych "transuranów".

Skoro się wie, ile na przykład radu zawierał w określonym czasie jakiś minerał, można oczywiście i odwrotnie, znając prędkość rozpadu, obliczyć na podstawie ilości istniejącego jeszcze w czasie badań udziału radu (albo też ilości powstałego tymczasem produktu rozpadowego), ile czasu upłynęło od powstania – w naszym przykładzie – badanego minerału. Istotnie niedawno zmarły niemiecki laureat nagrody Nobla Otto Hahn w latach trzydziestych po raz pierwszy według tej zasady, jednak nie za pomocą radu, lecz również radioaktywnej pierwiastka strontu, ustalił wiarygodne dane o wieku najstarszych minerałów skorupy ziemskiej, innymi słowy, minimalne wartości wieku Ziemi od czasu skrzepnięcia jej powierzchni. Hahn doszedł podówczas do wartości minimalnej 2 miliardów lat. Tymczasem odnaleziono w skorupie ziemskiej jeszcze starsze gatunki skał. Najdawniejsze spośród nich powstały przed prawie 3 miliardami lat (podczas gdy wiek samej Ziemi ocenia się dzisiaj na 4,5 miliarda lat).

W tym wypadku, to znaczy gdy ostatecznie chodzi o określenie momentu, w którym tworzyła się skorupa ziemska i zawarte w niej minerały, wie się dokładnie, jaki odcinek czasu podlega pomiarom, do jakiej chwili odnosi się wartość obliczana przez określanie produktów rozpadu pierwiastka radioaktywnego. Ale kiedy wiadomo w innych przypadkach, jaka ilość określonego promieniującego pierwiastka zawarta była pierwotnie w próbce, której wiek chce się ustalić? Tylko wtedy bowiem, gdy się ma takie dane, można z dającego się obecnie stwierdzić stanu rozpadu wyciągać wnioski o czasie, który upłynął od powstania próbki.

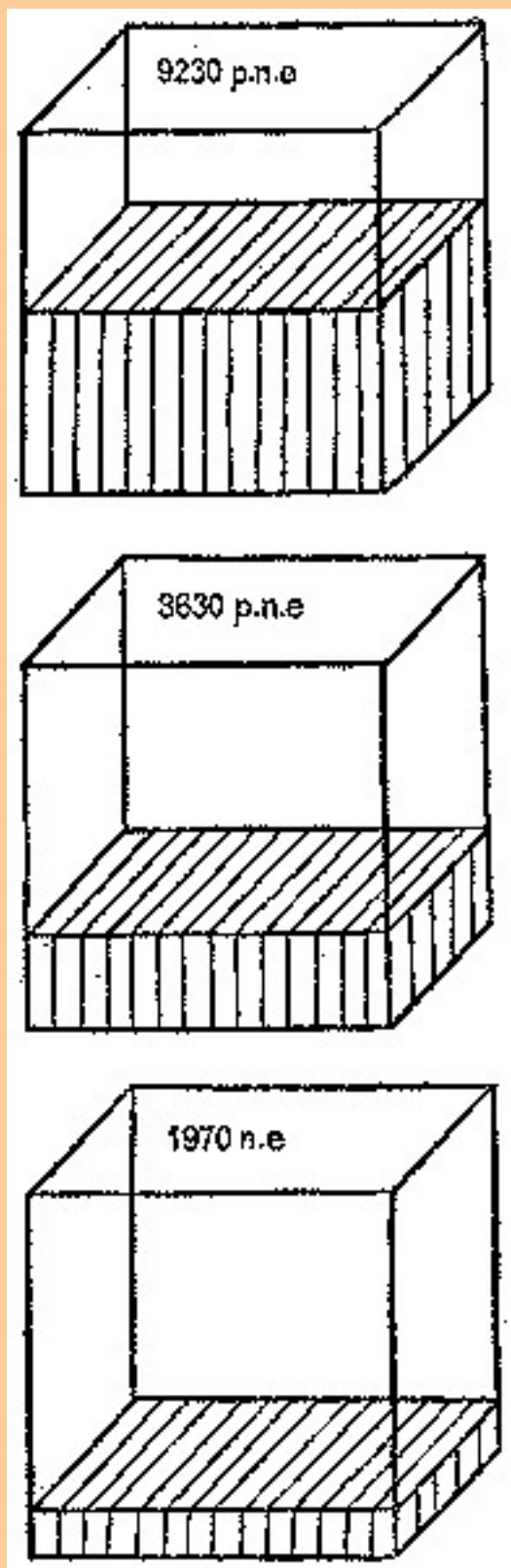
Szczęśliwie istnieje kilka takich przypadków, w których na podstawie błyskotliwych kombinacji i dodatkowych sztuczek metodycznych udaje się udzielić odpowiedzi także na to pytanie, a tym samym ustalić punkt zerowy dla miernika, który ma posłużyć do sondowania głębi przeszłości. Zajmiemy się teraz dwoma przykładami, najsłynniejszym, to jest tak zwaną "metodą ^{14}C " oraz szczególnie zdumiewającym przypadkiem "geologicznego termometru" –

metody, która od niedawna umożliwia określenie temperatur, jakie panowały przed tuzinami milionów lat w praocceanach Ziemi.

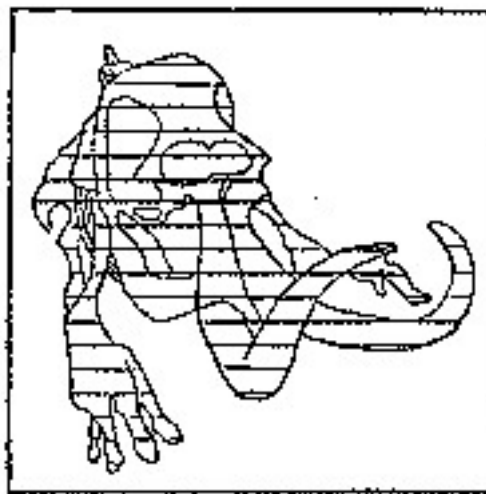
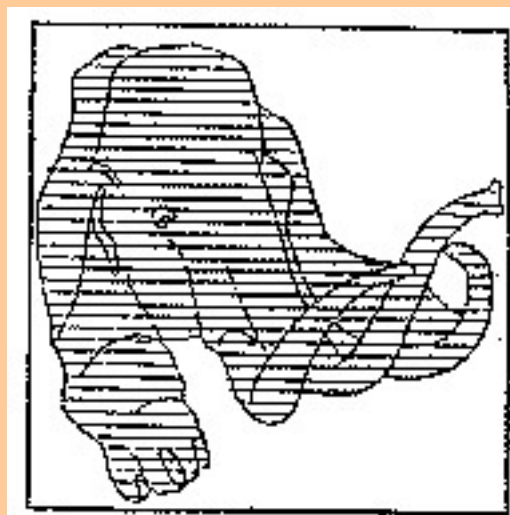
Metoda ^{14}C pozwala z dużą dokładnością określać wiek substancji organicznych, powstałych na drodze biologicznej, a więc wiek szczątków kostnych czy też roślinnych. Podstawą metody jest odkrycie, że dwutlenek węgla atmosfery ziemskiej zawiera nie tylko zwykły węgiel, ale ponadto również bardzo mały odsetek radioaktywnego węglowego "izotopu", określanego chemicznym symbolem ^{14}C . Pod pojęciem izotopu rozumie się atomy określonego pierwiastka, których ciężar różni się troszeczkę od ciężaru normalnych atomów tego samego pierwiastka, a które jednocześnie są identyczne z nimi pod względem chemicznym i każdym innym. Ów izotop węglowy ^{14}C bywa więc pobierany przez każdą żywą istotę i wbudowywany w jej tkanki tak samo jak normalny węgiel. Jednak ^{14}C jako izotop radioaktywny z wolna się rozpada. Co prawda okres jego połowicznego zaniku wynosi 5600 lat. Aczkolwiek bardzo powoli, jednak mały odsetek i tak bardzo niewielkiej ilości ^{14}C przez rozpad znika stale z organizmu, który sobie skądinąd izotop ten bieżąco od nowa doprowadza (rośliny – z powietrza, zwierzęta – przez pobieranie roślinnych pokarmów). Dochodzi przy tym do stałej równowagi, w której przyjmowanie i rozpad izotopu w organizmie dokładnie się wyrównują, a skutkiem tego jest ściśle określony trwały stosunek pomiędzy normalnym a radioaktywnym węglem.

Stosunek ów, dobrze znany na podstawie ustaleń dokonanych w odniesieniu do obecnie żyjących roślin i zwierząt, wyznacza zerowy punkt "geologicznego zegara węglowego". Zegar ten rozpoczyna swój bieg w chwili śmierci danego organizmu. Z tą chwilą bowiem stosunek pomiędzy węglem a izotopem, który za życia organizmu wskutek opisanej równowagi między dopływem a rozkładem był stały, powoli zaczyna się przesuwac, gdyż po śmierci danej jednostki, obojętne, czy jest nią człowiek, zwierzę czy roślina, dopływ ^{14}C urywa się. Zawarty w organizmie izotop od tej chwili zanika w tempie odpowiadającym jego okresowi połowicznego zaniku, podczas gdy zawartość "normalnego" węgla pozostaje naturalnie niezmienna. Innymi słowy: wykazany przy badaniu organicznej próbki stopień przesunięcia się stosunku między węglem a ^{14}C stanowi dokładny miernik czasu, który upłynął pomiędzy okresem przeprowadzania badań a obumarciem próbnej tkanki.

Gdy więc archeologowie w trakcie swoich prac wykopaliskowych natrafią na pozostałości prehistorycznego ogniska obozowego, wystarczy, żeby poprosili fizyka o określenie stosunku pomiędzy ^{14}C a zwykłym węglem w resztkach kości tej uczty z epoki kamiennej oraz w zwęglonych drwach ogniska; wtedy wiedzą już dokładnie, kiedy zostało zabite zwierzę, z którego składała się uczta, i w jakim czasie odrąbano gałęzie, w których żarze nasz paleolityczny praprzodek piekł swoją pieczeń.



Zasada określania wieku przy użyciu radioaktywnych izotopów pokazana jest tutaj schematycznie na przykładzie radioaktywnego węgla ^{14}C ; ^{14}C ma okres połowicznego zaniku 5600 lat. Gdyby więc ktoś w roku 9230 p.n.e. wypełnił pojemnik dokładnie do połowy izotopem ^{14}C i gdzieś zakopał, to 5600 lat później dokładnie połowa uległaby promieniotwórczemu rozpadowi. W roku 3630 p.n.e. pojemnik byłby więc napełniony ^{14}C już tylko w jednej czwartej, a po dalszych 5600 latach, to znaczy obecnie, tylko do jednej ósmej.



Niniejszy schemat wyjaśnia jedno z licznych zastosowań zasady pokazanej na poprzedniej ilustracji. Każda żyjąca istota zawiera ściśle określoną część ^{14}C , która w ciągu całego jej życia pozostaje stała. Gdy jednakże organizm umiera, ^{14}C zaczyna znikać z pozostałości zwierzęcia w tempie swego okresu połowicznego zaniku, stąd możliwe jest bardzo dokładne obliczenie na podstawie zawartości ^{14}C w znalezionych dzisiaj resztkach szkieletu, na przykład mamuta, kiedy zwierzę zginęło. (Obywająca z biegiem

czasu zawartość ^{14}C zaznaczona jest na szkicu przez zmniejszenie gęstości zakreskowania.)

Teoretycznie obliczenia takiego można dokonać z dokładnością do jednego roku. W praktyce występują naturalnie o wiele większe wahania wskutek nieuniknionych błędów w określaniu bardzo drobnych części ^{14}C . Niemniej wiemy dzisiaj, wyłącznie na zasadzie tej właśnie metody, dzięki której możemy ze zdumiewającą trafnością wymierzyć z perspektywy teraźniejszości dawno już zamierzchłe odcinki czasu, że jaskinie w Lascaux w południowej Francji, rozstawione na cały świat przez swe malowidła ściennie pochodzące z epoki lodowej, były zamieszkałe przed 15 tysiącami lat.

Owa metoda izotopowa sprawdziła się niedawno nie tylko jako "zegar" do określenia daty odległych w czasie wydarzeń minionych (do czego zresztą oprócz ^{14}C i wymienionego już strontu używane są także inne pierwiastki i ich izotopy), lecz również w innym przypadku jako "termometr geologiczny", umożliwiając nam stwierdzenie dzisiaj, jaka była ciepłota Oceanu Atlantyckiego przed 50 czy 60 milionami lat. Do celów mierzenia temperatury przydatne okazało się odkrycie fizykochemików, że przy tworzeniu się wapiennych skorup ślimaków, małży czy też skorupiaków istnieje ściśle od temperatury zależna równowaga pomiędzy dwoma różnymi izotopami tlenu, które zwierzęta te wbudowują w cząsteczki wapienne swoich pancerzy. Relacja między ^{16}O i ^{18}O , jak się naukowo określa owe dwa izotopy tlenu, podaje więc z dokładnością do jednego stopnia wysokość temperatury otoczenia, w czasie gdy powstawała badana skorupa wapienna. Jeżeli się więc przebadają w ten sposób skamieniałe wapienne skorupy wymarłych mieszkańców morza, a zarazem określi opisaną metodą ^{14}C wiek skorup – będzie dokładnie wiadomo, jaką temperaturę miała woda, w czasie gdy badany gatunek zwierząt się w niej uwijał.



Koral odkłada wciąż nowe warstwy wapna w swym dolnym końcu (ciemniejsza stożkowata część rysunku); na warstwach tych osadzony jest mocno jak na cokole. To wytwarzanie wapna nie odbywa się jednak w sposób całkowicie równomierny, ale w rytmie pór roku.

Niedawno rozpoczęto nawet próby rozwiązania problemu stosowania tej samej metody przy pomocy mikroanalizy do materiału poszczególnych pierścieni rocznych przyrostów łusek wapiennych. Pozwoliłoby to na stwierdzenie, w jakiej kolejności w owym praświecie oddalonym od nas niewyobrażalnym rozmiarem czasu – 50 czy 100 milionów lat – następowały po sobie "złe" i "dobre" pory letnie. Znaczenie tego nie ogranicza się do rekonstrukcji stosunków środowiska na powierzchni pra-Ziemi. Wyniki tych badań pozwoliłyby nam bowiem wyciągnąć dzisiaj pośrednio wnioski o aktywności, a tym samym o stanie Słońca przed 50 czy też 100 milionami lat i – na przykład – skontrolować, czy aktywność jego już w owym czasie podlegała jedenastoletniemu, rytmowi jak obecnie.

Od kilku lat istnieje jeszcze wiele innych metod umożliwiających naukowcom tropienie śladów dalekiej przeszłości Ziemi, które wydawały nam się dawno zatarte, a które mogą do nas przemówić w takiej czy innej formie. Tak na

przykład udało się pewnemu niemieckiemu biologowi dosłownie przywrócić do życia paleozoiczne bakterie, od 100 milionów lat albo nawet i dłużej zamknięte w złożach soli w głębi skorupy ziemskiej. Owe żyjące istoty zamierzchłej przeszłości rosną dzisiaj znowu i rozmnażają się na pożywcze w naszych nowoczesnych laboratoriach. A oznacza to, że naukowcy dzisiejsi prowadzą badania także nad przemianą materii i pozostałymi funkcjami życiowymi tych dawno już "wymarłych" organizmów pierwotnego świata i mogą procesy te porównywać z procesami, które zachodzą u żyjących dziś jeszcze naturalnych potomków owych drobnoustrojów.

Zresztą w ogóle paleontologia, to jest badanie drzewa genealogicznego istniejących na Ziemi form życia, dawno już nie jest zdana tylko na badanie pozostałości kostnych i skamieniałości. Istnieje na przykład nowa rokująca nadzieje dyscyplina stwierdzania pokrewieństwa gatunków przez badania porównawcze nad strukturą białka. Barwnik krwi i pewne inne substancje białkowe, występujące praktycznie u prawie wszystkich istot żywych i pełniące u wszystkich takie same funkcje (transport tlenu, rozkład podstawowych substancji pokarmowych itp.), mają prawie tę samą budowę u wszystkich dzisiaj żyjących gatunków, począwszy od owadów i ryb aż do człowieka włącznie. Wygląda na to, że w tym przypadku dokonane przez przyrodę "wynałazki" były trafem tak szczęśliwym, że trzymała się ich przez cały czas, jaki upłynął od powstania życia na Ziemi przed mniej więcej 3 miliardami lat. Znajdowały one wciąż od nowa zastosowanie przy wszystkich nowych koncepcjach biologicznych, aż do człowieka, co dla badaczy, napotykających je dzisiaj u wszystkich istot żywych prawie w tej samej postaci, stanowi dowód podstawowego pokrewieństwa pomiędzy wszystkimi, nawet najbardziej różniącymi się organizmami egzystującymi obecnie.

Ale nie tylko to. Owe ciała białkowe bowiem, spełniające podstawowe funkcje życiowe jak oddychanie i użytkowanie pokarmu, nie są całkowicie identyczne. W pewnych punktach konstrukcji, które nie są ważne dla ich specyficznej wydolności, istnieją jednak drobne różnice pomiędzy poszczególnymi gatunkami. A różnice te najwyraźniej są zależne od stopnia pokrewieństwa porównywanych gatunków, a raczej – mówiąc ściśle – od czasu, który upłynął, od kiedy rozdzieliło się drzewo genealogiczne obu gatunków. I teraz nagle ukazuje nam się perspektywa opracowania prawdziwego kalendarza genealogii: porywająca, fantastyczna możliwość zrekonstruowania w najbliższych latach i dziesiątkach lat procesu rozwoju życia na Ziemi, od prymitywnych jednokomórkowców w morzach począwszy aż do powstania człowieka – jako obrazowej historii podbudowanej datami. Na podstawie naszkicowanej tu metody wiemy już dzisiaj, że my i kura mieliśmy wspólnego antenata przed "zaledwie" 280 milionami lat. 490 milionów lat minęło od chwili, gdy nasi przodkowie – dawne płazy – oddzielili się od ryb i zaczęli zdobywać ląd stały. A przed 750 milionami lat musiała na Ziemi istnieć żywa istota, która była przodkiem nie tylko wszystkich kręgowców,

lecz także owadów.

Są to tylko pojedyncze przykłady. Jakkolwiek są fascynujące, nie możemy w tym miejscu się nad nimi rozwodzić, sprowadziłoby to nas zbyt daleko z drogi naszego właściwego tematu. Przykłady te miały tylko wykazać i udowodnić, że obecna nauka jednocześnie i w tylu różnych kierunkach wnika zdumiewająco głęboko w dawno już zaginioną przeszłość Ziemi i życia ziemskiego, tak że wiedza nasza o prehistorii opiera się dzisiaj na o wiele mocniejszych i solidniejszych podstawach aniżeli czyste teorie, jak wciąż jeszcze sądzi wielu ludzi stojących z dala od tych spraw.

Pragniemy jednak opisać tu dokładniej jeszcze jedną z owych metod i nieco bardziej szczegółowo omówić jej konsekwencje i rezultaty, gdyż zaprowadzi nas ona z powrotem zupełnie bezpośrednio na tor naszych rozważań. Jest nią nowa dziedzina badań tak zwanego paleomagnetyzmu.

Potrafimy dzisiaj nie tylko zbadać rytm aktywności Słońca w czasach jaszczurów, wiemy nie tylko, jaka była temperatura mórz, w których harcowały te gigantyczne gady, biochemicy nasi analizują obecnie nie tylko procesy przemiany materii "wymarłych" mikroobów z okresu starożytności Ziemi. Od kilku lat umiemy nawet wymierzyć kierunek i siłę ziemskiego magnetyzmu w rozmaitych epokach dawno przebrzmiałej historii Ziemi. Aczkolwiek konkretne przeprowadzenie takich pomiarów nastrocza ogromne trudności ze względu na nadzwyczajną słabość "skamieniałego magnetyzmu" stanowiącego podstawę tej metody – sama zasada postępowania jest niezwykle prosta.

W skałach skorupy ziemskiej znajdują się liczne minerały zawierające żelazo i magnetyzujące się. Występują one między innymi także w skałach wulkanicznych, z czego wynikają – jak odkryli geofizycy krótko po ostatniej wojnie światowej – niezwykle interesujące możliwości. Przypuśćmy, że przed 100 milionami lat gdzieś na Ziemi wybuchnął aktywny wulkan i lawą zalał swoje najbliższe otoczenie. Tak długo jak wylane ze środka Ziemi masy były jeszcze gorące, zawarte w nich sole żelaza nie miały jeszcze żadnych właściwości magnetycznych. Powyżej temperatury około 770 stopni Celsjusza, żelazo – jak już wspomnieliśmy – traci swoją zdolność do magnetyzowania się. Ale lava raz już wylana na powierzchnię podlegała naturalnie ochłodzeniu. Prędzej czy później po wybuchu temperatura znowu spadała poniżej granicy krytycznej, a zawarte w zastygających masach skalnych związki żelaza były gotowe do ponownego magnetyzowania się. I tak też się w krótkim czasie stało, mianowicie – a jest to pointa całej tej sprawy – pod wpływem magnetyzmu ziemskiego.

Innymi słowy, zawarte w lawie żelaziste minerały zostały w tym stadium ochłodzenia na-magnetyzowane dokładnie w kierunku północno--południowym, to jest odpowiadającym kierunkowi ziemskiego pola magnetycznego. Pomimo ogromnie długiego czasu, jaki upłynął od tego prehistorycznego wybuchu, można dzisiaj, przy użyciu posiadanych obecnie czułych przyrządów

pomiarowych dokładnie jeszcze stwierdzić wyrażoną w skałach magnetyczną orientację. Gdy się więc na obszarze dawnego rejonu wulkanicznego przekopie poprzez wszystkie nawarstwienia pochodzące z późniejszych wybuchów i inne osady i wreszcie dotrze – aby pozostać przy naszym przykładzie – do warstwy lawy wylanej przed 100 milionami lat, można zmierzyć magnetyzm jak gdyby "zamrożony" w tej warstwie i ustalić kierunek, w którym przebiegają linie jego sił. Wiek warstwy lawy można przy tym ustalić – między innymi – opisaną już metodą izotopową.

Gdy cały ten proces został już opracowany i opisany, zaczęto oczywiście w niezliczonych miejscach po całej Ziemi poszukiwać śladów zakrzepniętego magnetyzmu w warstwach z najrozmaitszych epok i mierzyć je. Zainteresowanie naukowców zrazu było skoncentrowane na zagadnieniach dokładności pomiarów przy rejestracji niezwykle słabych pól magnetycznych, mniej więcej sto razy słabszych od i tak nie bardzo silnego ziemskiego pola magnetycznego, które je pokrywa. Nikt na świecie nie oczekiwał żadnych sensacji. Tymczasem za jednym zamachem dokonano dwóch najbardziej podniecających odkryć w geologii w ciągu ostatnich dwudziestu lat.

Cały świat, a przynajmniej świat geofizyków, wychodził oczywiście z założenia, że kierunki wskazywane przez Imię paleomagnetyzmu, bez względu na to, z jakiej epoki geologicznej pochodziłyby badane próbki, muszą odpowiadać mniej lub więcej dokładnie orientacji dzisiejszego ziemskiego pola magnetycznego. Wiadomo było przecież, aby zacytować jeden tylko argument przemawiający za tym założeniem, że oś ziemskiego pola magnetycznego była w jakiś sposób powiązana z osią rotacji Ziemi. I rzeczywiście trudno sobie dotąd jeszcze wyobrazić, żeby owa oś Obrotu mogła się być w ciągu dotychczasowej historii Ziemi przemieścić kiedykolwiek o więcej niż o całkiem nieznaczną wielkość. Tak zwana "wędrówka bieguna", a więc dający się stwierdzić przy bardzo dokładnych pomiarach kodowy ruch wahadłowy wykonywany przez oś ziemską, leży w granicach wielkości maksimum 10 metrów rocznie.

Wystarczy przeprowadzić próbę z dostatecznie ciężkim bąkiem, takim jakim bawią się dzieci, usiłując sprowadzić go z jego płaszczyzny obrotu przez boczny nacisk palca na wystającą ku górze końcówkę jego osi – aby natychmiast zrozumieć, dlaczego inaczej nie może być. Przy próbie z bąkiem natrafimy na opór, który każdego niedoświadczonego wprawi w zdumienie. Opór stawiany przez bąka każdej zmianie położenia, jest przyczyną, dla której "ustabilizowane" przez żyroskopy platformy obrotowe stanowią w tym świecie, gdzie wszystko się obraca i porusza, najbardziej niezawodny punkt odniesienia, gdy chodzi o uzyskanie niezależnej od wszelkich zewnętrznych wpływów wartości wyjściowej dla bieżących obliczeń torów. Również automatyczne sterowanie dzisiejszych rakiet kosmicznych orientuje się według "punktu zerowego" tego rodzaju żyroskopowe stabilizowanych platform, których stabilizacja jest dodatkowo w regularnych odstępach kontrolowana przez komputer pokładowy według ich

położenia wobec określonych bardzo odległych (a więc w ciągu wszystkich lotów w naszym Układzie Słonecznym praktycznie nieruchomych optycznie) gwiazd stałych.

ów opór bezwładności, który obracające się wokół siebie ciało przeciwstawia każdej próbie zmiany jego osi obrotu, jest tak ogromny, że stosunkowo cieniutka warstwa naszej planety rozleciałaby się w tysiące strzępów, a żarzące jej wnętrze zastygłoby dawno w lodowatym Wszechświecie w postaci niezliczonych dziwacznych kropli, gdyby kiedykolwiek była powstała siła, zdolna odchylić jej oś obrotu o jakąś poważną wielkość. Któż więc mógł wpaść na pomysł, że przy badaniu magnetyzmu w starych historycznych złożach ziemskich znajdzie się inna orientacja linii pól jak tylko ściśle północno-południowa? Tymczasem właśnie tak się stało. Ponadto natychmiast okazało się, że występują dwa zupełnie odmienne rodzaje odchylenia i że rozmiar i częstość tych "paleomagnetycznych anomalii" wzrastały, im bardziej badania rozciągały się w przeszłość.

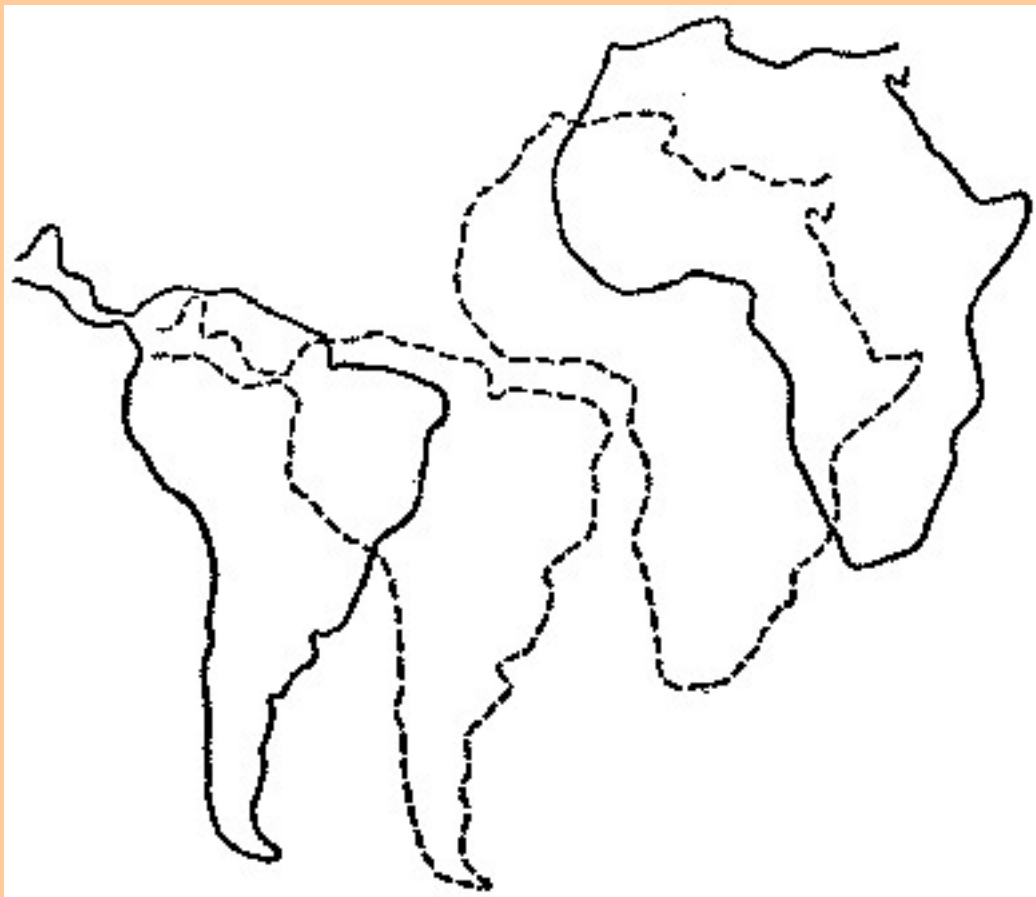
Pierwszy rodzaj odchylenia, na jaki natrafiono, był niezwykle zagmatwany; nic więc dziwnego, że początkowo wielu doszukiwało się przyczyny sprzeczności pomiędzy poszczególnymi danymi w błędach pomiarów tak nadzwyczaj słabych, zakrzepniętych pól magnetycznych. Otrzymywano pozornie całkiem dowolne, zmieniające się rezultaty pomiarów, czego nikt nie był w stanie zrozumieć. Magnetyczne linie sił w badanych warstwach odbiegały raz bardziej, raz mniej od dzisiejszego kierunku północno-południowego; ale nie tylko to: nawet wtedy gdy porównywano z sobą linie sił tej samej epoki geologicznej na różnych kontynentach, uzyskiwano całkowicie różne wyniki. Tak na przykład jedna seria pomiarów, wykonanych na podstawie próbek skał wulkanicznych kontynentu amerykańskiego, liczących 200 milionów lat, wskazywała, że biegun północny musiał podówczas znajdować się w okolicy dzisiejszej Syberii; tymczasem próbki z tego samego okresu pochodzące z Europy kazały umiejscowić magnetyczny biegun północny gdzieś w południowej Grenlandii.

Geofizycy nie mogli znaleźć żadnego wyjaśnienia tego poplątanego obrazu. Z cierpliwością i uporem, które między innymi cechami charakteryzują dobrego naukowca, nie ustawiali jednak w zbieraniu po całej Ziemi coraz to nowych danych o warstwach możliwie różnego wieku i w nanoszeniu tych danych na mapy. Po kilku latach wytrwałość ich została nagrodzona. Tak jak mozaikowy obraz złożony z kamyczków staje się rozpoznawalny, dopiero gdy przynajmniej większość kamyków znalazła swoje właściwe miejsce, podobnie i tutaj stopniowo z początkowo mętnego chaosu zaczął się powoli wyłaniać sensowny wzór.

Punktem wyjściowym wszystkich rozważań było oczywiście, że istnieć mógł zawsze tylko jeden jedyny biegun północny i tylko jeden jedyny biegun południowy i że oba musiały zawsze być położone dokładnie naprzeciwko siebie. W tych warunkach wszystkie tak licznie zebrane wyniki pomiarów były

zrozumiały tylko wtedy, jeżeliby się przyjęło zaskakującą hipotezę, że kontynenty od czasu epoki, do której odnosiły się poszczególne dane pomiarowe, zmieniły swoje wzajemne położenie, a tym samym i swoje miejsce na powierzchni ziemskiej. Bezwiednie i żadnej nie mając w tym względzie intencji, geofizycy przez swoje paleomagnetyczne badania udowodnili więc odrzucaną do tej pory przez większość naukowców teorię "przesunięcia kontynentów", którą już w roku 1912 postawił niemiecki geofizyk Alfred Wegener.

Najdobitniejszym dowodem, na którym Wegener opierał swoją teorię, było "kolano Ameryki Południowej i pachwina Afryki Zachodniej", to jest zgodność linii wschodniego wybrzeża Ameryki Południowej z leżącym naprzeciwko afrykańskim wybrzeżem zachodnim. Rzut oka na mapę wskazuje, że rzeczywiście oba te kontynenty pasowałyby do siebie tak znakomicie jak części układanki. Wegener był zdania, że zgodność ta, którą przed nim wszyscy widzieli nie zastanawiając się nad jej znaczeniem, nie jest przypadkowa. Doszedł na tej podstawie do dość śmiałego przypuszczenia, że oba kontynenty przed bardzo dawnymi czasy musiały stanowić jeden wielki nad-kontynent, który rozpękł się i którego części od tego czasu rozchodziły się po zawieszistej warstwie zewnętrznego płaszcza ziemskiego. Cierpliwe badania i geologiczne porównania pozwoliły mu odnaleźć jeszcze później inne podobne zgodności, mniej rzucające się w oczy, między wybrzeżami innych kontynentów, na przykład Indii i afrykańskiego wybrzeża południowo-wschodniego. Swego czasu owa teoria o przesuwaniu się kontynentów stanowiła przejściowo przedmiot żywych dyskusji w kołach fachowców, lecz w zasadzie została przez większość uczonych odrzucona. Głównym argumentem przeciw tej teorii było, że nikt, nie wyłączając Wegenera, nie potrafił wskazać, skąd miałyby się wziąć te potężne siły, które potrafiłyby wprawić w ruch całe kontynenty na powierzchni kuli ziemskiej. Dzisiaj sytuacja przedstawia się wręcz odwrotnie. Teoria Wegenera w oczach większości geofizyków jest tak jak gdyby udowodniona. Oznacza to, że muszą istnieć siły powodujące wędrówki wielkich połaci kontynentów, które jak tafle lodu płyną w zwolnionym tempie kilku centymetrów rocznie na swym gęstym podłożu. Nie pytamy więc obecnie już o to, czy siły te istnieją, lecz skąd się biorą. Na to pytanie odpowiedzi wciąż jeszcze nie znamy. I tu wielu geofizyków sięga znowu do hipotezy prądów konwektywnych, wytwarzanych przez różnice temperatur we wnętrzu Ziemi z tym, że w wypadku takim prądy te przebiegałyby naturalnie znacznie bliżej powierzchni Ziemi i znacznie wolniej, aniżeli potrzebne było dla wyjaśnienia magnetyzmu ziemskiego.



Zgodność południowoamerykańskiego wybrzeża wschodniego z konturami afrykańskiego wybrzeża zachodniego by« ta pierwszą wskazówką zjawiska "drylu kontynentalnego", na który od kilku lat uzyskano wiele nieodpartych dowodów. Przerywane linie pokazują, jak oba kontynenty przed mniej więcej 100 milionami lat były w stosunku do siebie położone.

Zupełnie inna nowa teoria zakłada z kolei, że powolne rozsuwanie się wielkich połączeń kontynentów spowodowane jest ciśnieniem lawy wylewającej się nieustannie z ogromnych szczelin wulkanicznych, odkrytych w ostatnich latach na dnie wielkich oceanów. Jednakże problem ten nie jest do tej pory rozstrzygnięty.

Wegener nie dożył już uznania swej teorii. Zginął w nie wyjaśnionych okolicznościach w roku 1930, w wieku pięćdziesięciu lat, w czasie ekspedycji na Grenlandię. Nie ucichły dotąd pogłoski, że nerwy jego nie wytrzymały skoncentrowanej krytyki kolegów po fachu i że śmierć jego była w rzeczywistości samobójcza.

Pierwsze wskazania na to, że teza o wędrówkach wielkich kontynentów w ciągu historii Ziemi może nie być daleka od prawdy, ujawniły się krótko po ostatniej wojnie w związku z odkryciem geologicznym stwierdzającym, że nie tylko zarysy wybrzeży Afryki i Południowej Ameryki są z sobą zgodne, lecz także charakter formacji skalnych dużych przestrzeni odpowiadających sobie odcinków wybrzeża. Spośród wielu innych jeszcze wskazówek, które się z czasem

nagromadziły (teoria Wegenera wprawdzie się nie przyjęła, ale była stale nadal cierpliwie sprawdzana przez wielu jego kolegów po fachu), podamy tu jeszcze jeden przykład, szczególnie ciekawy i wykazujący nieoczekiwanie, jak bardzo rozgałęzione są powiązania, na które natrafia się w czasie wszystkich badań naukowych, gdy nie jest się ograniczonym wyłącznie do ciasnego zakresu własnej specjalności.

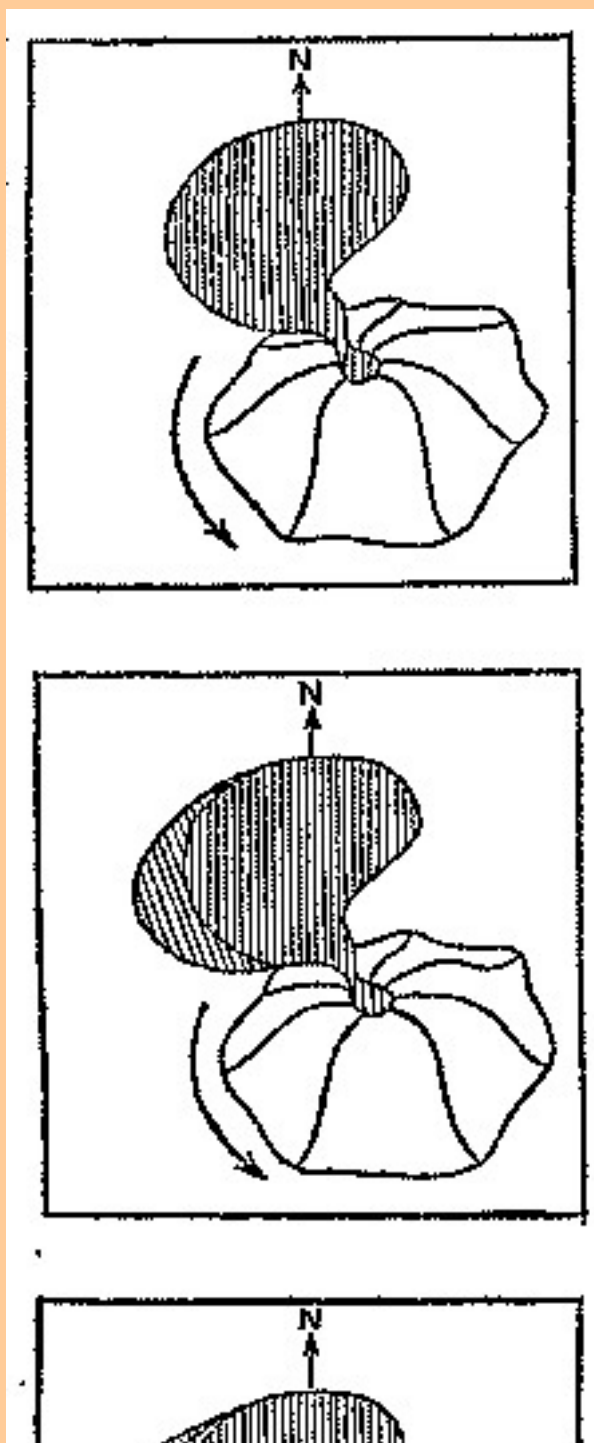
Przy owej wskazówce w grę wchodzi dziwnym trafem znalezisko zoologiczne, które napotkano w 1968 roku. W tym czasie odkryto bowiem w warstwie osadów ujścia Amazonki mikroskopijnie mały gatunek skorupiaka, którego osobniki wyróżniały się pewnymi swoistościami budowy ciała wskazującymi na znaczną starożytność tego gatunku. Były one więc przykładem tak zwanej "fauny reliktywnej" czy też "żyjących skamieniałości", skąpych szczątków pradawnych gatunków organizmów, które w pewnych miejscach Ziemi dzięki szczęśliwemu zbiegowi okoliczności przeżyły w małych "oazach" do dnia dzisiejszego.

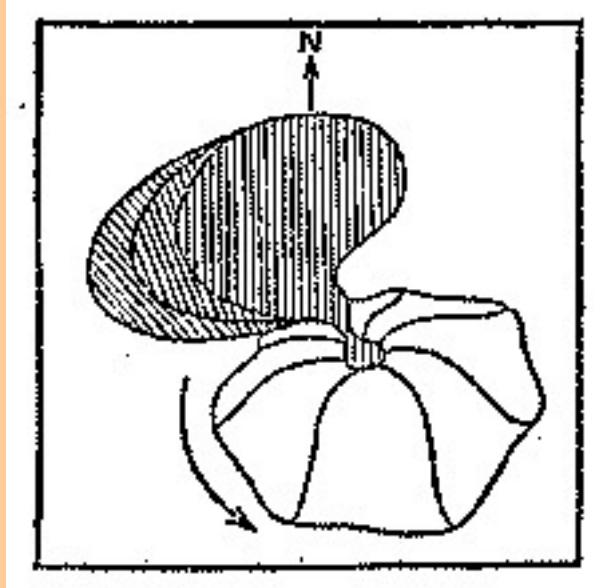
Gdy zoologowie przystąpili do klasyfikacji nowo odkrytych południowoamerykańskich skorupiaków i gdy w tym ; celu zaczęli porównywać je do podobnych już opisanych gatunków, aby uszeregować je zgodnie z ich pokrewieństwem, przeżyli nie lada niespodziankę: skorupiaki nie były wcale tak "nowe", jak pierwotnie sądzono. W każdym razie istniał co najmniej jeden gatunek tak podobny, że był nie do odróżnienia i na pewno bardzo blisko spokrewniony. Otóż ci bardzo bliscy krewni żyli akurat w wodach podziemnych i osadach dennych ujścia niektórych zachodnio-afrykańskich rzek! Jasne jest, jak należy komentować ową niespodziewaną zbieżność, której w żadnym razie nie można uznać za przypadkową. Wyłumaczyć ją można tylko hipotezą, że oba te pradawne gatunki skorupiaków, oddzielone dzisiaj od siebie całą szerokością Atlantyku, kiedyś musiały żyć w bezpośrednim sąsiedztwie w tym samym rejonie powierzchni ziemskiej. Przypadkowa deportacja poprzez Ocean Atlantycki jako wyjaśnienie zadziwiającego odkrycia z góry nie wchodzi w rachubę, chociażby dlatego że oba gatunki są zdecydowanie słodkowodne i nie wytrzymałyby transportu przez wodę morską.

Wydaje się jednakże, że ostatecznego potwierdzenia teorii Wegenera dostarczają wymienione już rezultaty badań paleomagnetycznych najnowszych czasów. Skóro geofizycy wpadli na właściwy pomysł, zaczęli naturalnie systematycznie porządkować rozmaite kierunki namagnetyzowania dające się, stwierdzić w różnych próbkach pobranych w tej samej okolicy; porządkowali je odpowiednio do wieku warstwy, z której pochodziły. Obok kierunku północno-południowego, który wykazywała najgłębsza, a więc najstarsza warstwa badanego rejonu, na rysunku pokazano złożę nad nią leżącej tak dalej w takiej kolejności, w jakiej tworzyły się w ciągu dziejów Ziemi warstwy zalegające jedna na drugiej. Przy tej metodzie obraz, zrazu tak zawikłany, natychmiast odślonił swój sens. Po uszeregowaniu wyników według kryterium czasu wszystkie badane przypadki wykazały nieustającą, bardzo powolną "wędrówkę," >

magnetycznych kierunkowskazów. W najstarszych warstwach odchyłały się one najsilniej od dzisiejszego kierunku północ – południe, zbliżały się do niego coraz bardziej w miarę młodnienia złóż, a w najmłodszej badanej warstwie były praktycznie już zgodne z dzisiejszą orientacją kompasową. Kierunek i rozmiar tych pozornych wędrówek bieguna były ponadto zbieżne we wszystkich próbkach pochodzących z jednego i tego samego kontynentu, a różniły się zasadniczo od prób pobranych w innych częściach Ziemi.

Ponieważ położenie bieguna północnego i południowego nie mogło w ciągu tej samej epoki geologicznej nigdy ulegać zmianie w rozmaitych kierunkach i z rozmaita prędkością, obraz zatem złożony wreszcie po wielu latach z tysiąca mozolnych poszczególnych pomiarów dopuszczał jedną tylko interpretację: to co badacze dzięki swej wytrwałości i uporowi wyciągnęli na światło dzienne, było śladem faktu, że same kontynenty musiały w ciągu milionów lat powoli zmieniać swoje położenie w stosunku do biegunów.





Niedawno odkryte zjawisko paleomagnetyzmu pozwala zrekonstruować dzisiaj wędrówki i przemieszczenia kontynentów i wysp następujące w dziejach historii Ziemi. Jeżeli np. wulkan wyprodukował w różnych epokach historii Ziemi większe warstwy lawy, a w tym samym czasie obracał się wraz z masą lądu, do której należy, w kierunku strzałki, wówczas badanie rozmaitych starych warstw lawy ujawnia nam dzisiaj, że każda z nich jest odmiennie ukierunkowana pod względem magnetycznym. "Zamrożone" w tych warstwach linie pola magnetycznego, odbiegają każdorazowo od kierunku północ – południe o tyle, o ile wulkan obrócił się w czasie, który upłynął od danego wybuchu.

Tym samym teoria Wegenera została nie tylko praktycznie udowodniona. Z następstwa poszczególnych danych określonego rejonu powierzchni ziemskiej oraz odstępów czasowych pomiędzy zmieniającymi się pozycjami tych danych można było teraz odczytać nawet historyczny przebieg dryfowania wielkich części Ziemi, jego tempo i drogę, którą przebyły ogromne połączenia kontynentów w czasie swojej trwającej wiele milionów lat potężnej wędrówki. Jak na przyspieszonym filmie oczom badaczy ukazała się teraz historia zmian, którym podlegała skorupa ziemska od początku swego istnienia i które w stosunku do poczucia czasu tak krótkotrwałych istot, jakimi jesteśmy, płyną tak wolno, że nie tylko są niezauważalne, ale pozostają dotychczas niewymieralne.

KATASTROFA W OSŁONIE MAGNETYCZNEJ

NIESPODZIEWANE ODKRYCIE • SPÓR O SKUTKI

Odkrycie powolnych zmian ukierunkowania magnetyzmu "zamrożonego" w dawnych warstwach skalnych oraz faktu, że zmiany te przebiegały w różnych częściach świata odmiennie – było dopiero pierwszą niespodzianką, jaką ze sobą przyniósł nowy kierunek badań paleomagnetyzmu. Drugie odkrycie było jeszcze bardziej frapujące. W pewnym sensie stanowi ono przeciwieństwo omawianych dotąd stanów faktycznych. W odróżnieniu od nich bowiem druga niespodzianka polegała na odkryciu, że niezależnie od następujących stopniowo zmian ukierunkowania zakrzepłego w skałach skamieniałego magnetyzmu – najwidoczniej w dużych odstępach czasu musiało dochodzić również do zwrotów nagłych. Im głębiej badania sięgały w przeszłość, to znaczy, im głębiej drążono w wulkanicznych złożach dla zdobycia materiału doświadczalnego, tym częściej natrafiano i na ów drugi typ przeobrażeń. Przeciętny odstęp pomiędzy takimi dwoma zwrotami zdaje się wynosić kilkaset tysięcy do miliona lat, ślady ich są identyczne, a sprawdzić je można na całej Ziemi, we wszystkich próbkach skalnych pochodzących z tego samego okresu.

Owa druga niespodzianka miała charakter jeszcze o wiele bardziej tajemniczy. Nie jest ona zresztą do tej pory całkowicie rozszyfrowana, mimo że coś zaczynamy już w tej sprawie pojmować. Wzmiankowany "zwrot" kierunku namagnetyzowania, który – jak wykazują paleomagnetyczne dane – widocznie musiał następować zawsze jednocześnie na całej Ziemi w taki sam sposób – wynosił bowiem stale dokładnie 180 stopni. Oznacza to, że zdarzenia pozostawiające owe paleomagnetyczne ślady polegać musiały na występującym nagle "przebiegunowaniu" całego ziemskiego pola magnetycznego. Formułując inaczej: obecny (magnetyczny) biegun północny wcale nie musiał zawsze być północnym biegunem Ziemi. I rzeczywiście jest nim nawet dopiero od stosunkowo bardzo niedawna, bo dopiero od mniej więcej 700000 lat. Przed tymi czasami był on biegunem południowym – igła kompasu wskazywałaby więc wówczas na południe – a biegun pomocny położony był na Antarktydzie. Stan ten wprawdzie trwał też tylko 300000 lat. Jeszcze przedtem bowiem dzisiejszy biegun północny kiedyś był już także północnym, aczkolwiek tylko na okres zaledwie 100000 lat, bo wprzód przez prawie milion lat był biegunem południowym. Według wszelkiego prawdopodobieństwa ciąg dalszy jest taki sam, im dalej wchodzimy w przeszłość. W odstępach nieobliczalnych, wynoszących najmniej jakieś 100000 lat, rzadko kiedy więcej niż milion lat, ziemskie pole magnetyczne stale od nowa się "przebiegunowywało", z bieguna pomocnego robił się biegun południowy i odwrotnie.

Nie może być żadnej wątpliwości co do samego faktu; paleomagnetyczne ślady zawarte w badanych skałach udzielają o tym informacji jednoznacznych, zgodnych wszędzie na całej Ziemi. Natomiast jak sobie zjawisko to tłumaczyć – co do tego nie stać nas było zrazu nawet na domysły i hipotezy. Odkrycie było tak niespodziewane, że zaskoczyło całkowicie nie przygotowany doń świat fachowców. Tym bardziej zaczęto więc zastanawiać się nad skutkami, które za każdym razem dla warunków na powierzchni naszej planety pociągać musiał za sobą nowo odkryty fenomen powtarzającego się przebiegunowania ziemskiego pola magnetycznego.

Teraz jesteśmy znowu w centrum naszego toku myślowego. W czasie gdy geofizycy pierwszy raz natknęli się na zjawisko przebiegunowania ziemskiego pola magnetycznego, sprawa dwóch pasów promieniowania van Allena oraz objawiające się istnieniem tych pasów ochronne działanie ziemskiej magnetosfery w stosunku do twardej części promieniowania słonecznego, to jest do "wiatru słonecznego", którym zajmowaliśmy się bardzo szczegółowo – była już dobrze znana. Nic więc dziwnego, że natychmiast postawiono sobie pytanie, jakie mogły być skutki przebiegunowania zachodzącego w dalekiej przeszłości Ziemi dla pasów promieniowania i całej magnetosfery, a tym samym dla całego już podówczas na Ziemi rozwijającego się życia. "Nagle" jest naturalnie pojęciem względnym. Wiadomo było z góry, że przebiegunowanie Ziemi nie mogło nastąpić tak raptownie jak zapalenie czy zgaszenie lampy. Ogromne przestrzenie, nad którymi rozciąga się magnetosfera, oraz nie mniej ogromne masy we wnętrzu Ziemi, których ruch jest przez tę magnetosferę wywoływany i utrzymywany – czynią z procesu zamiany bieguna północnego na południowy zdarzenie, które musiało trwać – na nasze pojęcia – nawet stosunkowo bardzo długo. Z jakiejś przyczyny wewnątrz Ziemi musiało

zrazu zaprzestawać spełniania funkcji prądnicy, po czym podejmowało funkcję tę ponownie, czego skutkiem było ponowne powstanie pola magnetycznego. Dopóki nie wiemy jednoznacznie, jakie czynniki mogą taki proces wywołać, musimy chwilowo liczyć się także z możliwością, że w przeszłości ziemskie pole magnetyczne załamywało się o wiele częściej, aniżeli nam dotychczas wiadomo. W pewnym stopniu wydaje się prawdopodobne, że działo się to dokładnie dwa razy częściej, niż w tej chwili sądzimy. Paleomagnetyczne ślady bowiem informują nas tylko o faktycznie powstałych przebiegunowaniach.

Tymczasem jest nie tylko możliwe, ale ze statystycznego punktu widzenia prawdopodobne, że po zaniku pola magnetycznego Ziemi nie odbudowywało się za każdym razem w kierunku przeciwnym. W sytuacji takiej za każdym razem istniała równie wielka szansa na to, żeby po tym wszystkim biegun północny położony był znowu tam, gdzie się już poprzednio znajdował. Stąd też nasuwa się nieodparcie myśl, że do tej pory udowodnione przebiegunowania stanowią w rzeczywistości tylko mniej więcej połowę przypadków, w których Ziemia przejściowo musiała się obywać bez osłony swego pola magnetycznego.

Powróćmy do zagadnienia, jak długo za każdym razem trwać mogły owe "bezosłonowe" fazy. Wobec wszystkich braków naszej wiedzy o powstaniu pola magnetycznego nie można się dziwić, że oceny naukowców w tej sprawie bardzo się od siebie różnią. Ale nawet najwięksi optymiści przyznają, że co najmniej tysiąc lat musiało za każdym razem upłynąć, zanim po wygaśnięciu i odbudowie ziemskiego pola magnetycznego od nowa utworzyła się chroniąca osłona magnetosfery. Oznacza to, że co najmniej przez taki czas życie na powierzchni Ziemi musiało być narażone na odpowiednio zwiększone działanie wiatru słonecznego. Pomimo że ten okres tysiąca lat z perspektywy trwania naszego własnego życia zdaje nam się ogromny, geofizycy słusznie mówią w tym wypadku o "nagle" występującej zmianie. Interwały te są jednak oddzielone okresami setek tysięcy albo nawet i miliona lat, w których pole magnetyczne pozostawało niezmiennie stabilne. Niektórzy geofizycy liczą się ze znacznie większymi przerwami pola magnetycznego. Oceny sięgają 10000 lat. W rozmaitych publikacjach natrafiamy najczęściej na sformułowanie "od 2000 do 5000 lat". Co najmniej więc przez okres tysiąca lat Ziemia w czasie swoich dotychczasowych dziejów pozostawała bez pasów promieniowania i bez magnetycznej chroniącej ją osłony. Jakie były tego konsekwencje?

Od czasu odkrycia omawianego tu zdumiewającego zjawiska toczą się między naukowcami na ten temat ożywione dyskusje; długo pozostawały one nie rozstrzygnięte, aż wreszcie w ostatnich dwóch latach opublikowano nowe odkrycia, które chyba położyły kres wszelkim sporom. Jedna ze stron zakładała, że w fazie zmiany bieguna skutki dla wszystkich form życia istniejących na powierzchni ziemskiej musiały być wręcz radykalne. Przedstawiciele tej grupy od samego początku reprezentowali nawet pogląd, że wymarcie całych gatunków zwierząt – co jest zjawiskiem powtarzającym się w ciągu całej historii Ziemi, bezspornie udowodnionym, a do tej pory nie wyjaśnionym w sposób przekonujący – można by przypisać tym powtarzającym się zanikaniem magnetycznej osłony ochronnej.

Partia przeciwna uważała to za czarnowidztwo. Stała ona na wręcz odmiennym stanowisku twierdząc, że przejściowy brak magnetosfery pozostał praktycznie bez znaczenia pod względem biologicznym. Na poparcie tego poglądu można było rzeczywiście przytoczyć bardzo poważny argument: a mianowicie argument ziemskiej atmosfery. W odróżnieniu od warunków na przykład na Księżycu w wypadku Ziemi magnetosfera rzeczywiście nie jest jedynym wałem ochronnym przeciwko wiatrowi słonecznemu, bezsprzecznie zagrażającemu życiu w wolnym Wszechświecie. Nawet bardzo bogate w energię cząstki składające się na wiatr słoneczny spotykają się z elastycznym buforem w postaci warstwy powietrznej unoszącej się kilkadziesiąt kilometrów nad powierzchnią Ziemi; w tym buforze powietrznym cząstki owe prędeziej czy później grzęzną. Stopień statystycznego prawdopodobieństwa, że taka pojedyncza cząstka wypuszczana na nas przez Słońce z tysiąckrotną szybkością dźwięku przedrze się aż do powierzchni

ziemskiej i do znajdujących się na niej organizmów – obliczyć można na podstawie gęstości, wysokości i składu naszej atmosfery oraz gęstości, składu i prędkości wiatru słonecznego. Prawdopodobieństwo to jest rzeczywiście znikome. Zjawisko zórz polarnych rozświetlających na wysokości 80 i więcej kilometrów stanowi konkretny dowód prawidłowości tego obliczenia. Zorza, polarna powstaje przez zderzenie bogatych w energię cząstek wiatru słonecznego z najwyższymi warstwami atmosfery. Nawet zatem w rejonach biegunowych, nad którymi osłona magnetyczna zawsze jest "dziurawa", prawie wszystkie nadlatujące ze Słońca protony i elektrony już na tej wysokości nad powierzchnią naszej planety zatrzymują się w ziemskim buforze powietrznym.

Wydawałoby się więc w pierwszej chwili, jakoby sporny temat tytułu dyskusji był załatwiony tym jednym argumentem (a zarazem jakoby znaczenie przypisywane dotąd przez nas ochronnej funkcji ziemskiej magnetosfery zostało bezgranicznie przecenione). Jednakże sytuacja jest nieco bardziej zawiślana. Nikt bowiem, nawet żaden przedstawiciel "teorii katastrof", nigdy nie zakładał ani nie twierdził, że wiatr słoneczny bombarduje powierzchnią ziemską jak gdyby czymś w rodzaju "śmiertelnego promieniowania" i zabija żyjące na niej zwierzęta. Prawdziwe niebezpieczeństwo ma swe źródło raczej w tak zwanym promieniowaniu wtórnym i nie na tym polega, że poszczególne istoty żyjące giną w większej lub mniejszej liczbie wskutek promieniowania, lecz na tym, że zakłóceniu ulega równomierny przebieg ewolucji biologicznej. Wyrażając to samo inaczej: żadna żywa istota nie ulega sama zagładzie, natomiast istniejące gatunki zostają nagle narażone na niebezpieczeństwo wymarcia. W następnym rozdziale musimy się nieco bliżej przyjrzeć, jak może do tego dojść.

MOTOR EWOLUCJI

ŻYCIE JEST STANEM NIEPRAWDOPODOBNYM • CYTRYNA
NASZĄ DALEKĄ KREWNA • OWOCNE BŁĘDY • PARTNER
ZIEMIA • SEKSUALIZM FANTAZJĄ PRZYRODY • PAMIĘĆ
PRZYRODY • GRY MODELOWE • PRÓBY KOMBINACJI W PULI
GENOWEJ • BIOLOGICZNY ROZSADEK W TABU SEKSUALNYM •
MIĘDZY DWOMA KRAŃCAMI

Była już przedtem mowa o izotopie węgla ^{14}C , owym wariantcie normalnego węgla, który przy całkowicie identycznych pozostałych właściwościach tym się od niego różni, że jest radioaktywny, to znaczy, że emanuje promienie, a przy tym rozpada się w ciągu ściśle ustalonego okresu. Do tej pory zajmowaliśmy się tylko możliwością wykorzystania niezwykle precyzyjnej regularności tego rozpadu do oceny wieku tkanek zawierających węgiel, jak na przykład paleolitycznych znalezisk kostnych czy też pozostałości węgla drzewnego. Obecnie czas już zastanowić się, skąd wywodzi się ten radioaktywny wariant zwykłego węgla. Jednocześnie powstaje zaraz pytanie, jaki to mechanizm bieżąco go uzupełnia. Bo jeżeli udział jego w powietrzu, którym oddychamy, jest zawsze taki sam, mimo że stale następuje jego rozpad z uprzednio już opisywaną regularnością, to naturalnie musi istnieć jakieś źródło stałej dostawy zastępującej wywołany promieniowaniem ubytek.

Wszystkie te pytania dzisiaj już są wyjaśnione. Izotop węgla ^{14}C pochodzi z najwyższych warstw stratosfery. Także tajemnica jego powstawania i uzupełniania na bieżąco została odkryta: ^{14}C powstaje z azotu zawartego w powietrzu, a to pod wpływem działania promieni kosmicznych i wiatru słonecznego. Na wysokości 100 i więcej kilometrów nad powierzchnią Ziemi, tam gdzie owa część wiatru słonecznego, która prześliznęła się przez mur pasów promieniowania, uderza w atmosferę ziemską i przez nią jest przechwytywana – poszczególne atomy azotu pod impetem zderzenia z cząstkami pochodzącymi od Słońca, zamieniają się w radioaktywny izotop ^{14}C . I aczkolwiek – jak widzieliśmy – spośród samych cząstek słonecznych tylko bardzo nieliczne mają szansę przedarcia się przez gęstą atmosferyczną poduszkę powietrzną aż do naszej przestrzeni życiowej, to ów "wtórny" produkt trafienia ^{14}C rozprzestrzenia się w całej atmosferze tak równomiernie, że jest pobierany przez wszystkie rośliny, a następnie na drodze łańcucha pokarmowego dociera do wszelkich organizmów zwierzęcych, a więc i do naszych, ludzkich, organizmów.

Dla porównania: sytuacja jest taka sama, jak gdyby ktoś chciał się przeciwko ostrzeliwaniu skryć za płytą przeciwpancerną, która jest wprawdzie dość gruba, aby zatrzymać nadlatujące kule, ale z której pod naporem uderzających strzałów

stale odpadają odłamki przelatujące również po okolicy i mogące trafić kryjącego się. Produkt trafienia ^{14}C rzeczywiście nieustannie w nas "trafia". Wchłaniamy go jak wszystkie inne istoty żyjące z taką regularnością i przechowujemy w naszych tkankach w tak stałym odsetku, że możemy się nim w opisany już uprzednio sposób posłużyć jako licznikiem paleontologicznego zegara pozwalającego nam wymierzać dawne, przeszłe czasy.

Na czym polega działanie trawienia, jaki wpływ wywiera pochodzący pośrednio od Słońca "wtórny pocisk" ^{14}C na nasze ciało?

Mimo wszystkich dyskusji na temat pokojowego wykorzystania energii atomowej i jej wielce obiecujących możliwości my, współcześni, odbieramy wszystko, co związane jest z rozpadem jądra atomowego i radioaktywnością prawie wyłącznie z jednostronnie negatywnego punktu widzenia. W naszej świadomości strach przed naturalną siłą atomu oddaną nam do dyspozycji przez technikę jest tak przemożny, że trudno się temu dziwić. Stąd wielu będzie zaskoczonych, gdy się dowie, że "oddziaływanie trawienia" bieżąco wchłanianego przez nas ^{14}C należy uznać za podstawowy, wprost niezbędny czynnik biologiczny nie tylko dla nas samych, lecz dla wszystkich wyższych form życia. Bez tego małego udziału ^{14}C , jaki atmosfera ziemiska zawiera niezależnie od innych izotopów, według wszelkiego prawdopodobieństwa nie byłoby nas. To samo dotyczy wszystkich zwierząt wyższych, a nawet i roślin. Ale sprawa nie tak się ma, że jako jednostki jesteśmy zdani na ów izotop, że na przykład nasza przemiana materii czy też inne życiowo ważne funkcje nie mogłyby się obejść bez tego składnika. Przeciwnie, każdy z nas, każda roślina i każde zwierzę mogłoby znakomicie przeżyć w tej formie, w której obecnie egzystują, także i w innym otoczeniu, na przykład pozaziemskiego ciała niebieskiego, wolnym od tego i innych źródeł promieniowania.

Znaczenie ^{14}C oraz innych pierwiastków radioaktywnych występujących w jeszcze mniejszych ilościach w atmosferze, a także w skorupie ziemskiej, polega na zupełnie czymś innym. Mianowicie wytwarzane przez te wszystkie źródła "promieniowanie tła", stanowiące jedną z niezmiennych i charakterystycznych cech naszego ziemskiego otoczenia" najprawdopodobniej działa niby pedał gazu regulujący tempo przebiegu filogenezy – szybkość, z jaką w ciągu dziejów życia na Ziemi zachodzą zmiany gatunków i powstawanie nowych. Bez tego promieniowania moglibyśmy wprawdzie dzisiaj żyć. Ale bez niego prawdopodobnie wcale by nas nie było, gdyż motor ewolucji nie byłby wcale ruszył, a życie na Ziemi może do tej pory, w 3 miliardy lat po jego 'rozpoczęciu, ograniczałoby się do wegetatywnej, bezświadomej egzystencji prymitywnych jednokomórkowców, dryfujących biernie w wodach oceanu światowego.

Aby zrozumieć, dlaczego tak jest, musimy teraz krótko zapoznać się z kilkoma najważniejszymi zasadami ewolucji, czyli filogenezy. Tylko wówczas potrafimy ocenić, jak ogromne, chociaż jeszcze przed niewielu laty całkowicie nieznane

znaczenie dla przebiegu tej ewolucji, a co za tym idzie, dla historii wszelkiego życia na Ziemi, musiało mieć powtarzające się przebiegunowanie ziemskiego pola magnetycznego.

Życie z punktu widzenia statystycznego jest stanem bardziej nieprawdopodobnym aniżeli wszystko, co nie żyje, i to w stopniu wręcz astronomicznie zwielokrotnionym. Wystarczy pomyśleć o różnorodności i skomplikowaniu wszystkich procesów niezbędnych tylko do tego, aby podtrzymać życie jednej jedynej, najbardziej "prymitywnej" komórki. Nie ulega przy tym żadnej wątpliwości, że dotychczas nie odkryliśmy jeszcze" wcale większości tych funkcji, a spośród tych, które już znamy, ani jednej naprawdę nie objęliśmy w pełni ani nie zrozumieli. Gdy rozważymy niewiarygodny wprost nakład potrzebny do utrzymania co' najmniej przejściowo żyjącego organizmu w owym stanie zwanym "życiem", zanim substancja, z której się składa, nieuchronnie znowu powróci do stanu materii nieożywionej – musimy sobie ze zdumieniem zadać pytanie o przyczyny, które doprowadziły do tego, że życie mogło w ogóle powstać.

Na to pytanie odpowiedzi nie ma, w każdym razie dla nas w dobie obecnej. Dla wielu ludzi taka sytuacja stwarza pokusę przyjęcia za przyczynę – "cudu", co ma oznaczać, że ten stan faktyczny z zasady nie da się wytłumaczyć naukowo i znajduje się poza sferą zdolności pojmowania ludzkiego rozumu. W odróżnieniu od innych, poniekąd "normalnych", przez nauki przyrodnicze rozumianych faktów czy też procesów – w odniesieniu do takiego "cudu" sugeruje się ingerencję instancji "nadprzyrodzonej" (w jakiegokolwiek postaci), przewyciężającej prawa natury.

Wobec opisanej sytuacji rzeczywiście pokusa wyciągania takich wniosków jest ogromna. Niemniej powinniśmy się wystrzegać ulegania jej, chociażby dlatego, że wyprowadzanie pojęcia o cudzie z naszej każdorazowej zdolności rozumienia jakiegoś stanu faktycznego – jest nie tylko powierzchowne i tanie, ale świadczy o grubym niedbalstwie. Kilkusetletnia historia smutnych i niepotrzebnych sporów pomiędzy Kościołem chrześcijańskim a nauką Zachodu składa się z długiego łańcucha porażek, których można było uniknąć, a które teolodzy sami na siebie ścigali przez zbyt długą i zupełnie niepotrzebną zawziętość, z jaką upierali się przy takim właśnie powiązaniu. Jeżeli wszystko, czego jeszcze nie rozumiem, będę w takim sensie określał mianem "cudu" i w ten sposób odróżniał od innych stanów faktycznych, które uznani za "zrozumiałe", biorę na siebie nieuchronne ryzyko konieczności rezygnowania z moich "cudów", jednego za drugim, w miarę postępu naukowego poznania.

Szukanie cudu tam, gdzie się świata nie pojmuje, jest niedbalstwem nie tylko z tej stosunkowo powierzchownej i w pewnym stopniu "taktycznej" przyczyny. Jest to szukanie łatwizny i wygody. Alternatywa "zrozumiałe" albo "cudowne" jest wprawdzie bardzo rozpowszechniona, ale z wielu względów nie do przyjęcia dla

każdego, kto nie chce posługiwać się nią bezkrytycznie. Najważniejszy powód polega chyba na tym, że ten rodzaj zwyczajowego podziału kryje w sobie znaczne przecenianie ludzkiego rozumu. Właściwie dlaczego coś ma przestać być podziwu godne i cudowne w chwili, w której je pojąłem? Na pewno tak nie jest niezależnie od tego, że nauka za każdym problemem, który rozwiązuje, odkrywa cały wachlarz nowych pytań, oraz tego, że świat jako całość z pewnością i w stopniu dla nas niewyobrażalnym przekracza wydolność naszego rozumu.

Ale powróćmy teraz do olbrzymiej, złożoności "najprymitywniejszego" nawet procesu życia. Kto uświadomi sobie ogromną rozrzutność uprawianą przez przyrodę dla przejściowego utrzymania przy życiu najskromniejszego z jej stworzeń, ten od razu ujrzy także niebywałą uporczywość, z jaką natura w ciągu całej filogenezy trzyma się wszelkiego raz już osiągniętego postępu, każdego detalu, który sprawdził się w planie struktury jakiegokolwiek żyjącej istoty.

Każdy, kto w czasie przeziębienia pije gorący sok cytrynowy dla podniesienia swojej odporności przez zawartą w cytrynie witaminę C – korzysta ze skutków tej uporczywości przyrody. Skąd właściwie substancja produkowana przez roślinę może być dla nas pożyteczna? Drzewo cytrynowe na pewno nie syntetyzuje witaminy C dla naszej korzyści, lecz na własne potrzeby. Jak więc można wytłumaczyć, że ów płyn, niezbędny nam do życia, a którego ciało nasze nie jest w stanie wytworzyć, znajdujemy w owocach drzewa cytrynowego w postaci znakomicie do nas dostosowanej? Witamina nie jest pożywieniem, nie jest po prostu rodzajem "paliwa" do przemiany materii, lecz drobiną o bardzo skomplikowanej budowie, której specyficzna forma pasuje do określonej części żyjącej komórki tak dokładnie jak klucz do zamku; wyzwala ona przez to również określone życiowo ważne funkcje, które bez witaminy (w przypadku "niedoboru witamin") nie mogłyby w ogóle przebiegać.

Skąd w cytrynie bierze się "klucz" dostosowany do komórek naszego ciała? Fakt, że występuje on w tej i wielu innych roślinach stanowi jeden z niezliczonych dowodów na to, że całe życie ziemskie wywodzi się ze wspólnego korzenia, że wszystkie istniejące dzisiaj organizmy są z sobą spokrewnione. Jesteśmy rzeczywiście – co prawda w bardzo dalekim stopniu – spokrewnieni także z drzewem cytrynowym. Skoro tylko przyroda raz "wynałazła" ów "klucz", który nazywamy witaminą C, uporczywie trwała przy tym udanym nowym produkcie. A że wynalazek ten najwidoczniej został dokonany już bardzo wcześnie, klucz pasuje obecnie do bardzo wielu różnych istot żyjących, o których pierwotnym pokrewieństwie zwykle nikt już nie pamięta.

Ową "uporczywość", ten konserwatyzm przyrody nazywamy powszechnie inaczej, określając go terminem "dziedziczności". Dziedziczność jest zasadą biologiczną, sprawiającą, że cechy określonego typu istot żyjących utrzymują się w stanie niezmiennym w długim szeregu następujących po sobie pokoleń.

Jeżeli dziecko jest podobne do ojca, jest to także wyraz tej uporczywości, przykład trwania przy wszystkim, co raz zostało zrealizowane, dzięki czemu – mówiąc krańcowo – przyroda nie jest zmuszana do "wynajdywania" od nowa w każdym następnym pokoleniu wszystkich narządów i funkcji niezbędnych do utrzymania zdolności życia.

Dziecko podobne jest jednak nie tylko do swego ojca, lecz także do matki. A trochę również do dziadków. Z biegiem czasu rodzina odkrywa, jak wiadomo – i słusznie zresztą – w twarzy tego samego dziecka jeszcze rysy wielu innych krewnych. Ale jest to ostatecznie jego własna twarz, a więc mimo wszelkich podobieństw jednak coś zupełnie nowego, indywidualna fizjonomia, jakiej nigdy jeszcze dotąd nie było.

W tym codziennym zjawisku ukazuje się nam drugi problem, jaki przyroda w tym powiązaniu musiała rozstrzygnąć, jeżeli dojść miało do ewolucji, do filogenezy wytwarzającej stale nowe gatunki i coraz wyżej zorganizowane istoty żyjące. Samo tylko zachowanie, konserwacja raz dokonanych wynalazków – nie byłoby wystarczające. Tendencja absolutnie konserwatywna, stuprocentowo niezawodne powtarzanie dokładnego wzorca przy każdym procesie rozmnażania, a więc identyczność następujących po sobie pokoleń, wykluczałyby z góry możliwość dalszego rozwoju. Gdyby dziedzictwo rzeczywiście było zawsze spełniało w sposób doskonały powierzone mu zadanie zachowania tego, co zostało osiągnięte – życie na tej Ziemi nigdy nie mogłoby mieć swojej "historii". W zasadzie istniałoby wówczas po wsze czasy tylko stałe, tępe powtarzanie jednego prymitywnego organizmu, który kiedyś w zamierzonych praczasach nabył zdolność powoływania do życia podobnej do siebie istoty żyjącej, zdolność do "reprodukcji" się [na marginesie należy zauważyć, że Jest to czysto teoretyczne rozważanie także dlatego, że każdy organizm w celu przeżycia zdany jest na stałe oddziaływanie swego środowiska i wzajemnie – oddziaływanie, na swoje środowisko, do którego należy także mnóstwo istot żyjących Innych gatunków; przyp. aut].

Jeżeli więc dojść miało do ewolucji, przyroda – mówiąc inaczej – miała przed sobą zadanie przewyciężenia jakoś rozbieżności pomiędzy sprzecznymi z sobą wymaganiami zachowania swoich osiągnięć i otwarcia się dla nowych możliwości. Przedziwna jest myśl, że dylemat między tradycją a postępem powstał już tutaj i na tym poziomie. Całkowita niezmiennosc wszystkich istot żywych byłaby wykluczyła bieg wszelkich zmian, nadmierna swoboda zmian zagrażałaby uzyskanym już wynikom. Do najbardziej podziwu godnych osiągnięć Karola Darwina należy fakt, że on pierwszy dostrzegł wyraźnie ów problem ukryty za sprawami filogenezy i że w czasach, gdy nikt jeszcze nic nie wiedział o chromosomach czy genach, on wpadł także na rozwiązanie rzeczywiście znalezione przez przyrodę, mianowicie na hipotezę spontanicznie występujących nie ukierunkowanych zmian podłoża dziedzicznego.

Dzisiaj nazywamy owe zmiany konstytucji dziedzicznej "mutacjami", a od kilku lat wiemy nawet, na czym polegają. W jądrach wszystkich komórek każdego żyjącego organizmu zawarte są geny, nosiciele wszystkich zawiązków dziedzicznych, którymi dany organizm dysponuje. Zestaw cząsteczek, z których składają się geny, w każdym przypadku określa konkretnie występujące tu cechy. Skomplikowany mechanizm podziału komórki, o którym wszyscy uczyliśmy się kiedyś w szkole, gwarantuje, że także części komórki zawierające geny ulegają podobnie podziałowi i oddzielają się od siebie, że przy każdym procesie rozmnażania każda nowo powstająca komórka otrzymuje dokładnie ten sam garnitur genów. Ten proces podziału komórki jest – jak wiadomo – widoczną, cielesną podstawą zjawiska dziedziczenia, które przez okres tysięcy lat osłonięte było tajemnicą. Przebieg tego procesu tłumaczy nam i całkowicie wyjaśnia, w jaki sposób przyroda rozwiązała pierwszy z obu wymienionych problemów, to jest zadanie utrzymania w następujących pokoleniach raz osiągniętego stanu rozwoju.

Wyjaśniona jest dzisiaj także zasada, według której rozwiązany został pod względem biologicznym drugi, przeciwstawny problem, zasada, którą Karol Darwin genialną intuicją 'Całkowicie trafnie przeczuł. W znikomym procencie wypadków, przy skomplikowanym procesie podziału komórki dochodzi do drobnych błędów występujących zupełnie przypadkowo. Bądź jedna z cząsteczek magazynujących zawiązki dziedziczne wyjątkowo nie dzieli się tak całkiem dokładnie, bądź też zgarnia przy następującym po podziale kompletowaniu swojej drugiej połowy "przez pomyłkę" niewłaściwy kamyk budulcowy albo też właściwy w zasadzie element struktury dostaje się na niewłaściwe miejsce w cząsteczce – możliwości tego rodzaju jest bardzo wiele. W wyniku tego powstaje wówczas gen nie całkiem identyczny z odpowiednim genem komórki, z której podziału powstał. Utworzył się więc gen nadający swemu posiadaczowi w jakimś bardzo drobnym maleńkim punkcie inną, nową cechę dziedziczną. Taka zmiana genu nazywa się "mutacją".

Mutacje są jak gdyby motorem ewolucji, pojawienie się ich stwarza jedyną dla życia szansę przemienienia się z biegiem czasu. Tylko owe całkowicie przypadkowe, samowolnie występujące skokowe zmiany cech dziedzicznych otwierają przed 'gatunkami zwierząt czy roślin możliwość stopniowego dostosowywania się do klimatycznych zmian środowiska bądź też udoskonalenia pod jakimkolwiek innym względem prawdopodobieństwa swojej szansy przeżycia.

Fakt, że udoskonalenie adaptacji czy też zdolności życiowych organizmu może być rezultatem przypadkowych i nie ukierunkowanych mutacji – jest jeszcze po dziś dzień odrzucany przez wielu ludzi. Nie przez świat naukowców. Ci dawno już są przekonani nie tylko, że mutacje zachodzą, ale że to właśnie tylko owe rozgrywające się na poziomie molekularnym skoki dziedziczne stwarzają dla gatunku czy też rasy możliwości zmiany, dostosowania się, wówczas gdy

wymagają tego warunki środowiska. Krótko mówiąc, mutacje są więc przyczyną "plastyczności" cechującej w większym lub mniejszym stopniu wszystkie gatunki istot żyjących w toku ich historii. Niektórzy czym prędzej będą tutaj wysuwać "argument", że jest nie do pomyślenia, aby. powstanie tak kompleksowej struktury uporządkowanej, jaką jest istota żyjąca, mogło nastąpić przez proces tak czysto przypadkowy jak mutacja. Zarzut ten, aczkolwiek brzmi może nawet przekonująco – jest błędny. Trudno w tym miejscu przedyskutować go w całej rozciągłości i obalać.- Muszę ograniczyć się tylko do kilku punktów widzenia, które się stale pomija, a które dlatego musimy wyciągnąć na światło dzienne, że okażą się ważne w powiązaniu z naszym zasadniczym wywozem.

Istotnie same mutacje nie stanowią o postępie rozwoju jakiegoś gatunku. Ale są one absolutnie niezbędne jako "tworzywo" tego rozwoju. Porządek zaś do rozwoju wprowadzany jest przez to, że środowisko spośród obfitości mutacji prezentowanych mu przez jakiś gatunek do wypróbowania – dokonuje doboru. Tymczasem środowisko jest zawsze w jakiś sposób uporządkowane. Występują w nim nie tylko określone spadki temperatur czy też stale powtarzające się rytmy, jak rytm dni i nocy, lecz także inne żyjące istoty zachowujące się z pełną świadomością celu, a tym samym w bardzo znacznym stopniu w sposób uporządkowany, czy to jako ofiara, partner bądź prześladowca. Zatem to, czy pewna określona kombinacja nowo pojawiających się mutacji u osobnika ostatecznie wejdzie w skład genów danego gatunku, czy też nie, zależy wyłącznie od tego, czy wyposażona w ten nowy zestaw właściwości istota będzie mogła w swoim konkretnym środowisku przetrwać i doprowadzić do wyprodukowania i wychowania potomstwa, któremu przekaze ów nowo nabyty majątek. To właśnie należy rozumieć pod pojęciem "selekcji", czyli "doboru", którego środowisko dokonuje spośród mutacji wciąż od nowa pojawiających się w danym gatunku. Wyrażając to samo inaczej: do porządku może w tym wypadku dojść "przez przypadek", ponieważ spośród wszystkich mutacji powstałych pod wpływem środowiska utrzymują się przy życiu tylko takie, które przypadkowo są uporządkowane.

W sprawie tego bardzo ważnego aspektu ewolucji można by więc powiedzieć, że powierzchnia ziemska nie jest po prostu bierną sceną rozgrywającej się na niej historii życia, lecz uczestniczącym w tej grze partnerem w postaci środowiska. Pomiędzy Ziemią a rozgrywającym się na niej życiem zachodzi stosunek dialogu.

W tym miejscu krytyk wysuwa kolejny zarzut, że liczba mutacji absolutnie nie może być wystarczająco wielka, aby dostatecznie często w sposób czysto przypadkowy pozwalać powstać cechom, które okazują się sensowne i celowe. W każdym razie – według wszelkich reguł prawdopodobieństwa – większość mutacji musiałaby być niekorzystna albo nawet śmiertelna, przez co dla gatunku musiałby zdecydowanie przeważać element ryzyka i uszczerbku, a nigdy szansa dalszego rozwoju.

Ale przyroda poradziła sobie i z tym problemem. W tym wypadku rozwiązanie brzmi "seksualizm". I na to zjawisko, tę szczególną postać stosunku pomiędzy dwiema żyjącymi istotami tego samego gatunku, patrzymy zawsze pod tak wyłącznie subiektywnym kątem widzenia, a mianowicie stosunku pomiędzy konkretnymi indywiduami, że mało kto zdaje sobie jasno sprawę z biologicznej przyczyny, dla której już na bardzo wczesnym etapie ewolucji doszło do tego szczególnego stosunku, który określamy jako "seksualny." Jest to o tyle wybaczone, że do niedawna naukowcy także nie byli pod tym względem lepsi. Znowu przed sobą mamy przykład ukazujący nam niezwykle dobitnie właściwą, najistotniejszą rolę badań przyrodniczych oraz motywację, jakie tkwią w postępie naukowego poznania, niezależnie od tego, czy poszczególni badacze są tego świadomi, czy też nie.

Łatwo zrozumieć, że właśnie zjawisko seksualizmu dostarcza tu wyjątkowo trafnego przykładu. Tam gdzie chodzi o międzyludzkie stosunki w obrębie tej właśnie sfery, my wszyscy, każdy z nas, jesteśmy tak mocno zaangażowani emocjonalnie i stronnicy, że omawiana już poprzednio instynktownie wrodzona nam tendencja do spoglądania na nasze otoczenie z perspektywy egocentrycznej tutaj jest szczególnie silna i bardziej utrudnia racjonalne zachowanie dystansu; jak wykazuje doświadczenie, dotyczy to również naukowej analizy tej całej dziedziny. W takiej sytuacji dzieje się też odwrotnie: gdy już raz praca analityczna, naukowa obiektywizacja została osiągnięta – wrażenie otwarcia się nowego horyzontu, dotarcia do nowej prawdy, jest tym większe. W tym wypadku polega ono na odkryciu, że seksualizm jest niejako fantazją przyrody.

Natknęliśmy się już raz na to, że wydaje się, jakoby istniały sytuacje, problemy i konflikty o strukturze jak gdyby zastrzeżonej dla sfery świadomej, racjonalnej, a tymczasem struktura ta jednak potrafiła ukształtować się w sferze znacznie bardziej elementarnej, a przede wszystkim na poziomie znajdującym się daleko przed •wszelkim świadomym doświadczeniem. Mówiliśmy więc niedawno o dylemacie, przed którym przyroda stanęła u początków filogenezy, gdy zmuszona była pogodzić wymagania bezwzględności zachowania tego, co już raz zostało osiągnięte, ze sprzeczną z tym wymaganiem koniecznością pozostania otwartą dla możliwości zmian, a zatem dla możliwości dostosowywania się jej stworzeń do nigdy nie kończących się przemian ich otoczenia. Już tutaj wystąpił więc problem pogodzenia tradycji i postępu, przy czym padały zupełnie te same przekonujące argumenty za i przeciw, które od razu przychodzą nam na myśl, gdy mamy do czynienia z tą parą pojęć w powiązaniu znanym nam z osobistego doświadczenia życiowego.

Z pełnym uzasadnieniem można tę analogię ciągnąć dalej: dziedziczenie jest "pamięcią" gatunku. Gdy mnie coś spotka, gdy doświadczyłem czegoś, zatrzymuję to w swojej pamięci. "Zbierać doświadczenia" nie oznacza wszak nic innego jak zbierać pewne przeżycia w pamięci. W ten sposób pozostaje we mnie

ich ślad, w ciągu mego życia suma doświadczeń coraz bardziej określa mnie i moje w stosunku do otoczenia zachowanie, utrwalając je w coraz większej mierze. Stanowi to istotną część tego, co znamy jako dojrzewanie, następujące stopniowo "wyrobinie" osobowości 7 biegiem lat życia. Rozwój ten jest nieuchronnie jednoznaczny z pewnym skostnieniem. Dziecko w granicach swoich predyspozycji stanowi otwarte pole najróżnorodniejszych możliwości na przyszłość. W ciągu życia, w miarę przybywania lat, możliwości te jedna za drugą zanikają, życie bowiem na tym polega, że pod wpływem środowiska i czerpanych z niego doświadczeń podejmuje się decyzje na rzecz poszczególnych możliwości i przy nich trwa.

Tymczasem to samo dzieje się do dnia dzisiejszego także w odniesieniu do filogenezy, do historii życia jako całości. W samych początkach, gdy dopiero co tworzyły się pierwsze drobiny, które miały stać się budulcem wszystkich później urzeczywistnionych form życia, istniała obfitość przyszłych możliwości, znacznie przekraczająca siłę naszej wyobraźni. Było całkowicie nie rozstrzygnięte, jakie organizmy powstaną spośród tych, które mogły być budowane z budulca istniejącego w ówczesnym środowisku. Liczba ich i różnorodność nie została nigdy w toku historii Ziemi nawet w najmniejszym stopniu wyczerpana. Także w przyszłości nigdy już taka sytuacja nie nastąpi. Gdy bowiem po raz pierwszy jedna jedyna z tych możliwości została urzeczywistniona – przyroda "zdobyła swoje pierwsze doświadczenie". Każdy szczegół planu budowy, od komórki mięśniowej do włókna nerwowego, a także każdy detal funkcji, od rozkładu drobin cukru w celu uzyskania energii aż do rozdzielenia zjonizowanych atomów metali przy ściance komórki dla wytworzenia owego napięcia elektrycznego, którym nerw przekazuje impuls – wszystko to zostało włączone do "pamięci" gatunku, czyli "zmagazynowane", jak się dzisiaj chętnie mówi. Ale fakt ten miał za każdym razem dwojakie następstwo: każdy z tych zmagazynowanych szczegółów od tej chwili wchodził do trwałego stanu posiadania danego gatunku, a obecność jego ograniczała w określonej, aczkolwiek drobnej mierze początkowo niemal dowolną różnorodność dalszych możliwości rozwojowych. Od tej pory żaden z następnych kroków nie mógł już nastąpić bez uwzględnienia faktu, że powstała konkretna podstawa, fundament, który musiał stanowić bazę dalszej budowy.

W miarę jak wzrastała liczba żyjących gatunków i w miarę jak udoskonalała się komplikacja i poziom organizacyjny osobników, a tym samym życie na Ziemi władczo zakorzeniało się coraz mocniej – kierunek, który rozwój miał przyjąć, z tegoż powodu był coraz bardziej rygorystycznie wytyczony. Powstałe na powierzchni Ziemi życie nabierało coraz wyraźniejszych, bardziej wyspecjalizowanych i charakterystycznych rysów, chociaż z reguły sobie tego zjawiska nie uświadamiamy z braku jakichkolwiek możliwości przeprowadzania konkretnych porównań (na przykład z istotami żyjącymi na innych ciałach niebieskich). Tak jak przy dojrzewaniu indywidualnej osobowości – a jest to

rozwój idący w parze z pewnym zacieśnieniem, ale i utwaleniem – podobnie taka tendencja rozwojowa dla gatunku jest skutkiem tej samej zasady, to jest zasady zachowania, "zatrzymania" tego, co raz zostało uzyskane.

Tak więc istotnie dziedzictwo jest pamięcią gatunku. To że owo twierdzenie jest czymś więcej aniżeli błyskotliwą czy też metafizyczną spekulacją – wykazało w zdumiewający sposób niesłychane odkrycie ostatnich czasów.

Od jakichś dziesięciu lat naukowcy w licznych laboratoriach, przede wszystkim w Stanach Zjednoczonych, badają możliwość przenoszenia przez wstrzykiwanie z jednego zwierzęcia na drugie pewnych całkiem elementarnych wyuczonych treści, jak na przykład prostych osiągnięć tresurowych. Pierwsze pozytywne rezultaty były naturalnie powszechnie podawane w wątpliwość. Tymczasem jednak można chyba uznać za udowodnione, że istnieje możliwość cielesnego przeniesienia na inne zwierzę części wyuczonej umiejętności zwierzęcia wytrenowanego w określonym działaniu wraz z wyciągiem z jego mózgu.

Wydaje mi się, że najbardziej fascynującą szansą wynikającą z tego rodzaju eksperymentów jest okazja zbadania "materiału", z którego składają się nasze wspomnienia. Jeżeli bowiem przez wyciąg z mózgu można przenieść specyficzne doświadczenia, to treść pamięci składającej się na te doświadczenia oczywiście musi być w jakiś sposób zawarta we wstrzykiwanym roztworze. Najważniejsze, cośmy dotychczas uzyskali w tym układzie, to odkrycie, że w przypadku pewnej, a prawdopodobnie jednej z najważniejszych substancji, w której widocznie może być materialnie magazynowana treść pamięci i z którą można ją także przenosić – w grę wchodzi drobina o skomplikowanej budowie, którą biolodzy określają skrótem DNA, ponieważ wymawianie pełnej nazwy "kwas dezoksyrybonukleinowy" zabiera zbyt wiele czasu. Tymczasem ów DNA dawno już znany jest biologom z badań dotyczących pozornie innego problemu: DNA jest bowiem substancją, którą przyroda posługuje się przy magazynowaniu zawartego w genach podłoża dziedzicznego. Wydaje się, że przyroda i w tym przypadku sięgnęła do raz już znalezionej odpowiedzi, gdy w innej sytuacji ponownie powstał ten sam problem "magazynowania" rzeczy raz wyuczonych. Używa ona więc DNA nie tylko do magazynowania podłoża dziedzicznego, lecz także do zachowania śladów wspomnień.

Natomiast mutacje odgrywają rolę jak gdyby swobodnych pomysłów. Jednostka, poszczególna osobowość, nie kosztuje całkowicie pod ciężarem gromadzących się w jej pamięci wspomnień i doświadczeń, dopóki zdolna jest do swobodnych pomysłów, do produkowania myśli, które dlatego można określać jako spontaniczne, że są właśnie w znacznym stopniu niezależne od powiązań z nastawieniami i tendencjami ustalonymi przez biografię. Owe spontaniczne pomysły bywają także przypadkowe i często mniej lub więcej bezsensowne. Wydaje się jednak, że właśnie dlatego spełniają nadzwyczaj ważną funkcję strzeżenia jednostki od zupełnej jednotorowości i podsuwania jej wciąż od nowa

szansy, punktów wyjściowych przekierowania. Tę samą rolę odgrywają mutacje w ciągu następstwa pokoleń w obrębie gatunku, który bez tego byłby zagrożony całkowitym skostnieniem pod wpływem rosnącej mnogości jednoznacznie ustalonych informacji dziedzicznych i przez to straciłby tak ważną dla życia zdolność dostosowywania się do długoterminowych zmian warunków środowiska.

Tym samym doszliśmy znowu do ważnej, decydującej wręcz pozycji zajmowanej przez seksualizm w powiązaniu z tymi wszystkimi czynnikami, które łącznie umożliwiają i utrzymują w ruchu ewolucję. Teraz wreszcie jesteśmy zdolni zrozumieć, czym uzasadniona jest wyższość płciowej formy rozmnażania w stosunku do wszystkich innych możliwych i przez przyrodę urzeczywistnionych form rozrodu. Wyszliśmy przecież od tak często powtarzanego i pozornie tak celnego zarzutu, że właśnie nie ukierunkowana przypadkowość mutacji musi ze statystyczną koniecznością prowadzić do silnej przewagi szkodliwych, ujemnych, a nawet śmiertelnych "skoków dziedzicznych", że gatunek takim mechanizmem może tylko być zagrożony, a w żadnym razie nie może zeń czerpać korzyści czy też szansy dalszego rozwoju.

Analogia pomiędzy swobodnym pomysłem jednostki a poszczególną mutacją ułatwia nam zrozumienie, jak został rozwiązany ten paradoks natury. Zasada rozmnażania płciowego stwarza w dosyć dużym zakresie możliwość sprawdzenia powstałych raz mutacji pod względem ich przydatności, zanim znajdą praktyczne zastosowanie. W tym sensie więc seksualizm odgrywa w układzie ewolucji tę samą rolę co fantazja w świadomości indywidualnej jednostki.

Przecież w żadnym razie nie realizujemy nawet w przybliżeniu każdego pomysłu, który spontanicznie wpada nam na myśl. Nie musimy wcale trudzić psychoanalityka z jego wysublimowaną wiedzą, aby odsunąć od siebie ogromną ilość pomysłów całkowicie nie do przyjęcia nie tylko dla naszego sumienia, ale i rozumu; a pomimo to wypełniają nas one stale pod progiem naszej świadomości. Właściwie to nawet, przeciwnie, jest tak, że możliwość pomyślenia sobie w zasadzie wszystkiego bez konieczności wprowadzania tego zaraz w czyn pozwoliła na to, aby gatunek nasz, homo sapiens, stał się panem tej Ziemi. Zwierzęciu, dostosowanemu do środowiska przez wrodzone doświadczenie swego instynktu, w "sprzecznych z regułą" sytuacjach, dla których repertuar jego instynktów nie zawiera żadnych, niejako prefabrykowanych, pasujących reakcji – nie pozostaje nic innego jak tylko nader ryzykowna metoda, określona jako "uczenie się na próbach i błędach". W tym wypadku każdy pojawiający się impuls musi rzeczywiście być wypróbowany w zaczątku, a dopiero następujące potem doświadczenie informuje o wartości bądź bezwartościowości każdej poszczególnej próby; według statystycznego prawdopodobieństwa zawsze będzie przeważała możliwość, że doświadczenie będzie bolesne, a nierzadko trzeba się liczyć i z tym, że zwierzę reagujące według tej metody niczego już nie

nauczy się ze swego pierwszego doświadczenia, ono już bowiem będzie dlań śmiertelne.

W zestawieniu z tym wyższość człowieka polega na jego zdolności antycypowania możliwych reakcji i wynikających z nich konsekwencji w swojej fantazji, a ponadto jak gdyby przegrywania ich sobie, bez przymusu natychmiastowego wprowadzania w czyn. Owa zdolność do tworzenia "wewnętrznego wzorca świata zewnętrznego", w którym można, niby w nieobowiązującej grze modelowej wypróbować wszystkie dające się wymyślić sytuacje i próby rozwiązań bez narażania się na żadne niebezpieczeństwo – zdolność owa pozwala nam na dokonywanie wyboru spośród rozmaitych możliwości oferowanych przez określone sytuacje przy jednoczesnej ocenie istniejących w każdym wypadku szans – zanim realnie w ogóle naprawdę cokolwiek się dzieje. Oczywiście dotyczy to nie tylko sytuacji konkretnych, lecz także rozwoju nowej teorii naukowej czy też powstania dzieła sztuki.

Fakt, że oparta na tej zdolności wyższość naszego gatunku nie jest absolutna, że właśnie obecnie człowiek zdaje się przywoływać takie sytuacje środowiskowe, jak eksplozja demograficzna czy też stałe niebezpieczeństwo nowoczesnych środków zagłady, do których może nie dorasta, gdyż fantazja jego nie potrafi naszkicować sobie owych możliwości w formie tylko potencjalnej, aby się czegoś z tego nauczyć – ten fakt tutaj nie należy do rzeczy i nie zmienia samej zasady.

Badania nad prawami ewolucji wykazały niedawno, że zjawisko fantazji ludzkiej nie jest pierwszym przypadkiem, w którym przyroda wykorzystwała zasadę gier modelowych do sprawdzenia przydatności nowych struktur i funkcji, zanim zostaną poddane próbie realnego świata. Co w przypadku poszczególnego indywiduum czyni fantazja, to w toku ewolucji umożliwia zasada rozrodu płciowego. Gdy chodzi o jednokomórkowce rozmnażające się przez podział, każda nowo występująca "nie ukierunkowana" mutacja, bezwarunkowo uderza w nie z całą srogością. Ponieważ większość tego rodzaju skoków dziedzicznych jest rzeczywiście negatywna, zatem znikomy odsetek żyjących istot takich gatunków ma szansę przeżycia mutacji, a cóż dopiero wyciągnięcia z niej jakichkolwiek korzyści. Nieprawdopodobnie szybkie następstwo pokoleń u większości tych gatunków (około trzech generacji na godzinę u pewnych bakterii!) oraz wynikający z tego potencjał rozrodczy niekorzyść tę kosztem poszczególnych osobników wyrównują gatunkowi w nadmiarze. Jednakże gatunek musi pogodzić się z ujemnymi stronami nadzwyczaj powolnego tempa rozwoju, stanowiącego nieunikniony skutek – rzeczywiście – adaptacyjności w dużym stopniu tutaj kierowanej przypadkiem.

Zupełnie inaczej sytuacja przedstawia się w odniesieniu do wszystkich istot żywych rozmnażających się płciowo. Fakt, że należą do nich bez wyjątku wszystkie zwierzęta wyższe, większość roślin, a nawet i niektóre jednokomórkowce, dowodzi z góry, że ta metoda rozmnażania się musi być

związana z jakąś decydującą korzyścią. Korzyść owa wreszcie polega na tym, że wszystkie te istoty żyjące mają do dyspozycji w swoich komórkach podwójny ("diploidalny") zespół chromosomów. Każdy poszczególny chromosom, w którym poszczególne geny są uszeregowane, występuje u nich podwójnie. Oznacza to, że przypadkowa mutacja zachodząca w jakimś genie zrazu w ogóle nie ma żadnego skutku, jest bowiem jak gdyby "przesłonięta" nie zmienionym genem chromosomu bliźniaczego. A jest to tylko jedna, aczkolwiek sama w sobie już bardzo istotna korzyść, której towarzyszą jeszcze dalsze, nie mniej decydujące.

Przy rozmnażaniu się przez podział nowe osobniki za każdym razem powstają z połowy komórki macierzystej, natomiast przy rozrodzie seksualnym – z kombinacji dwóch "półkomórek", pochodzących od dwóch osobników tego samego gatunku. W tym celu w narządach płciowych obojga rodziców przygotowane zostają komórki, tak zwane komórki rozrodcze, które mają tylko jeden pojedynczy zespół chromosomów, po to aby później, przy połączeniu się komórek rozrodczych pochodzących od obojga rodziców w nowe indywiduum, znowu występował normalny "diploidalny" zespół chromosomów. Ta przejściowa "haploidalność" w komórkach rozrodczych, w których pojawiają się wszystkie chromosomy, ale wszystkie tylko pojedynczo, stanowi dalszą barierę bezpieczeństwa, w którą przyroda wyposażyła wszystkie rozmnażające się seksualnie gatunki, aby uchronić je przed niebezpieczeństwem wywołanym ujemnymi mutacjami. W tym przejściowym haploidalnym stadium bowiem, to znaczy w ciągu życia poszczególnej komórki rozrodczej, odpada naturalnie także wyrównawcze oddziaływanie chromosomu bliźniaczego, które zwykle każdemu nowo pojawiającemu się zmutowanemu genowi odbiera możliwość oddziaływania na organizm, w którym powstał. Tutaj, w komórce rozrodczej natomiast każda nowa mutacja może rozwijać się bez przeszkód.

Odpowiada to pierwszej próbie jakości, która odbywa się bez żadnego ryzyka dla dotkniętego mutacją osobnika czy też jego potomstwa. Zagadnienie polega bowiem po prostu na tym, czy nowopowstały gen włączy się do przemiany materii komórki rozrodczej zawierającej mutację, czy będzie zgodny ze skomplikowanymi procesami życia owej komórki. Całkowicie "bezsensowne" i wyłącznie szkodliwe mutacje, które niewątpliwie bardzo są liczne, skoro są po prostu skutkiem "błędów" przy podwojeniu istniejących genów, eliminowane są już na tym etapie metodą możliwie najprostszą, a przy tym i najskuteczniejszą, jaką sobie można wyobrazić: komórka rozrodcza "goszcząca" nową mutację, obumiera. Jediną rzeczą ponoszącą szkodę jest ta jedna komórka. Wskutek tego obumarcia mutacja już zostaje usunięta, przy czym osobnik, w którym cały ten proces przebiega, w ogóle jej nie zauważa i nie jest narażony na jakąkolwiek szkodę czy też uszczerbek.

Jest więcej niż prawdopodobne, że według opisanej prostej metody bardzo liczne mutacje w każdym z nas bywają nieustannie "załatwiane" i wycofywane ze współzawodnictwa zwanego ewolucją. Są to mutacje nie spełniające najbardziej

elementarnego wymagania stawianego każdej nowej właściwości dziedzicznej: koniecznej harmonii ze zdolnością życiową komórki. Mutacja może więc przez tę barierę przejść tylko wtedy, gdy czyni zadość temu podstawowemu warunkowi. Jest to oczywiście jeszcze zawsze warunek bardzo skromny, wymaganie minimalne. Na pewno nadal znaczna większość powstałych przez mutację nowych genów zdolnych do pokonania owej zapory byłaby szkodliwa lub co najmniej niekorzystna dla osobnika, który przejąłby nową cechę podyktowaną mu przez ten gen, bez względu na powiązanie ze wszystkimi innymi cechami, które już posiada jako swoje tradycyjne dziedziczne dobro.

Ciągle jeszcze odpowiedzieliśmy tylko w połowie na zarzut stawiany nam przez naszego krytyka. Co się dzieje z nowymi genami, które wprowadzie – spełniając najprymitywniejszy warunek podstawowy – są zgodne ze zdolnością życiową poszczególnej komórki, ale oddziaływałyby niekorzystnie albo nawet szkodliwie na układ tych wszystkich cech, które dopiero łącznie tworzą organizm wyższego rzędu?

Odpowiedź sformułowana naukowo brzmi: są one magazynowane w recesywnej puli genów danego gatunku i są w ciągu następstwa pokoleń kombinowane w coraz to nowy sposób i w nieustającej wymianie z innymi nowo występującymi mutacjami. , Chodzi tu o rzecz następującą: każda komórka rozrodcza gatunku rozmnażającego się płciowo stać się może zarodkiem nowego osobnika tylko przez to, że połączy się z komórką rozrodczą pochodzącą od innego rodziciela. Ponieważ ta komórka pochodzi jednak z tego samego gatunku, zawiera dokładnie taki sam zespół chromosomów. Od chwili więc połączenia się obu komórek panuje znowu "diploidalność", każdy gen występuje dwukrotnie. Możliwość tego, by pozostała przy życiu komórka rozrodcza z jednym zmutowanym genem, łącząc się przy zapłodnieniu z drugą komórką rozrodczą, natrafiła na taką, która dokładnie w tym samym miejscu, w tym samym genie wykazuje również zmutowanie – jest wręcz astronomicznie nieprawdopodobna. Nawet prosta bakteria ma co najmniej 10000 rozmaitych genów, u istoty żyjącej wyższej liczba ta dochodzi do milionów. Nie zdarza się więc praktycznie w ogóle, aby dwa jednakowe mutanty spotkały się przy zapłodnieniu.

Sytuacją stanowiącą tu wyjątek byłby konsekwentny chów wsobny. Im mniejszy jest krąg, w jakim następuje dobór partnera do płciowego rozmnażania, im mniejsza więc jest liczba genów, z jakich składa się pula genowa, w której wciąż od nowa kombinowane są zawiązki dziedziczne, tym większe są naturalnie widoki na to, że prędzej czy później w następstwie pokoleń kiedyś rzeczywiście spotkać się mogą dwie komórki rozrodcze wykazujące ten sam zmutowany gen. W takim wypadku istotnie dany osobnik będzie bez żadnej ochrony trafiony pełną siłą – zwykle mniej lub bardziej niekorzystną – zmutowanego przypadkowo zawiązku. W świetle tego jest bardzo charakterystyczne, że nie tylko ludzie, ale także większość zwierząt wyższych wykształciła już bardzo wcześnie różne tabu i sposoby zachowania wykluczające albo co najmniej bardzo utrudniające

seksualny dobór partnera wewnątrz ścisłej własnej grupy.

Nowa mutacja na zewnątrz bywa z reguły całkowicie bezskuteczna, "recesywna", jak powiada biolog, ponieważ jest tłumiona oddziaływaniem nie naruszonego genu chromosomu bliźniaczego. Pamiętamy to wszyscy jeszcze z nauki biologii i była już o tym przed chwilą mowa. Tutaj pragniemy do tego dodać, że w ten sposób powstawać mogą stale nowe i inne mutacje w obrębie tego samego gatunku; recesywnie, a więc jak gdyby niewidocznie magazynowane, w każdym nowym pokoleniu mogą być ze sobą kombinowane w coraz to inny sposób.

Jeszcze przed niewielu laty w tym miejscu wielce stosowne byłoby pytanie, na czym właściwie miałyby polegać korzyść tej metody, skoro mutacja tylko wtedy może przysłużyć się dalszemu rozwojowi gatunku, gdy staje się skuteczna, to znaczy, gdy dyktowane przez nią zmiany cech osobnika prezentowane są w środowisku do selekcji. Ale w takim razie, tak powiadałby dalej krytyk, nic w gruncie rzeczy nie zyskano, a jedynie nieco opóźniona została konfrontacja ze środowiskiem może nawet w swoich konsekwencjach śmiertelnej mutacji. Od niedawna wiemy, że tak nie jest. Brzmi to zdumiewająco i doprawdy jest podziwu godne: już w "recesywnej puli genowej", to jest w toku przebiegu zmiennej kombinacji recesywnych mutacji, takiej, jaka dokonuje się od nowa z pokolenia na pokolenie, w grę wchodzi selekcyjny mechanizm, dokonujący doboru pod względem jakości i celowości. Tutaj staje się uchwytna analogia, o jakiej mówiliśmy. Selekcja nie rozgrywa się w tym wypadku w realnym otoczeniu, lecz w mikroskopijnym zasięgu jądra komórki, niewidocznie na zewnątrz i bez wszelkich konsekwencji. Jak w modelu z piasku odbywają się tu "gry" w przymiarki i odrzucania, planowania od nowa i sprawdzania – zanim w ogóle rozpocznie się próba jakości w warunkach realnych.

Rozwiązaniem zagadki, jak od kilku lat wiadomo, są geny służące w jądrze komórki specjalnie kontroli i regulowaniu zgodności pomiędzy nową mutacją a pozostałymi już istniejącymi genami, tak zwane "geny-regulatory", jak je obrazowo nazwano; ich rola to nic innego jak wywołanie i nadzorowanie owej próbnej preselekcji w jądrze komórki. Dla gatunku owa zasada ma tę samą ogromną korzyść co fantazja dla jednostki, stwarza bowiem możliwość wyszukania spośród nowych kombinacji genów bez pociągania za sobą realnych konsekwencji tych, które zdają się najlepiej wzajemnie zharmonizowane, a więc prawdopodobnie najlepiej nadają się do otwarcia przed określonym gatunkiem nowych możliwości dostosowania się do realiów otoczenia.

Istnieją także "geny-reparatory", które mają zdolność zanulowania powstałych mutacji po upływie pewnego czasu, to znaczy, wprowadzenia zmutowanego genu ponownie w stan poprzedni; dzieje się to prawdopodobnie według wzorca nie naruszonego jeszcze genu na chromosomie bliźniaczym. Inne geny-regulatory kontrolują mutacje spotykające się w podłożu dziedzicznym nowego

osobnika pod względem ich wzajemnego "dopasowania" albo sprawdzają, czy wspólne ich występowanie nie doprowadziłoby do sprzecznych ze sobą właściwości.

W większości przypadków nie wiemy dzisiaj jeszcze w ogóle, na czym polega działanie genów-regulatorów, według jakich zasad dokonują one "doboru" i w jaki sposób spełniają swoją funkcję. Całe odkrycie jest jeszcze na to zbyt świeże, a co najważniejsze, wszystkie owe procesy rozgrywające się w mikroskopijnym świecie jądra komórkowego są na to zanadto zawikłane i skomplikowane. Niewątpliwym faktem jest, że w jądrach komórek wszystkich istot żyjących, jakie rozporządzają diploidalnym, podwójnym zespołem chromosomów, również znajduje się coś w rodzaju "wewnętrznego modelu świata zewnętrznego" i że w nim niewidocznie przegrywana jest uprzednio część procesu selekcji; wygląda to na fantastyczną wręcz możliwość udoskonalenia szans ewolucji, która z opisanych przez nas przyczyn ma do dyspozycji wyłącznie gatunek rozmnażający się w drodze seksualnej.

Jak ogromne musi być biologiczne znaczenie tej możliwości dla sprawy ewolucji, wynika z pewnej zdumiewającej liczby, która w sposób zasadniczy zmienia wyobrażenie, jakie o roli genów wytworzyliśmy sobie na podstawie wiedzy nabytej w szkole. Genetycy oceniają obecnie, że tylko około 5 procent wszystkich genów komórki stanowią "geny strukturalne", pełniące jedyne znane do tej pory zadanie ustalania cech danego osobnika, zarówno cech charakterystycznych dla gatunku, jak indywidualnych. Wszystkie inne geny są prawdopodobnie genami-regulatorami, a więc z jakichś miliona genów zwierzęcia wyższego jest ich nie mniej jak 950 000!

Tak widziane jądro komórki jest dla ewolucji układem modelowym, a seksualizm jej fantazją. Materiałem zaś, którym bawi się fantazja filogenezy, są mutacje. Są one jak gdyby kolorowymi kamyczkami (każdy oddzielnie bezsensownie, w dowolnie i przypadkowo wynikłej przemianie zabarwiony na różne kolory), z których daje się złożyć skomplikowany wzór żyjącej istoty. Nie każdy kamyczek dostosowany jest do każdego miejsca i w każdym dowolnie dobranym czasie, wiele z nich jest nawet całkowicie nieprzydatnych. Nie może ich także być zbyt dużo, nie wolno oferować ich w dowolnie wielkiej liczbie i za szybko po sobie, gdyż mogłoby przez to nastąpić zakłócenie, a może nawet zagubienie już istniejącego porządku. Ale jakakolwiek zmiana, szukanie i znajdowanie nowych i coraz lepszych, i bardziej skomplikowanych form życia możliwe są tylko wówczas, gdy fantazja budowniczego, "ewolucja", każdej chwili rozporządza dostateczną liczbą rozmaitych kamyczków o różnorodnych barwach, spośród których może dokonywać wyboru.

W obrębie granic określonych tymi powiązaniem tempo ewolucji zależy od liczby "kamyczków", od liczby mutacji. Gdy jest ich za mało – proces dalszego rozwoju ulega zahamowaniu. Dany gatunek może wprawdzie nadal przetrwać, ale tylko

dopóty, dopóki nie zmieniają się warunki środowiska, do którego się dostosował w okresie, gdy ewolucja udzielała mu niezbędnej do tego "plastyczności". Co prawda gatunek tym bardziej jest "udany", im dokładniej i im bardziej specyficznym potrafił dostosować się do zupełnie ściśle określonej scenarii środowiska. Ale też z tym większą pewnością nadejść musi zagłada – to znaczy niebezpieczeństwo wymarcia – jeśli tylko cokolwiek zaczyna się w tej scenarii przeobrażać. Im dokładniejsze było przystosowanie, a co za tym idzie, im bardziej władczą jest rola, którą dany gatunek może odgrywać na powierzchni Ziemi, tym prędzej nawet pozornie bardzo nieznaczne zmiany otoczenia muszą doprowadzać do tego, że nagle przystosowanie już "nie pasuje": mogą to być długoterminowe zmiany klimatu, zmiany wegetacji, a więc i zasobów pożywienia, pojawienie się nowych konkurentów pokarmowych i wszelkie inne przekształcenia, jakie sobie tylko można wyobrazić. Gatunek, który staje wobec takich zmian swego środowiska bez możliwości odpowiedzenia na nie zmianą swojego genetycznego przystosowania, jest zgubiony, "wymiera". Wiele za tym przemawia, że obraz ten jest stosunkowo trafnym opisem, na przykład losu jaszczurów, jednej z najbardziej udanych grup zwierząt wśród wszystkich na tej Ziemi.

Ale nie tylko za mało, ale i za wiele mutacji nie daje szczęścia. To trafia do przekonania nie tylko teoretycznie – nadmierna podaż nowości niszczy już osiągnięty porządek – ale wiemy to już wszyscy dzisiaj zupełnie konkretnie na podstawie wyników doświadczeń, w których badano oddziaływanie twardego promieni na podłoże dziedziczne. Na przykład promienie rentgenowskie bądź inne zmieniają molekularną strukturę genów i w ten sposób wytwarzają mnóstwo nowych mutacji. Gdy działanie promieni jest dostatecznie intensywne, liczba tych zmian może tak bardzo wzrosnąć, że opisane mechanizmy ochrony i doboru w jądrze komórki już nie potrafią panować nad nimi. Coraz większa liczba coraz bardziej niekorzystnych mutacji zaczyna "manifestować się", to znaczy objawiać się zewnątrz w postaci potworków, upośledzeń organicznych, zakłóceń przemiany materii i innych anomalii, wskutek których gatunek dotknięty taką katastrofą wreszcie musi ulec zagładzie. Wszystko przemawia za tym, że to mogłoby przydarzyć się tej części ludzkości, która przeżyłaby wojnę atomową, gdyby kiedyś do niej miało dojść; wojna taka zatrułaby bowiem atmosferę promieniotwórczymi izotopami na okres całych stuleci.

W środku, pomiędzy tymi dwoma krańcami, rozpościera się możliwość ewolucji: adaptacyjnych zmian żywych organizmów bez zagrożenia całościowej struktury porządku, na który życie jest zdane. W obrębie tych granic przebiega dalszy rozwój, historia życia w stale zmieniającym się tempie. Pojedyncze kroki ewolucji następują po sobie powoli, wtedy gdy podaż mutacji jest niewielka. Łatwo zrozumieć, dlaczego inaczej być nie może: w takim przypadku budowniczy musi przecież dłużej poczekać, aż pośród skąpo wytwarzanych nowych "kamyczków" pojawi się właśnie ten jedyny, ściśle określony, którego mu jako kamienia

kluczowego brakuje do wykończenia nowego wzoru. I odwrotnie, tempo ewolucji wzrasta, gdy tylko podaż staje się obfitsza, a tym samym rosną szansę, że brakujący jeszcze do danej struktury czy funkcji kamyk będzie pod ręką już w chwili zapotrzebowania, oczywiście tylko dopóty, dopóki liczba mutacji nie przekroczy wymienionej górnej granicy, poza którą podaż nowości staje się tak wielka, że cały porządek się załamuje.

CZAS JASZCZURA

SZANSA DLA GATUNKÓW NIEDOJRZAŁYCH • ROZBIŁO SIĘ O SUKCES • CIEPŁOKRWISTE KARZEŁKI JAKO ZWYCIĘZCY • PODWODNY PROTOKÓŁ MAGNETYCZNY • GEOGNOSTYK GOTUJE ŚNIEG • MINI-KOMPAS W MORSKICH GŁĘBINACH • TEORIA KATASTROF • CZYŻBY BEZSENSOWNE WIERCENIA W OCEANIE? • OŻYWCZE TĘTNO WE WSZECHŚWIECIE • KULTURA NEANDERTALCZYKA

Teraz wreszcie potrafimy zrozumieć, jaki musiał być skutek przebiegunowań ziemskiego pola magnetycznego, związanych za każdym razem z trwającym co najmniej tysiąc lat okresem, w którym Ziemia pozbawiona była osłony magnetycznej chroniącej ją przed wiatrem słonecznym.

Pewne jest, że wiatr słoneczny także w czasie owych przerw nie mógł docierać aż do powierzchni samej Ziemi bez jakichkolwiek większych przeszkód. Uderzał natomiast z nigdy nie spotykaną w okresach "normalnych" gwałtownością na powierzchnię atmosfery ziemskiej, w tej sytuacji nie ukrytą już poza osłoną magnetyczną. Atmosfera wprawdzie hamowała wiatr słoneczny i mniej lub bardziej go w całości przechwytywała, jednakże przy tym zjawisku powstawały – jak już wyjaśnialiśmy – nienormalnie liczne "produkty trafienia" w postaci radioaktywnego UC i innych promieniujących izotopów.

Opinia znanego amerykańskiego genetyka Waddingtona stanowi w tej sprawie dowód bezstronny, ponieważ w czasie gdy jeszcze trwał spór pomiędzy zwolennikami "teorii katastrof" a pozostałymi naukowcami, odmawiającymi wszelkiego znaczenia biologicznego przejściowej nieobecności magnetycznej osłony, stał on zdecydowanie po stronie grupy drugiej. Zresztą Waddington miał zupełną rację twierdząc, że wiatr słoneczny także w owych przerwach nie mógł oddziaływać bezpośrednio na powierzchnię Ziemi ze względu na ziemską atmosferę. Ale nawet i on przyznawał, że produkty trafienia wytwarzane w atmosferze przez wiatr słoneczny musiały w czasie procesów przebiegunowania przejściowo wzrosnąć do co najmniej podwójnej ilości w porównaniu do okresów "normalnych", a w czasie występujących w kilkumiesięcznych odstępach rozbłysków słonecznych, czyli erupcyjnych wybuchów na powierzchni Słońca – nawet wzrastały znacznie więcej. Według obliczeń Waddingtona dotyczy to nie tylko ^{14}C , ale na przykład również berylu, którego okres połowicznego zaniku wynosi dwa i pół miliona lat oraz bardzo wielu innych izotopów zawartych jeszcze ponadto w atmosferze.

Tymczasem w tych warunkach motor ewolucji natychmiast zaczyna poruszać się na wyższych obrotach. Spontanicznie występujące mutacje przypadkowe, które

normalnie utrzymują go w biegu, określane są przez naukowców jako "spontaniczne" dla podkreślenia, że owe skoki dziedziczne pojawiają się dowolnie i bezkierunkowo, a nie dlatego jakoby pojawiały się bez przyczyny. Wprawdzie po dzień dzisiejszy nie zostało jeszcze całkowicie wyjaśnione, ile czynników i z jakim podziałem ról w ich powstaniu uczestniczy. Jednakże liczne doświadczenia i wyniki badań, między innymi przede wszystkim wzmiankowane już uprzednio eksperymenty przeprowadzone dla stwierdzenia wpływu twardych promieni na podłoże dziedziczne, dowodzą w każdym razie znaczenia co najmniej jednego czynnika, a mianowicie znaczenia promieniowania radioaktywnego: liczba mutacji występująca w obrębie jednego gatunku jest zależna od intensywności radioaktywnego promieniowania w jego otoczeniu.

Promieniowanie to od początku istniało i służyło wytwarzaniu na powierzchni ziemskiej niezbędnych dla ewolucji mutacji, występowało zaś w postaci tak zwanego promieniowania tła. O ile nam dziś już wiadomo, jest ono złożone z kilku elementów wywodzących się z bardzo różnych źródeł. Po pierwsze, jest zasilane promieniowaniem pierwiastków radioaktywnych zawartych w skorupie ziemskiej. Ponadto obejmuje część promieniowania kosmicznego docierającego do nas z Drogi Mlecznej, któremu udało się przeniknąć zaporę rozpiętą przez wiatr słoneczny wokół całego naszego Układu. A wreszcie owo normalne tło promieniowania utworzone jest także przez radioaktywne izotopy, powstające w sposób już opisywany przez uderzanie, wiatru słonecznego w naszą atmosferę.

Obecnie rozumiemy, że to nieznaczące ale wymierne, stałe radioaktywne – promieniowanie należy do biologicznie najważniejszych cech naturalnego środowiska panującego na powierzchni ziemskiej. Jest ono – aczkolwiek prawdopodobnie tylko pośród innych nie znanych dotychczas czynników – jedną z istotnych, a może i najważniejszą przyczyną powstania mutacji, które wyłącznie umożliwiły, ewolucję, historię stale przemieniającego się i rozwijającego życia na Ziemi. Jeżeli mutacje stanowią niejako motor ewolucji, to owo promieniowanie tła należałoby określić jako "pedał gazu", od którego zależy liczba obrotów tego motoru, a tym samym tempo ewolucji.

Teraz wreszcie otwały nam się oczy na ogromne znaczenie, jakie dla dotychczasowej historii życia na Ziemi musiały mieć świeżo odkryte powtarzające się przebiegunowania ziemskiego pola magnetycznego. W czasie każdego z takich wydarzeń promieniowanie tła na przeciąg co najmniej jednego tysiąclecia wzrastało bardzo pokaźnie w wyniku wzmożonej produkcji radioaktywnych izotopów w atmosferze. Tym samym nagle znacznie zwiększała się także podaż mutacji, co powodowało, że strumień ewolucji, płynący normalnie równomiernie, zostawał przejściowo gwałtownie przyśpieszony. Za każdym razem rozpoczynał się więc nowy akt dramatu życia na scenie powierzchni ziemskiej. Takie przyśpieszenie procesu ewolucji uruchamia bowiem mechanizm narażający wszystkie dominujące formy życia na poważne ryzyko, a zatem kwestionujący wszystko, co prądawne, podczas gdy

jednocześnie nowym, nie dojrzałym jeszcze i znajdującym się na początku swego rozwoju gatunkom w sposób wysoce stroniczy przypadają w udziale najlepsze karty w tej grze. Zjawisko tak znacznego przyspieszenia tempa ewolucji, wywołane jednocześnie na całej Ziemi przez opisany proces kosmiczny, stwarza dla odnośnych gatunków sytuację, którą najłatwiej wyjaśnić przez porównanie z położeniem kogoś, kto pragnie w gronie przyjaciół pokazać kolorowe przeźrocza, a któremu przy tej czynności przeszkadza dziecko. Załóżmy sobie, że dziecko owo w czasie pokazu bawi się nieustannie guzikiem służącym do nastawiania ostrości rzucanych na ekran obrazów, nie mając najmniejszego pojęcia o działaniu tego guzika. Pomimo że w tych warunkach dziecko obsługuje guzik całkowicie dowolnie i poniekąd bezsensownie, kręcąc nim raz w tym, raz w tamtym kierunku, dziwnym trafem rezultat tej całkowicie niedorzecznej zabawy dla widzów podlega ściślemu i bardzo prostemu prawidłu. A mianowicie dzieje się rzecz następująca: odbiór tych wszystkich obrazów, które wyświetlający z góry nastawił bardzo ostro, w każdym przypadku przez działanie dziecka ulega zniekształceniu. Nie może zresztą być inaczej, skoro bowiem obraz raz już był nastawiony optymalnie, każda zmiana stanu istniejącego może za sobą pociągnąć tylko pogorszenie.

Zupełnie inaczej sprawa wygląda w odniesieniu do tych przeźroczy, których sam demonstrujący nie zdążył jeszcze prawidłowo nastawić. Wówczas może się raz po raz zdarzyć, że czysto przypadkowe zmiany nastawienia nagle poprawiają efekt i czasami udaje się nawet, również zupełnie przypadkowo, osiągnąć stan optymalny, w którym rzucany na ekran obraz nagle nieruchomieje w formie wyrazistej jakby spod rylca, wtedy gdy dziecko na chwilę puści guzik. Przy dokładnej obserwacji przebiegu całego pokazu widzowie nawet stwierdzą, że szansę poprawy nastawienia określonego obrazu przez dowolne kręcenie guzika stają się tym większe, im gorsze było nastawienie na początku, podczas gdy szansa ta naturalnie spada do zera, jeżeli obraz był od razu całkowicie wyostrojony.

Podobne w zasadzie doświadczenie przeprowadziłby obserwator, który potrafiłby jednorazowo objąć z perspektywy Wszechświata całą powierzchnię ziemską wraz z wszystkimi istniejącymi na niej formami życia i byłby świadkiem zdarzeń przebiegających w czasie i w związku z przebiegunowaniem Ziemi. Ujrzałby, jak ogromna kula magnetosfery zaczyna się kurczyć, aby się w końcu całkowicie zapaść. Wkrótce potem dałby się zauważyć u wszystkich ziemskich form życia nagły wzrost częstości mutacji, wywołany wzrostem promieniowania tła na powierzchnię ziemską w wyniku bardzo silnego zwiększenia się ilości promieniujących izotopów w atmosferze. Owo powiększenie się podaży mutacji doprowadziłoby u wszystkich gatunków do przyspieszenia tempa rozwoju, stwarzając im zwiększone szansę szybszego rozwoju wszędy i wznwyż – pozornie w stopniu równym dla wszystkich.

Nasz hipotetyczny obserwator kosmiczny – gdyby nadal proces ten śledził

uważnie, odkryłby wkrótce, że w rzeczywistości nie może być mowy o jakichkolwiek równych szansach. Z drugiej strony nie byłoby także i tak, że ci, co do tej pory cieszyli się powodzeniem, odnosiliby dalsze sukcesy i nadal spychali podporządkowanych sobie konkurentów na ostatnie pozycje. Przebieg wydarzeń, następujący po stosunkowo krótkim okresie przebiegunowania i wywołany zaniknięciem pola magnetycznego, charakteryzuje raczej nagły rozkwit niektórych do tej pory całkowicie niepozornych typów organizmów, które zaczynają rozwijać się w zupełnie nowe gatunki, wydając przy tym różnorodność nowych form życia dostosowanych do najrozmaitszych warunków środowiska. Natomiast właśnie gatunki do tego momentu dominujące szybko się wycofują i w większości przypadków nawet w ogóle definitywnie znikają ze sceny.

W odniesieniu bowiem do tych, co przed nastąpieniem krytycznych wydarzeń byli bezspornymi panami sytuacji, zwiększona podaż mutacji nie wyraża się przyspieszeniem ich dalszego rozwoju. Nic zresztą dziwnego: przecież właśnie dlatego byli nadrzędnym panującym gatunkiem, że w owej chwili, gdy ich oraz ich konkurentów zaskoczyły nagle zjawiska wywołane przebiegunowaniem, byli już optymalnie dostosowani do wszystkich wymagań stawianych im przez własne środowisko. Jaką korzyść mogły im więc jeszcze w tych warunkach przynieść nowe mutacje? Przeciwnie, tak jak przy już całkowicie ostro nastawionym obrazie, każda zmiana na-regulowania może tylko doprowadzić do pogorszenia wyniku, tak samo dla już dostosowanych i w pełni rozwiniętych gatunków każda zmiana ich predyspozycji musi okazać się niekorzystna. Nasz obserwator kosmiczny prawdopodobnie ze zdumieniem oglądałby, jak u tych panujących ras nagle rozwijają się dziwne, karykaturalne wypaczenia dotychczasowego typu, formy wyolbrzymione i inne anomalie wszelkiego rodzaju oraz zdecydowane potwory, burzące w sposób dotkliwy tak dotąd harmonijną równowagę w obrębie danego gatunku. Aby dopełnić tej katastrofy dotychczasowych panów Ziemi – do owego osłabienia ich zdolności życiowej dochodzi jeszcze konkurencja ze strony zupełnie nowych gatunków i form życia nacechowanych nie spotykaną przedtem siłą i różnorodnością. Są to potomkowie kilku niepozornych organizmów, które do chwili wystąpienia opisywanych tu zdarzeń odgrywały poniekąd rolę "ubogich krewnych ewolucji". Im cały łańcuch powstałych, pobudzonych do życia procesów wyszedł wyraźnie na korzyść. W swej niepozorności i niezaradności były one całkiem podobne do nieostrych obrazów naszego modelu myślowego, którym każda zmiana, każde przeobrażenie stwarza szansę poprawy.

Podobnie jak w naszym przykładzie, tak i dla nich szansa ta urzeczywistniła się naturalnie tylko w kilku nielicznych szczęśliwych przypadkach. Dla zdecydowanej większości spośród nich owa godzina ewolucji wybiła również bezskutecznie. Ale dla tych, do których uśmiechnęło się szczęście, ewolucja wybuchła fajerwerkiem nowych możliwości, nowych form adaptacyjnych, całkowicie nowych typów istot żyjących. W dziejach życia rozpoczął się nowy akt.

W zestawieniu z tym każdym natychmiast na myśl nasuwa się niezrozumiały do tej pory fakt zastąpienia jaszczurów przez pierwsze ssaki. Większość ludzi przydaje jaszczurom przysłowiowe nieomal określenie "wielkie gady". Tymczasem jaszczury były nie tylko wielkie; owa grupa zwierząt wydała nie tylko największe istoty żyjące, jakie kiedykolwiek nosiła Ziemia. Istniały wszak i bardzo małe jaszczury. Znacznie ważniejsza aniżeli imponująca wielkość, jaką odznaczały się niektóre gatunki, jest jedyna w swoim rodzaju różnorodność podgatunków charakteryzująca ów ród. Jaszczury zamieszkiwały nie tylko ląd; istniały także gatunki rybokształtne żyjące w wodach. Jaszczury również latały przy użyciu techniki i skrzydeł błoniastych w rodzaju znacznie później powstałych nietoperzy, były także jaszczury z gatunku mięsożernych drapieżników, aczkolwiek większość zadowalała się pożywieniem roślinnym. Zajęły one – jak wyraziłby się może nowoczesny biolog – najważniejsze i najbardziej interesujące nisze ekologiczne czy też przestrzenie życiowe na powierzchni ziemskiej, pozostawiając wszystkim innym zwierzętom resztę. Panowanie ich było więc bezkonkurencyjne i przez nikogo nie kwestionowane i – jak się wydawać musiało – ostateczne i niewzruszalne w ciągu całego niewyobrażalnie długiego okresu ponad 30 milionów lat.

Prawdopodobnie jaszczury w tym czasie przeżyły kilkakrotne przebiegunowania ziemskiego pola magnetycznego [^]e wszystkimi opisanymi konsekwencjami. Prawdopodobnie one także zrazu czerpały z tego korzyści. Wolno jednak domyślać się, że ich niespodziewane zniknięcie przed 200 milionami lat, nie dające się sprowadzić do żadnej uchwytnej zewnętrznej katastrofy, związane było z tym, że zostały one w tym okresie znowu poddane przejściowemu przyspieszeniu tempa ewolucji w takim punkcie dziejowym, kiedy to już bez reszty urzeczywistniły się wszystkie ukryte w ich rodzie możliwości i rozwinęły się już optymalnie w postaci wszelkich występujących wariantów. Taka hipoteza pozwoliłaby może łatwiej zrozumieć, dlaczego owi dotąd bezsporni panowie Ziemi ulegli stosunkowo szybko w konkurencji z nowym typem organizmu, który w owym czasie wstąpił na scenę jako karzełek zaledwie wielkości myszy, ale który właśnie w owym czasie dokonał niebywałego "odkrycia" ciepłokrwistości; konkurencji pierwszych protoplastów dzisiejszych ssaków.

Jakkolwiek mogło się to być podówczas rozegrać – nie potrafimy bowiem jeszcze naukowo sprawdzić możliwości hipotetycznie tu przedstawionych powiązań – wydaje się jednak w zasadzie zupełnie pewne, że występujące w przerwach średnio od kilkuset tysięcy do milionów lat zmiany biegunów wywarły decydujący wpływ w sposób przez nas opisany na przebieg historii życia na naszej planecie. Mamy tu więc – na podstawie zupełnie innego przykładu – znowu przed oczami część tej sieci wiążącej nasze ludzkie środowisko, otaczający nas własny swojski świat codzienny, z siłami panującymi we Wszechświecie, poza naszą atmosferą; bez istnienia tych sił i stałego ich oddziaływania nie byłaby powstała ani przetrwała Ziemia ani żadne z żyjących

na niej stworzeń.

Jest to myśl zupełnie fantastyczna, że ów dziwnie niestały stosunek pomiędzy naszą przestrzenią życiową a magnetosferą obejmującą Ziemię we Wszechświecie dotyczy tego samego problemu, z którym już mieliśmy do czynienia przy dyskusji nad procesami przebiegającymi w jądrze komórki. Znowu pojawia się problem rozwiązania sprzeczności pomiędzy tradycją a postępem, tyle że w tym wypadku rozmiary są nie mikroskopijne, lecz astronomiczne. Obecność osłony magnetycznej zdaje się w czasach "normalnych" zabezpieczać właśnie takie tempo ewolucji, jakie najbardziej odpowiada już istniejącym na Ziemi i rozwiniętym formom życia. Jednakże po długich chwilach wytchnienia trwających kilkaset albo i kilka milionów lat, chwiejność tej samej osłony magnetycznej staje się potężnym kosmicznym czynnikiem, którego oddziaływanie zawsze na krótką chwilę w dziejach Ziemi wkracza w przebieg ewolucji, przejściowo ją przyspiesza do nie spotykanego przedtem tempa, przez co szeroko otwiera wrota nowym możliwościom życia kosztem stanu istniejącego i już osiągniętego. Występuje tu doprawdy powiązanie kosmiczne w pełnym tego słowa znaczeniu: objawia się pewien porządek, w którego granicach zachowanie się magnetosfery związane jest z procesami przebiegającymi w jądrze komórki, porządek, który sprawia, że oba przebiegi, zarówno ten w zasięgu mikroskopijnym, jak astronomiczny, służą temu samemu celowi.

W toku dyskusji o znaczeniu, jakie dla życia ziemskiego mogłyby mieć zdarzenia związane z przebiegunowaniem – pewna grupa naukowców od początku twierdziła, że sprawa ma się właśnie tak, jak przedstawiliśmy. Przeciwnicy zaprzeczali temu. Wyniki badań ostatnich czasów spór ten praktycznie rozstrzygnęły, dostarczając na kilku pierwszych przykładach bezpośrednich dowodów tego, że okresy zanikania pola magnetycznego w wielu przypadkach pokrywają się w czasie dokładnie z wymieraniem określonych gatunków.

Jako przykład chcemy tutaj opisać pewne odkrycie, szczególnie interesujące z kilku przyczyn, którego dokonali amerykańscy oceanologowie Billy Glass i Bruce Heezen w 1967 roku. Znaleźli oni bowiem nie tylko bezsporne potwierdzenie wpływu 7miany biegunów na przebieg ewolucji, lecz ponadto także natrafili po raz pierwszy na pewną wskazówkę co do przyczyny, dla której w ogóle dojść może do tego rodzaju wydarzenia.

Według wszelkiego prawdopodobieństwa przyczyna ta sprowadza się także do czynnika oddziałującego na Ziemię z głębi Wszechświata, a mającego przy tym charakter zgoła solidny i uchwytny. Wygląda bowiem na to, jakby to były kosmiczne "strzały w dziesiątkę", potężne kolizje Ziemi z ogromnymi meteorami o ciężarze setek milionów ton, które za każdym razem tak wstrząsały obiegami prądnicami we wnętrzu Ziemi – prądnicami wytwarzającej osłonę zaporową magnetosfery – tak ją przez turbulencje wytrącały z rytmu, że pole magnetyczne zanikało na tak długo, dopóki wpływ Księżycy nie doprowadzał ponownie do

stanu poprzedniego.

Odkrycie tego zdumiewającego powiązania składa się na długą opowieść, którą będziemy chcieli tu po kolei rozwinąć. Zacząć musimy od pytania, jak do tego doszło, że akurat właśnie dwaj oceanolodzy, a więc badacze mórz, dokonali tego decydującego odkrycia. A jest to związane z tym, że w ostatnich latach wyłoniła się możliwość badania zjawiska paleomagnetyzmu także na dnie oceanicznych głębi.

W 1966 roku udało się amerykańskiemu geologowi Johnowi Fosterowi stworzyć wszelkie niezbędne ku temu warunki techniczne. Zbudował on przyrząd pozwalający badaczom na ustalenie orientacji paleomagnetycznych linii sił również i w próbkach wiertniczych pochodzących z różnych warstw dna morskiego, położonego na głębokości setek czy też tysięcy metrów pod powierzchnią wody. Jasne jest, że w tym celu konieczne było pokonanie szczególnych trudności technicznych. Próbkę wiertniczą z takich głębokości pobierać można oczywiście tylko przy użyciu odpowiednio długich przewodów żerdziowych. Aby jednak na takich próbkach, gdy już zostały szczęśliwie wyciągnięte na powierzchnię i na pokład statku badawczego, móc jeszcze stwierdzać wiarygodne orientacje magnetyczne i porównywać je z próbkami pochodzącymi z innych warstw dna – należało wymyślić szereg skomplikowanych urządzeń dodatkowych, pozwalających na rekonstrukcję pierwotnej orientacji, którą dana próbka wiertnicza wykazywała, gdy tkwiła jeszcze w dnie morskim. Gdyby się owego ukierunkowania nie dało całkowicie jednoznacznie określić, wszelkie pomiary porównawcze straciłyby naturalnie cały swój sens.

Tymczasem naukowcom od dawna już – z najrozmaitszych przyczyn – zależało na możliwości badania skamieniałego magnetyzmu nie tylko na wolnej powierzchni kontynentów, ale właśnie także na próbkach pobranych z dna morskiego. Jedną z najważniejszych przyczyn była ze wszech miar uzasadniona nadzieja, że pochodzące z przeszłości Ziemi ślady magnetyczne na strefach powierzchni ziemskiej pokrytych oceanami zostały zachowane w znacznie lepszym stanie aniżeli w miejscach, gdzie od milionów lat wiatry i burze niwelowały i rozsypywały warstwy, które miały być badane i porównywane.

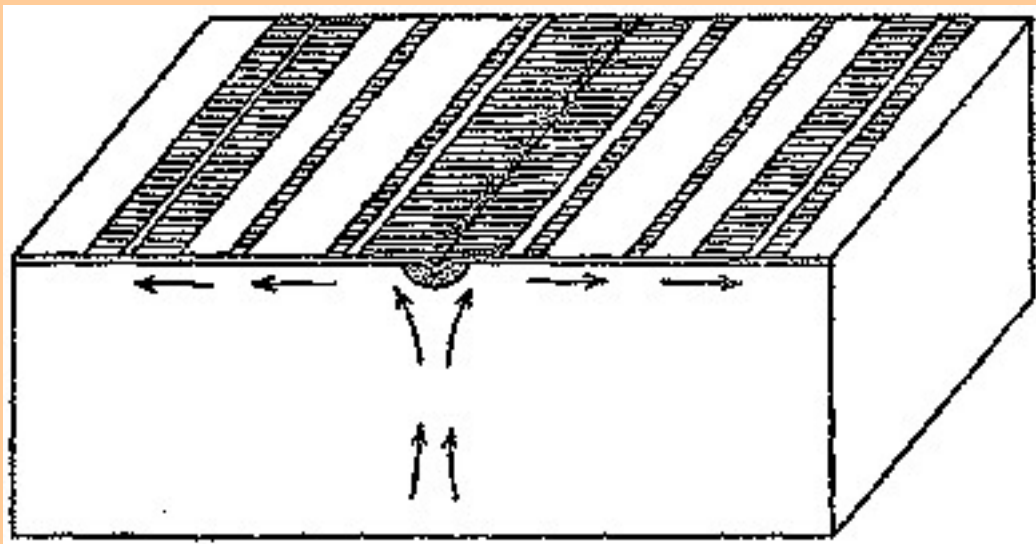
Skoro tylko w 1966 roku wreszcie powstały odpowiednie warunki do tego, badania już w pierwszych dniach potwierdziły słuszność tej nadziei. A poza tym dołączyło się tu jeszcze jedno zjawisko, a mianowicie szczególne warunki, w jakich przebiegają, podmorskie wybuchy lawy. Wulkany istnieją i tam, setki czy też wiele tysięcy metrów pod wodą. Ale wyciekająca z nich lava zostaje naturalnie przez wodę morską ochłodzona aż do stanu zakrzepnięcia praktycznie już w chwili wystąpienia z brzegów krateru. Szczególne okoliczności towarzyszące wybuchom wulkanów na dnie morza prowadzą niekiedy do bardzo dziwnych formacji. Tak więc dużą sławą wśród naukowców cieszą się przede

wszystkim wulkanicznie aktywne bruzdy, odkryte pośrodku

dna wszystkich wielkich oceanów. Wylewają się z nich w niektórych miejscach prawdopodobnie od milionów lat dosłownie jakby kobierce lawy, przesuwane płasko po obu stronach lawowej bruzdy na morskim dnie. Tu więc partie lawy następujące po sobie w czasie wyjątkowo nie leżą jedno nad drugim, tak jak wszędzie na wolnej powierzchni ziemskiej, lecz rozpostarte obok siebie. Partie najstarsze leżą najdalej od bruzdy, im do niej bliżej, tym młodsze napotyka się masy wybuchowe. Innymi słowy, kalendarz następujących po sobie epok geologicznych jest wyraźnie rozłożony przed oczami badacza w tych miejscach.

Gdy zaczęto analizować ten kobierzec nowymi metodami pod względem jego budowy paleomagnetycznej, odkryto natychmiast i na nim ślady powtarzających się przebiegunowań. Wykazywały one te same odstępy czasowe, które zostały stwierdzone w toku badań skał bazaltowych na powierzchni ziemskiej. Jednakże szczególna budowa owego kobierca powoduje, że ślady powtarzających się zmian biegunów nie znajdują się jedno nad drugim, lecz obok siebie. Gdy się więc wrysuje strefy różnorodnych kierunków magnetyzowania na szkic geologiczny danego rejonu dna morskiego – powstaje istny pasiak.

Była jeszcze druga przyczyna, dla której paleomagnetyczne badania przeprowadzane właśnie na dnie morskim wydawały się szczególnie ciekawe. Istniały wszelkie podstawy do przypuszczeń, że strumień drobnych metalicznych cząstek pyłu pada stale ze Wszechświata na Ziemię. Cząstki te musiały być dostatecznie małe, aby mogły lądować jak gdyby "miętko", w najwyższych warstwach atmosfery ziemskiej nie spalając się, tak jak się to dzieje nieuchronnie ze zwykłymi spadającymi gwiazdami. Z drugiej strony, część tych cząstek prawdopodobnie stanowiły nie spalone resztki większych meteorów. Pomimo metalicznego charakteru musiały one ze względu na swoje mikroskopijne rozmiary opadać w atmosferze powoli w dół jak pył, a zatem dochodziły wreszcie na powierzchnię ziemską w stanie nienaruszonym w odróżnieniu od większych okruchów kosmicznych.



Magnetyczny biegun północny Ziemi nie zawsze był biegunem północnym. W ostatnich 76 milionach lat ziemskie pole magnetyczne przebiegunowało się co najmniej 170 razy. W określonych miejscach dna morskiego, w których od milionów lat stale wylewa się lava, można odczytać ową nieustanną zmianą biegunów jak na kalendarzu.

Naukowcy byli przekonani o istnieniu owego niebiańskiego pyłu, pomimo że nie mogli go ujrzeć. Nie było żadnego powodu, aby zakładać jakąś dolną granicę wielkości meteorytów. A więc istnieć musiał również pył meteorytowy. Poza tym wiadomo było, że liczba obserwowanych meteorów była odwrotnie proporcjonalna do ich wielkości: wielkie meteory były nadzwyczaj rzadkie, im mniejsze, tym częściej występowały. Wszystko więc przemawiało za tym, że domniemany pył meteorytowy występuje w dużej ilości. Z drugiej strony, nie można było udowodnić jego obecności na powierzchni stałego lądu, ponieważ nieprawdopodobna obfitość najróżnorodniejszych minerałów i metali, pojawiających się tutaj w gęstej plątaninie, zdawała się całkowicie wykluczać widoki na identyfikację cząstek pochodzących ze Wszechświata. Uczni byli przekonani, że w trakcie swych mikroskopowych badań gleby zawsze przed oczami mają także cząstki pochodzące ze Wszechświata. Ponieważ jednak owo niebieskie pochodzenie niczym widocznym się nie odznaczało, wyłowienie ich spośród ogromnych ilości zwykłych części składowych pochodzenia ziemskiego – było niemożliwością.

Niemniej już przed stu laty pewien szwedzki uczyony na podstawie takiego rozumowania przeprowadzał doświadczenie, które przejściowo postawiło go chyba w dziwnym świetle wobec otoczenia: mędrzec ów bowiem pewnego dnia zaczął w pobliżu szwedzkiej stolicy zgarniać ogromne ilości świeżo spadającego śniegu i topić go w wielkim kotle. To nieco dziwne jak na poważnego uczonego działanie powtarzał przez kilka dni. Jednakże to, co potem robił, świadczyło, że pomysł nie był zły. Adolf Erik baron von Nordenskjöld, "geo-gnostyk i badacz polarny", zabrał się naprzód do segregowania przy użyciu magnezu, a następnie do badania pod mikroskopem cienkiego pyłowego czarniawego osadu, jaki utworzył się na dnie kolia wskutek kilkudniowego gotowania śniegu. Odkrył przy tym rzeczywiście to, czego oczekiwał: drobne metaliczne ziarenka pyłu o właściwościach magnetycznych. Uczony czym prędzej-wygłosił odczyt, w którym wyjaśnił swoim słuchaczom, że w dziewiczo czystym śniegu znalazł pył metaliczny, który zapewne pochodzi z Kosmosu. Najwidoczniej – tak dowodził – cienki, opadający z wolna w atmosferze pył służył jako jądra krystalizacyjne płatkom śniegowym, które zawierały go po opadnięciu na Ziemię.

Twierdzenie to spotkało się podówczas w Sztokholmie z uprzejmym aplauzem, ogólne nastawienie było jednak sceptyczne. Dzisiaj wiemy, że pan von Nordenskjöld miał całkowicie rację, tylko nie mógł tego jeszcze w tym czasie

udowodnić.

Istnieje zresztą jeszcze dawniejszy ślad tego samego zjawiska. Wielki niemiecki przyrodnik Aleksander von Humboldt w swojej wydanej w 1845 roku książce pod tytułem Kosmos, w której usiłował wyłożyć całą wiedzę swoich czasów na tematy przyrodnicze, wspomina, że pasma chmur cirrus, owych znanych, unoszących się szczególnie wysoko w atmosferze "piórek", ułożone są często równolegle do linii sił ziemskiego pola magnetycznego. Humboldt wspomina tylko o tym zjawisku, nie potrafił go jednak wyjaśnić. Dzisiaj wiemy, że wyjaśnienie sprowadza się do tego samego stanu faktycznego, który dwadzieścia pięć lat później szwedzki badacz wyprowadził ze swego doświadczenia ze śniegiem. Owe chmury cirrusowe składają się z kropelek wody, które również upatrzyły sobie występujący niekiedy tam na górze pył meteoryczny na jądra krystalizacyjne. A że pył ten posiada właściwości magnetyczne, może się zdarzyć, że pasmowa struktura owych chmur odpowiada liniom ziemskiego pola magnetycznego.

To że dzisiaj czujemy się w sprawie tej tak pewni, jest wynikiem pewnego doświadczenia, które przeprowadzono dopiero w roku 1962. 11 sierpnia owego roku nauka uzyskała ostateczne wyjaśnienie tego problemu. Obrana metoda przez swą świadomą celu bezpośredniość i rzeczowość odpowiadała w pełni stylowi naszego wieku techniki: w sam środek "podejrzanej" chmury wystrzelono po prostu raketę, której głowica zawierała aparaturę przeznaczoną do zbierania mikroskopijnych cząstek pyłu. Doświadczenie udało się: po spadochronowym lądowaniu głowicy rakiety znaleziono wielkie ilości metalicznego pyłu na płycie chwytającej. Tym razem nie mogło już być żadnej wątpliwości co do kosmicznego pochodzenia owego pyłu. Nie tylko ze względu na to, że został on pobrany w samej chmurze z górnej warstwy atmosfery, a więc z najbardziej właściwego miejsca – i to oczywiście przy zastosowaniu wszelkich środków ostrożności uniemożliwiających jakiegokolwiek zanieczyszczenie ziemskim pyłem w czasie startu czy też lądowania. Ponadto bowiem badania dokonane nad drobnymi cząstkami wielkości tysięcznych ułamków milimetra – możliwe dzięki współczesnej chemicznej mikroanalizie – wykazały obecność niklu, żelaza, kobaltu i miedzi, typową dla meteorytów żelaznych.

Tymczasem ów pył, którego kosmiczny charakter został więc wreszcie ostatecznie udowodniony, występował również – jak to wykazały od dawna badania głębokomorskie – w mułowych osadach, pokrywających kilkusetmetrowymi pokładami niektóre miejsca dna oceanicznego. W odróżnieniu od warunków panujących na powierzchni kontynentów – w stosunkowo czystych osadach morskich nie tak trudno go odnaleźć. Bardzo ciekawe mogły się więc okazać badania paleomagnetyczne przeprowadzane tym razem nad takimi cząstkami pyłu. W związku z nimi wyłoniła się bowiem możliwość przebadania dotychczasowych wyników przy użyciu metody posługującej się całkowicie odmienną zasadą. Do tej pory ustalano przecież kierunek namagnetyzowania

minerałów zawierających żelazo w skałach wulkanicznych.

Właściwie to w przypadku pyłu kosmicznego sprawa ma się wręcz odwrotnie. Dochodzi on do atmosfery ziemskiej posiadając już właściwości magnetyczne. Nie traci ich, gdyż ze względu na jego mikroskopijną cienkość hamowanie go w atmosferze przebiega tak łagodnie, że nie następuje ogrzanie aż do temperatury krytycznej.

W trakcie opadania w powietrzu wszystkie te małe cząstki pyłu naturalnie dowolnie kłębią się i mieszają. Prądy powietrzne oddziałujące na ich nieregularną postać nie dopuszczają do zorientowania się w jakimś określonym kierunku. Sytuacja ta jednak natychmiast ulega zmianie, z chwilą gdy owe cząstki kosmiczne dalej opadają w wodzie. Już na głębokości kilkudziesięciu metrów pod powierzchnią oceanów panuje spokój, abstrahując oczywiście od stałych wielkich prądów występujących i tutaj, ale które w tym wypadku nie mają charakteru czynnika zakłócającego.

Od tej chwili więc małe metaliczne odpryski opadają bardzo wolno w dół poprzez warstwę wody grubości kilkuset czy też kilku tysięcy metrów, dopóki nie znieruchomią ostatecznie na morskim dnie. W czasie tej ostatniej fazy ich dalekiej podróży istnieje już tylko jedna jedyna siła zewnętrzna wpływająca na nie podczas ich drogi w dół: jest nią ziemskie pole magnetyczne. Ponieważ jednak same są magnetyczne, zaczynają więc teraz, gdy już żadne zewnętrzne wpływy na nie nie działają, z wolna i precyzyjnie oscylując, ustawiać się zgodnie z kierunkiem północ – południe. Zanim osiągną morskie dno – wszystkie już przybrały ten kierunek. W błotniste podłoże morza wtapiają się więc miriady mikroskopijnych igieł magnetycznych, a wszystkie one dokładnie wskazują w kierunku magnetycznej, go bieguna pomocnego.

Deszcz ów spływa nieprzerwanie od setek milionów lat. Na podstawie koncentracji metalicznego pyłu w głębokomorskim mule można obliczyć, że dziennie na Ziemię spada wiele tysięcy ton meteorytowego materiału. (Zresztą pan von Nordenskjöld już sto lat temu doszedł praktycznie do tej samej liczby na podstawie swego tak pozornie prymitywnego doświadczenia ze śniegiem.) Kosmiczne igły magnetyczne rozdzielają się więc całkowicie równomiernie na wszystkie następujące po sobie w czasie warstwy osadowe, od tych z okresu najdawniejszej historii Ziemi aż po współczesne. Głębokomorskie warstwy osadowe narastają bądź co bądź w tempie dającym kilka milimetrów do centymetrów w okresie jednego tysiąca lat. Brzmi to może bardzo skromnie, ale gdy się to przeliczy na całkowicie geologicznie poręczną jednostkę miliona lat – grubość warstwy osadowej wynosi dla takiego okresu 5 do 50 metrów. Jest to więc dystans, w którym – od dołu do góry – koncentruje się kromka osadowa jednego miliona lat.

Skoro tylko powstały odpowiednie warunki techniczne, naukowcy natychmiast zaczęli swoje paleontologiczne wyniki, uzyskiwane dotychczas wyłącznie ze skał

wulkanicznych, sprawdzać przez badanie kosmicznych igieł magnetycznych. Ku ich ogromnemu zadowoleniu rezultaty obu metod bezspornie się pokrywały. Uzyskano przede wszystkim całkowite potwierdzenie liczby i odstępów czasowych między zmianami biegunów; im dalej zresztą badania sięgały w przeszłość, tym więcej odkrywano tych zmian. W tym zakresie więc pył kosmiczny głębokomorskiego dna nie ujawnił w zasadzie niczego nowego.

Niespodzianka miała zaskoczyć naukę z zupełnie innej strony. Źródłem jej stała się pewna szczególna właściwość składu głębokomorskich warstw osadowych. Różnią się one bowiem w sposób bardzo istotny od skał bazaltowych pochodzenia wulkanicznego, nad którymi do tej pory wyłącznie przeprowadzali swoje badania geofizycy i paleontolodzy. Każdemu wiadomo, że skały magmowe są materiałem wyżarzonym, a więc martwym. Tymczasem osady denne oceanów składają się w znacznym stopniu, w niektórych miejscach nawet całkowicie z materiału organicznego, a mianowicie niemal wyłącznie ze szczątków owych niezliczonych istot żywych, umierających, a następnie opadających w dół w ciągu tysięcy i milionów lat w wielokilometrowym słupie wody nad badanym rejonem morskich głębin. A oznacza to, że w obrębie rdzenia wiertniczego pochodzącego z takiego rejonu stwierdzić można nie tylko (na podstawie pyłu meteorytowego) moment zmiany biegunów, w przypadku gdy czas tej zmiany zbiegł się z osadzaniem wierczonej warstwy, ale że w tym samym, dającym się dokładnie określić miejscu rdzenia wiertniczego znaleźć można również szczątki istot żywych, które w chwili zmiany biegunów zasiedlały ocean.

Badacze głębin morskich natychmiast rozpoznali jedyną w swoim rodzaju możliwość, jaka się przed nimi otworzyła. Więcej mieli szczęścia od swoich kolegów paleontologów, którzy od lat usiłowali teoretycznymi argumentami rozstrzygnąć spór o biologiczne znaczeni okresów zanikania pola magnetycznego. Tu wyłoniła się nagle szansa bezpośredniego sprawdzenia całego problemu. Należało tylko porównać ślady zwierząt w warstwach osadowych nad linią wytyczoną skokiem bieguna ze śladami znajdującymi się poniżej tej granicy. Poniżej owej linii (to znaczy w starszej warstwie tego samego osadu) znajdowała się informacja o obsadzie organizmów z czasu poprzedzającego okres zanikania pola magnetycznego, a ponad tą samą linią tkwiły wiadomości o organizmach żyjących w dokładnie tym samym rejonie morza po wydarzeniu przebiegunowania. Aby móc rozstrzygnąć, czy zmiany biegunów wywarły wpływ na przebieg ewolucji, wystarczało więc właściwie porównać ze sobą populacje należące do fauny dwu epok. Gdyby między obiema warstwami nie występowała żadna poważniejsza różnica w tym zakresie, oznaczałoby to, że zmiana biegunów nie wywarła żadnego wpływu. Gdyby natomiast zauważono wyraźne rozbieżności – byłby to naturalnie ważki argument dla stronników "teorii katastrof". Wydawało się więc, że sprawa jest nadzwyczaj prosta.

W rzeczywistości naturalnie łatwiej to było powiedzieć niż zrobić. Gdy bowiem szczątki organizmów zamieszkujących morza koncentrują się i zbijają w ciągu miliona lat na pięćdziesięciometrową warstwę osadu – doprawdy niełatwo jest jeszcze odnajdywać w nim czytelne ślady. Większość owych zwierząt dawno już uległa rozkładowi i rozpadła się na części. Jednakże istniał jeden rodzaj zwierząt, co do którego można było żywić nadzieję, że szczątki jego dadzą się wysledzić i zidentyfikować nawet w "spieczonych" osadach dna morskiego na kilku kilometrach głębokości: były nim promienieć, czyli radiolarie (zob. ilustracje 12 i 13). Są to mikroskopijnie małe jednokomórkowce, których odmienność na tym polega, że tworzą pancerze krzemionkowe. A przy tym nie są to zwykłe skorupki czy też klamry, jakimi skorupiaki lub ślimaki chronią swoje miękkie części ciała. Promienice dawno już zwróciły uwagę biologów po prostu z przyczyn estetycznych, gdyż różnaitość kształtów i wdzięk ich szkielecików ochronnych są uderzające. Jednym z uczonych, który z tej przyczyny stale powracał do badań tej gołym okiem niewidocznej gromady zwierząt o niespotykanej piękności, był wielki przyrodnik Ernest Haeckel. Ilustracje 12 i 13 pozwalają zrozumieć estetyczną fascynację urodą tych mikroskopijnych istot, normalnie ukrytą przed naszym wzrokiem.

Dla interesującego nas zagadnienia właśnie owo bogactwo kształtów ma jeszcze bardzo znamienne znaczenie praktyczne. Pomimo wszelkiej różnorodności można między pancerzami promienieć rozróżnić w pojedynczych przypadkach określone grupy: kule, twory o kształcie hełmów, postacie cylindryczne, gwiazdy, włócznie – i tym podobne poszczególne typy, jakiegokolwiek porównania chcielibyśmy użyć do ich określenia. Według takiej charakterystyki podzielić można promienieć na różne gatunki i podgatunki. Ponieważ ich krzemionkowe pancerzyki nie rozkładają się, istnieje możliwość – nawet jeszcze po bardzo długim czasie – określenia przy użyciu mikroskopu względnego udziału liczebnego rozmaitych podgatunków w danej epoce przez porównawcze wyliczenie rozmaitych typów szkieletów. A że ponadto promienice – jak chyba większość jednokomórkowców – są szczególnie dawną grupą zwierzęcą, badania te można prowadzić w odniesieniu do bardzo odległych czasów. Naturalnie że drobne twory krzemionkowe w zbitej substancji podwodnego osadu spieczone są nieraz ze sobą do stanu zakrzepłej na kamień twardej masy. Pomimo to udaje się przy użyciu specjalnych technik preparacyjnych, cienkich mikroskopowych szlifów, procesów wytrawiania i tym podobnych sposobów rozróżnić pomiędzy sobą i wyodrębnić nawet tak skamieniałe formy.

Otóż Glass i Heezen postanowili wykorzystać tę metodę, aby się wreszcie dowiedzieć, czy występujące przy każdej zmianie biegunów przerwy bezmagnetyczne oddziaływały na bieg ewolucji czy też nie. Naukowcy krytycznie odnoszący się do tej metody odradzali im w ogóle dokonywania tego eksperymentu. Przedkładali obu oceanologiom argument rzeczywiście bardzo zniechęcający. Twierdzili bowiem, że nawet gdyby przejściowy zanik pola

magnetycznego pociągał za sobą jak najbardziej decydujące skutki pod względem biologicznym, to dałyby się one może w jakiś sposób stwierdzić wszędzie indziej na Ziemi, ale na pewno nie akurat w głębinach oceanów. Przecież wątpliwości co do tego, czy zanikanie pola magnetycznego mogło oddziaływać na ziemskie życie, opierały się na fakcie, że zawsze jeszcze w owych okresach jako poduszka ochronna pozostawała ziemska powłoka powietrzna, która według wszelkiego prawdopodobieństwa prawie całkowicie przechwytywała wiatr słoneczny. A nawet jeśliby dostateczna ilość protonów miała pomimo to dotrzeć od Słońca aż do powierzchni ziemskiej, aby tutaj rozwinąć swe biologiczne działanie, to w żadnym razie już nie mogłoby to dotyczyć dna morskiego. Jeżeli już sama gęstość atmosfery stawiała w ogóle pod znakiem zapytania możliwość przeniknięcia jakiejś poważniejszej liczby cząstek wiatru słonecznego do powierzchni Ziemi, musiało się to w znacznie większym stopniu odnosić do roli osłony, jaką odgrywają masy wodne położone nad dnem morskich głębi. Innymi słowy, było ich zdaniem z góry całkowicie wykluczone, aby nawet jedna jedyna cząstka Słońca mogła przemknąć warstwy wody kilkukilometrowej grubości, pokrywające osady, które Glass i Heezen pragnęli przebadać.

Rzeczywiście trudno do tej argumentacji wnieść jakiegokolwiek zastrzeżenie, wydawała się bezsporna. Wielkie to szczęście, że obaj badacze oceanów pomimo to przeprowadzili swoje doświadczenie, a do małych cudów można zaliczyć fakt, że przyznano im na ten cel pieniądze których potrzebowali, mimo że wobec takich argumentów całe przedsięwzięcie wydawało się pozbawione sensu, zanim się jeszcze rozpoczęło. A wreszcie nieprawdopodobnie wprost szczęśliwym przypadkiem było to, że decydujące wiercenia głębokomorskie zostały przeprowadzone właśnie w Oceanie Indyjskim; powód tego zrozumiemy później.

Na podstawie badań dokonywanych na lądach przez geofizyków Glass i Heezen wiedzieli, że od czasu ostatniego przebiegunowania upłynęło mniej więcej 700 000 lat. Od tej pory ziemski biegun północny położony jest w miejscu, które uważamy dlań za właściwe. Przed około 700 000 lat musiała zatem istnieć – jak dotąd po raz ostatni – epoka, w czasie której przez co najmniej jeden tysiąc, a może i więcej tysięcy lat wiatr słoneczny mógł uderzać niepoohamowanie w atmosferę ziemską i produkować dodatkowe izotopy jako "produkty trafienia". Poprzednia zmiana biegunów odbyła się mniej więcej milion lat przedtem, terminy następujących kolejno przebiegunowań określić można na 1,8 miliona, 2 miliony, 2,6 miliona, 2,9 miliona, 3,2 miliona i 3,5 miliona lat wstecz. Dla ekspedycji wybrano Ocean Indyjski między innymi dlatego, że grubości warstw osadów głębokomorskich w wielu miejscach są w nim szczególnie małe. Zresztą bez względu na przyczyny, tu właśnie złoża z biegiem czasów osadziły i skompresowały się szczególnie mocno.

Stan ten dawał tę olbrzymią korzyść, że każdy tutaj wydobyty rdzeń wiertniczy

zawierał od razu więcej warstw pochodzących z epok geologicznych, w których nastąpiły zmiany biegunów. Podczas gdy gdzie indziej – jak mówiliśmy – 1 milion lat odpowiada średniej grubości warstwy około 5 do 50 metrów, w Oceanie Indyjskim można było uzyskać rdzenie o długości 8 metrów w jednym kawałku, zawierające osady pochodzące z okresu 4 milionów lat łącznie. A w tym okresie doszło nie mniej niż osiem razy do zmiany kierunku biegunów. Dwaj Amerykanie mogli więc w każdym z wydobytych rdzeni poszukiwać oczekiwanych biologicznych konsekwencji tych wydarzeń w ośmiu różnych miejscach naraz.

Od razu też odnieśli sukces. Poszukiwania, które zrazu wydawały się teoretycznie beznadziejne – w praktyce wyglądały zupełnie inaczej. Nieco poniżej i nieco powyżej każdej z owych warstw, w których zamknięte w rdzeniach wiertniczych meteorytowe igły magnetyczne sygnalizowały odwrócenie się biegunów – zawarte w osadzie mikroskopijne wykopaliska zostały określone i obliczone (były to przeważnie radiolarie, ponadto jednak również i kilka innych gatunków bezkręgowych mieszkańców morza utrwalonych w osadzie). Rezultat wywołał sensację.

Najwyraźniej okazało się, że los co najmniej dwunastu całych gatunków w mniejszym bądź większym stopniu związany był z zachowaniem się ziemskiej osłony magnetycznej. Szczególnie godny uwagi był fakt, że nie dotyczyło to wyłącznie zanikania tych gatunków. W kilku przypadkach ujawniła się właśnie w sposób przekonywający zbieżność pomiędzy nagłym pojawieniem się nowego gatunku a zmianą biegunów. Wszystkie gatunki miały za sobą przetrwanie co najmniej dwóch, a większość pięciu albo i więcej zmian biegunów, aż potem, często znowu dokładnie w okresie ponownego zaniku osłony magnetycznej, znikaly z osadu równie raptownie, jak się były pojawiły.

Dla krytycznego przyrodnika odkrycie to może jeszcze zawsze nie będzie stanowiło ostatecznego i bezspornego dowodu. Ale nawet najbardziej sceptyczny będzie musiał uznać, że jest ono wstrząsające i przyznać, że od razu odstąpiło znacznie więcej, aniżeli ktokolwiek, nie wyłączając samych Glassa i Heezena, mógł oczekiwać.

Jakie można znaleźć wyjaśnienie tego sukcesu, który zdaje się sprzeczny z podanymi poprzednio argumentami o praktycznie absolutnie nieprzenikalnej osłonie tak potężnych warstw wodnych?

Dwaj amerykańscy badacze oceanów nie udzielają nam tego wyjaśnienia. Ograniczają się do stwierdzenia: "Jakkolwiek chciałoby się sprawą tłumaczyć, w tej chwili jest już pewne, że powiązanie pomiędzy kryzysami ewolucji a magnetycznymi przebiegunowaniami zostało po raz pierwszy udowodnione na podstawie skamieniałych organizmów morskich." Rozwiązanie prawdopodobnie polega na tym, że zapewne i w tym przypadku kryzysy ewolucyjne nie zostały wywołane samymi cząstkami wiatru słonecznego, lecz dodatkowo wytwarzanymi przez nie w atmosferze izotopami radioaktywnymi. W jaki sposób ^{14}C i inne

izotopy dotarły potem do dalekich rejonów morskich głębin – tego nie potrafimy dzisiaj jeszcze podać. Prawdopodobnie stało się to w drodze łańcucha pokarmowego, który jak opisaliśmy na samym początku, niewątpliwie sięga aż do najgłębszych części oceanów.

Zmiany biegunów, występujące nagłe i w nie dających się przewidzieć odstępach czasu, stają się więc za każdym razem sygnałem rozpoczęcia nowego rozdziału historii życia na Ziemi. Widowisko roztaczające się w ciągu takiego okresu przed oczami kosmicznego obserwatora może się więc rzeczywiście w dużych zarysach równać obrazowi, jaki naszkicowaliśmy w jednym z poprzednich rozdziałów. Kto wie, czy nie wolno się nam nawet posunąć do stwierdzenia, że czas ustanowiony dla rozwoju od jednokomórkowca do człowieka może w rzeczywistości nie byłby wystarczający, gdyby nie to, że ów kosmiczny mechanizm raz po raz wkraczał w rozwój tego przebiegu. Przy tym – jak to już omawialiśmy – nie w tym rzecz, że przyśpieszał on po prostu ewolucję, ale że powodował zdecydowane skoki rozwojowe realizujące nowe zgoła możliwości życia. Powiedzmy sobie wyraźnie, że nie byłoby nas, że nigdy nie bylibyśmy stali się tym, czym jesteśmy i czym w przyszłości będziemy, gdyby tam daleko poza nami, w otaczającym Ziemię Wszechświecie, nie było owej niewidocznej olbrzymiej kuli i jej niesamowitego tętnienia w rytmie setek tysięcy lat.

Nie wolno nam także pominąć tego, że magnetyczne uderzenie pulsarów sprzed 700 000 lat na pewno nie było definitywnie ostatnim. Im dalej geofizycy sięgają w przeszłość historii skamieniałego magnetyzmu, tym większa jest liczba udowodnionych zmian biegunów. W ciągu ostatnich 76 milionów lat było ich dosłownie co najmniej sto siedemdziesiąt. Nie ma żadnego powodu przypuszczać, że rytm ten urwie się właśnie w naszej epoce. Przeciwnie, wszystko przemawia za tym, że w przyszłości nadal następować będą przebiegunowania, jedno po drugim. Naturalnie jest bardzo możliwe, że kolejne tego rodzaju globalne zdarzenie nastąpi w tak odległej przyszłości, że nie będzie już dotyczyło ludzkości, która wtedy z całkowicie innych przyczyn i tak już nie będzie istniała. Ale nie jest to wcale pewne, a prawdopodobieństwo nawet przeciwko temu przemawia.

Radzieccy uczeni bowiem statystycznie obliczyli średnie odstępy czasu, jaki upłynął pomiędzy wszystkimi dotąd stwierdzonymi zmianami biegunów i doszli do przekonania, że odstępy te w trakcie dziejów Ziemi – z przyczyn dotąd nie znanych – coraz bardziej maleją. Podczas gdy przed 500 milionami lat wynosiły one jeszcze 10 do 20 milionów lat, przed 200 milionami lat – spadły do średnio 1 miliona. W czasie ostatnich 20 milionów lat – przeciętna przerwa trwała już tylko jakieś 250 000 lat, a w poszczególnych przypadkach stwierdzono odstępy pomiędzy dwoma przebiegunowaniami trwające już tylko 10 000 lat. Glass i Heezen w świetle owych badań swych radzieckich kolegów oświadczają lakonicznie: "Wydaje się, że następna zmiana biegunów przypadnie niebawem."

Nikt nie może wiedzieć, co się wówczas będzie działo. Możemy się tylko zadumać nad oceną konsekwencji takiego wydarzenia dla nas, dla gatunku "człowiek", od tak dawna optymalnie dostosowanego do życia na tej planecie i stąd panującego na niej z nie podważoną przez nic wyższością.

Pragniemy tutaj przynajmniej krótko wymienić jeszcze inny punkt widzenia: jest nim historyczny charakter i wynikająca zeń absolutna jednorazowość wszystkich istniejących na Ziemi form życia z człowiekiem włącznie. Gdyby historia miała się raz jeszcze rozpocząć od swego pierwszego dnia – po upływie 3 czy 4 miliardów lat rezultat byłby na pewno całkowicie odmienny. Nawet gdyby to była ta sama Ziemia i gdyby wszystkie niezliczone warunki wyjściowe były dokładnie takie same – nigdy nie moglibyśmy byli powstać od nowa takimi, jakimi jesteśmy dzisiaj, podobnie jak żadna inna z niezliczonych form życia. Po prostu liczba przypadków jest na to o wiele za duża, liczba jednorazowych historycznych kombinacji czynników, które w każdym momencie owej historii decydowały o tym, że ta czy inna z niewyobrażalnie wielu możliwości dalszego rozwoju została urzeczywistniona. Mówiłem już o tym, że spośród ogółu wszystkich możliwości, jakimi dysponowało życie na Ziemi w okresie swoich początków, zrealizowany został w ogóle zaledwie niewidocznie mały, najdrobniejszy ułamek.

Jako jedyny przykład weźmy tylko neandertalczyka, owego konkurenta naszych własnych przodków, którego oni wytępili przed jakimiś 30000 czy 40000 lat. Wielu naukowców, dzisiaj sądzi, że nasi protoplasci od niego właśnie nauczyli się i przejęli istotne techniczne odkrycia, takie jak niecenie ognia, wytwarzanie narzędzi kamiennych, malowidła ściennie, pochówki zmarłych, a może nawet niektóre podstawowe poglądy religijne. Cóż to było za stworzenie, ów neandertalczyk, posiadający mózg znacznie większy aniżeli mózg konkurującego z nim przodka dzisiejszego człowieka; neandertalczyk, który swym poziomem kulturowym zdecydowanie górował nad swoimi współczesnymi, a przy tym, jak świadczy budowa jego dolnej szczęki, nie mówił? W związku z tym niektórzy badacze na podstawie niezwyklej wielkości mózgu tego naszego wymarłego konkurenta, poważnie rozważali możliwość tego, że neandertalczyk mógł rozwinąć zupełnie inne sposoby porozumiewania się – może nawet przenoszenie myśli. Nie dowiemy się tego nigdy. Neandertalczyk jest jedną z wielu niezliczonych możliwości, które na naszej planecie nie zostały doprowadzone do końca. Nigdy nie będziemy wiedzieć, jak tym swoim zupełnie odmiennym mózgiem przeżywał on nasz świat, a coż dopiero jak byłby go ukształtował.

KOSMICZNY «STRZAŁ W DZIESIĄTKĘ»

**GIGANTYCZNA HUTA SZKŁA • KOLIZJA Z OLBRZYMIMI
OKRUCHAMI • PRĄDNICA ZIEMSKA WYPADA Z TAKTU •
ZADRŻY ZIEMIA**

Glass i Heezen w swych rdzeniach wiertniczych odnaleźli nie tylko to, co z góry spodziewali się zastać. Poza szkieletami radiolarii i pyłem kosmicznym natrafili również na drobne jak gdyby szkliste cząstki. Pod mikroskopem-wyglądały one jak oszlifowane odpryski szkła, nieprzezroczyste i czaniawozielone. Niektóre miały kształt kropli, inne przypominały maleńkie guziczki, jeszcze inne były oszlifowane prawie na okrągło. Najciekawszą sprawą w związku z nieoczekiwanym ujawnieniem tych szklistych cząstek pyłu było ich rozmieszczenie. Znajdowały się bowiem we wszystkich rdzeniach wydobytych z dna Oceanu Indyjskiego, ale wyłącznie w jednej jedynej warstwie tych kilkumetrowych rdzeni, dokładnie w miejscu, którego wiek odpowiadał ostatniemu przebiegunowaniu sprzed 700 000 lat.

Zrazu powiązanie to było całkowicie niezrozumiałe, tak jak pochodzenie samych szklistych cząstek. Jednakże ich jedyny w swoim rodzaju kształt natychmiast naprowadził badaczy na właściwy trop. Mineralogowie bowiem od dawna już znali tego rodzaju charakterystycznie ukształtowane kamyki szkliste, wprawdzie nie w tym miniaturowym wydaniu, ale w formie pomiędzy wielkością ziarna żwiru a gołębiego jaja, a mianowicie pod nazwą "tektytów". Mikroskopijnie małe szkliste kropelki i perełki wyglądały dokładnie tak samo, były tylko tysiącrotnie mniejsze. Skład ich także był identyczny ze składem dawno znanych tektytów, nie było więc żadnej wątpliwości, że musiały one powstać w taki sam sposób. Stąd otrzymały nazwę "mikrotektyty".

Gdy więc w ten sposób udało się zidentyfikować szkliste kuleczki pyłu pod względem mineralogicznym, ich rzucająca się w oczy koncentracja w warstwie próbki dna sprzed akurat 700 000 lat natychmiast nabrała zupełnie szczególnego znaczenia. Z tektytami bowiem wiąże się pewna znamienna okoliczność. Od kilku lat uczeni są zgodni co do tego, że owe dziwaczne szkliste kamyki są produktem kolizji Ziemi z kosmicznymi okruchami, a więc meteorami o bardzo znacznych rozmiarach.

Długo trwało, zanim odkryto takie powiązanie. Zresztą dopiero w ostatnich latach uzyskano definitywne dowody. Do tej pory "zagadka tektytów" była przedmiotem zainteresowania mineralogów przez prawie dwieście lat. Najślynniejsze były występujące w Europie mołdawity, nazwane tak według miejsca, w którym je odnajdywano, w dolinie Wełtawy (po niemiecku: Moldau) w Czechach. Dzięki swej szklistości były one od lat używane w tamtejszej okolicy jako kamienie

ozdobne. Ale właśnie owa szklistość stanowiła największą łamigłówkę dla mineralogów, gdyż wynikało stąd niezbicie, że mołdawity musiały być produktem stopienia. Z tego zaś należałoby wnioskować o ich pochodzeniu wulkanicznym. Tymczasem wszyscy geologowie byli zgodni co do tego, że na terenach czeskich rejonów znaleziskowych nigdy od zamierzonych czasów nie było żadnych wulkanów, W tej kłopotliwej sytuacji powstał nawet pomysł, że kiedyś w dawnych wiekach stała tu może wielka huta szkła i że mołdawity mogłyby być szlifowanymi odpadkami butelek potłuczonych w toku produkcji. Na początku ubiegłego stulecia zadomowiła się nawet stąd dla mołdawitów przejściowo nazwa "kamyków butelkowych". Jednakże niepokojące było, że taka huta szkła nie była wymieniona w żadnym dokumencie historycznym, a musiałyby przecież mieć potężne rozmiary, skoro dziwne zielonkawe kamienie były rozsypane po terenie znaleziskowym na obszarze bądź co bądź wieluset metrów kwadratowych.

W połowie ubiegłego wieku nagle nadeszła wiadomość o znalezieniu zupełnie podobnie ukształtowanych kamieni w różnych innych rejonach Ziemi. Pewien francuski geolog przywiózł je z Indochin. Wkrótce potem Karol Darwin w czasie swej słynnej podróży dookoła świata odkrył je w Australii. Nastąpiły meldunki o odnalezieniu ich w Indiach Holenderskich i na Filipinach. Z początku nazywano kamienie według miejsc ich znalezienia, mówiono więc o indochinitach, filipinitach (po polsku: rizalitach), australitach itd. Gdy jednak liczba miejsc znaleziskowych w Południowo-Wschodniej Azji coraz to wzrastała, a przede wszystkim gdy się okazało, że wszystkie kamienie, bez względu na to, czy pochodziły z Europy, czy też z Azji Południowej, miały identyczny skład chemiczny i mineralogiczny, wprowadzono wreszcie na przełomie wieków dla wszystkich, łącznie z mołdawitami, wspólną nazwę "tektyty".

W ciągu naszego stulecia odkryto jeszcze dwa dalsze tereny znaleziskowe, a mianowicie w Zachodniej Afryce – w pobliżu Wybrzeża Kości Słoniowej – i w Teksasie. Wszędzie występował ten sam problem: w każdym przypadku były to kamienie jak gdyby z wytopu szklarskiego, a na żadnym z terenów znaleziskowych nie było najmniejszych geologicznych śladów istnienia jakiegokolwiek aktywności wulkanicznej.

Krokiem do rozwiązania zagadki był w roku 1959 pomysł zachodnioniemieckiego fizyka Wolfganga Gentnera, kierownika Instytutu Fizyki Jądrowej im. Maksa Plancka w Heidelbergu, zbadania metodą izotopową wieku tektytów z najróżniejszych stron Ziemi. Wraz ze swymi współpracownikami dokonał wówczas zdumiewającego odkrycia. Bez względu na to, ile zagadkowych kamieni zbadano – zawsze w wyniku otrzymano tylko te same cztery liczby, w zależności od tego, z jakiego właśnie rejonu Ziemi pochodził badany kamień. Wszystkie tektyty z Australii i z Azji Południowej – obojętne czy pochodziły z Indochin, z Filipin, Borneo czy też z Jawy – liczyły sobie 700000 lat. Tektyty zachodnioafrykańskie wykazywały wiek około miliona lat. Wszystkie mołdawity

miały 14,6 miliona lat. Najstarsze były kamienie z Teksasu, których wiek obliczono na nieco ponad 34 miliony lat. Żadne inne liczby lat nie występowały. Wiek każdego badanego kamienia odpowiadał jednej z tych czterech grup.

Nie ulegało tym samym wątpliwości, że wszystkie tektyty odnalezione do tej pory na Ziemi należały do czterech zamkniętych w sobie zespołów. Jednakowy wiek w obrębie tych zespołów pozwala na jedną tylko interpretację, a mianowicie, że wszystkie tektyty jednej grupy musiały powstać jednocześnie w czasie poprzedzającym ich wiek, i to wskutek jakichś wydarzeń, które w dotychczasowej historii Ziemi musiały widocznie zajść co najmniej cztery razy. Cóż to były za "wydarzenia"? Musiały to być bardzo potężne procesy, skoro podczas ostatniego z nich cała ogromna przestrzeń od południowego krańca Australii aż po chiński ląd została obsypana niezliczoną ilością obtopionych szklistych kamyków.

Gentner i jego współpracownicy znaleźli odpowiedź i na to pytanie. Wobec rozmiaru procesów koniecznych do jednoczesnego wytworzenia tak ogromnej liczby tektytów, wielu badaczy wysunęło przypuszczenie, że mamy tu do czynienia z obtopionymi odpryskami olbrzymich meteorów, z którymi Ziemia zderzyła się w owych określonych terminach. Gdy się patrzy na Księżyc, można sobie obrazowo przedstawić rozmiar okruchów, jakie prawdopodobnie błędzą w Kosmosie, i skutki, jakie pociągnąć musi za sobą zderzenie się ciała niebieskiego z jednym z nich. Ponieważ Ziemia jest znacznie większa od Księżyca, stanowi ona większą odeń tarczę celowniczą w przestworzach; musiała zatem w czasie swoich dziejów być odpowiednio częściej trafiana aniżeli jej satelita. (Natomiast większa siła przyciągania Ziemi praktycznie nie odgrywa tu żadnej roli. Meteoryty bowiem ściśle biorąc wcale nie "spadają" na Ziemię, w grę wchodzi tu raczej bezpośrednie, mniej lub bardziej frontalne zderzenia pomiędzy dwoma lecącymi po kosmicznych torach ciałami niebieskimi – Ziemią i danym meteorem.) Jeżeli Ziemia nie jest mimo to tak usiana kraterami jak Księżyc, to dzieje się tak dlatego, że nawet dosyć wielkie meteory przy wejściu w atmosferę ziemską z reguły pod wpływem wysokiej temperatury tarcia wybuchają i rozpraszają się w postaci nieszkodliwych kawałków. Jednakże w bardzo rzadkich przypadkach, w odstępach setek tysięcy czy milionów lat, Ziemia na swoim torze widocznie także kiedyś napotyka jeden z owych kosmicznych olbrzymich okruchów, które nie rozpraszają się całkowicie w atmosferze i których pozostałości uderzają w powierzchnię ziemską z impetem wynikającym z kosmicznych prędkości ciał niebieskich uczestniczących w wydarzeniu.

Ale i te kratery z biegiem czasu bywają wymazane z rzeźby powierzchni ziemskiej, gdyż tutaj – w odróżnieniu od Księżyca – wiatry i burze stopniowo ścierają wał krateru i wyrównują zagłębienie w centrum uderzenia. W przypadku dużych kraterów musi jednak upłynąć wiele milionów lat, aby to mogło nastąpić. Stąd mogły powstać szanse udowodnienia hipotezy o meteorytowym

pochodzeniu czterech odkrytych grup tektytów dzięki przeszukaniu okolicy terenów znaleziskowych, co pozwoliłoby odkryć takie struktury w skorupie ziemskiej, jakie mogłyby okazać się pozostałościami odpowiednio wielkich kraterów poudarzeniowych.

Na tym etapie heidelberscy fizycy pomyśleli o terenie krasowym w pobliżu Nordlingen (Nordlinger Ries) – płaskiej niecce o kształcie prawie kolistym i średnicy dwudziestu kilometrów pomiędzy Jurą Frankońską a Szwabską (ilustracja 11). Owa jedyna w swoim rodzaju formacja geologiczna była również wielką zagadką dla naukowców zajmujących się historią Ziemi, stanowiła bowiem całkowicie obcy wręt w strukturze geologicznej jej otoczenia. Zresztą na obszarach położonych w kierunku na Ulm i Augsburg, a więc około 100 kilometrów na południe, a także w innych kierunkach geograficznych – już w latach dwudziestych znajdowano okruchy skał, które sądząc po ich składzie mineralogicznym i chemicznym musiały pochodzić z terenu krasowego. Czyżby owa niecka, w której obecnie położone jest miasteczko Nordlingen, kiedyś była otworem krateru ogromnego wulkanu? Na poparcie takiej teorii służyć mogły szkliste stopione masy znajdujące się u stóp skał otaczających pierścieniem nieckę na podobieństwo brzegu krateru. Jednakże w rzeczywistości geologowie dobrze wiedzieli, że wyjaśnienie to nie może być zgodne z prawdą, gdyż skały krasowego kotła nie są pochodzenia wulkanicznego.

Kras spod Nordlingen położony jest w odległości mniej więcej 300 kilometrów na zachód od obszaru znajdowania mołdawitów. Pomimo to fizycy z Heidelbergu w roku 1962 podjęli próbę określenia wieku szklistych tworów w krasie. Zdumiewającym rezultatem było stwierdzenie, że wszystkie znalezione tu odłamki liczyły sobie dokładnie 14,6 miliona lat. Badane próbki pochodzące z krasu wykazywały więc zupełnie ten sam wiek co tektyty odkryte w Czechach w odległości 300 kilometrów. Tym samym łańcuch dowodowy został definitywnie zamknięty.

Prowadzone po tym odkryciu badania geologiczne na terenie krasowym wykazały ponadto rozległe strefy odłamków oraz ślady nagłego rozgrzania do wysokich temperatur materiału stanowiącego podłoże niecki. Stąd obecnie żadnych już nie może być wątpliwości, że w miejsce to przed z górą 14 milionami lat uderzył olbrzymi meteor. Okruch kosmiczny musiał mieć średnicę około jednego kilometra. Potworny żar wytworzony przez jego nagłe zahamowanie na ziemskiej skorupie wyzwolił wybuch, którego energia odpowiadała kilkuset bombom wodorowym. Odpryski stopionych skał poleciały aż do Czech, gdzie w odległości 300 kilometrów w kierunku wschodnim odnajduje się je dzisiaj pod postacią mołdawitów, których pochodzenie zostało tym samym ostatecznie wyjaśnione.

Istnieje również przekonujące wyjaśnienie faktu, że kamienie owe nie rozleciały się na wszystkie strony świata, lecz skoncentrowane są na terenie

czeskich miejsc znaleziskowych w stosunkowo ograniczonym rejonie. Gdy taki skalny okruh grubości jednego kilometra pędzi poprzez

atmosferę skośnie na powierzchnię ziemską z kosmiczną prędkością, to znaczy 20 czy 30 kilometrów na sekundę, wówczas w jego "kilwaterze" przejściowo z przyczyn aerodynamicznych powstaje bezpowietrzny kanał. Kanał ów musiał przy tym procesie zadziałać jak potężny odkurzacz, który wciągnął w siebie rozgrzany do stanu ciekłego materiał z miejsca uderzenia. Innymi słowy, duża część stopionych minerałów wytrysnęła podówczas ukośnie w niebo, niczym do białości rozżarzona fontanna, aby ogromnym łukiem uderzyć z powrotem na powierzchnię ziemską dopiero w odległości 300 kilometrów na wschód.

Zachęceni sukcesem, Gentner i jego współpracownicy zabrali się tymczasem do szperania w kraterze poudereniowym przynależnym do zachodnioafrykańskich tektytów. Jest nim koliste jezioro Bosumtwi w Ghanie, które w toku ukierunkowanych badań okazało się wypełnionym wodą zagłębieniem po trafieniu meteorytu o średnicy aż do 7 kilometrów. Notabene także w tym przypadku odległość pomiędzy miejscem uderzenia a terenem odnajdywania tektytów wynosi znowu około 300 kilometrów.

Natomiast kratery, z których mogłyby pochodzić tektyty z Teksasu oraz południowoazjatyckie, nie są do tej pory znane. Trudno odgadnąć przyczynę szczególnie w tym drugim przypadku. Ogromny australijsko-filipińsko-chiński obszar rozrzutu tektytów pozwala oceniać, że średnica meteoru, który weń uderzył, musiała liczyć wiele kilometrów. Skutki tej katastrofy sprzed 700 000 lat musiały odbić się na całej kuli ziemskiej. Amerykańscy uczeni obliczają samą tylko masę łączną powstałych przy tym uderzeniu tektytów na 250 milionów ton. W zasadzie więc nie powinno być żadnych trudności w znalezieniu powstałego przy takim trafieniu krateru, tym bardziej że właśnie w tym przypadku chodzi o najmłodsze z czterech "wydarzeń". Nawet gdyby znajdował się na dnie morskim, dawno już powinien być zostać odkryty przy obecnym stanie badań oceanicznych. Stąd niektórzy badacze, między innymi i sam Gentner, podejrzewają, że krater ów położony jest pod kilometrową warstwą śniegu na kontynencie Antarktydy. W najbliższych latach przypuszczenie to zostanie sprawdzone przez ekspedycję na biegun południowy.

Fakt, że ostatnie z magnetycznych przebiegunowań wydarzyło się w takiej epoce przeszłości Ziemi, w jakiej cała nasza planeta uległa wstrząsowi wywołanemu przez potężne trafienie meteoru, pozwala podejrzewać, że oba te zdarzenia są ze sobą powiązane. Wprawdzie ciągle jeszcze wiemy o wiele za mało o tym, w jaki sposób pracuje w płynnym wnętrzu Ziemi znajdująca się tam prądnica, która w normalnych warunkach utrzymuje osłonę magnetyczną. Można mimo to przyjąć hipotezę, że trafienie tego kalibru wyprowadziło w owym czasie z taktu równomierny obieg metalicznego płynu stanowiącego twornik tej prądnicy w ziemskim jądrze.

To że właśnie w tej warstwie rdzenia wiertniczego z Oceanu Indyjskiego, odpowiadającej geologicznej chwili ostatniego przebiegunowania, znaleziono ponadto mikrotektyty pochodzące z owego trafienia meteoru sprzed 700 000 lat – w oczach wielu naukowców zamienia tę hipotezę w pewnik. Prawdopodobnie więc tym, co gwałtownie pchnęło do przodu bieg ewolucji na Ziemi, były trafienia pędzących z Kosmosu pocisków. Podkreśla to znowu dobitnie przypadkowy, historyczny charakter dziejów ewolucji i niepowtarzalną jednorazowość wszystkiego, co dzieje te do tej pory wywołały i kiedykolwiek w przyszłości jeszcze wywołają. Od przypadkowego momentu takiej kolizji będzie bowiem rzeczywiście zależało, jakie gatunki będą mogły zyskać na wyzwolonym przez tę kolizję przyspieszeniu ewolucji, a jakie poniosą szkodę. Przyjęciu takiej kosmicznej loterii trafień nie stoi wcale na przeszkodzie to, że uczeni radzieccy odkryli – jak już wspominaliśmy – iż częstość przebiegunowań zdaje się stale wzrastać w ostatnich milionach lat. W pierwszej chwili można by może sądzić, że ten stały wzrost stanowi wyraz jakiejś prawidłowości, nie dającej się pogodzić z dowolnością zderzeń z innymi ciałami niebieskimi. Ale przecież Wszechświat właśnie nie jest pusty, a ponadto zapewne nie jest we wszystkich swych rejonach tak samo zbudowany. A Ziemia w połączeniu z Układem Słonecznym leci przez naszą Drogę Mleczną z prędkością około 30 kilometrów na sekundę.

Stąd możemy sobie łatwo wyobrazić, że w tym naszym locie trwającym od kilku miliardów lat zbliżamy się może do centrum jakiegoś rejonu Drogi Mlecznej, w którym przypadkowo częstość występowania meteorytów – a spośród nich także i olbrzymich meteorów – jest z jakichś przyczyn większa aniżeli w rejonach, które Układ Słoneczny przemierzał w poprzednich nieskończenie długich okresach.

Możemy więc przypuszczać, że gdzieś w głębinach Wszechświata istnieje potężny okruch skalny, dryfujący obecnie jeszcze pozornie bezcelowo, o ciężarze setek czy milionów ton, dzisiaj od nas jeszcze odległy o kilka bilionów kilometrów, ale znajdujący się na trasie, która za 10 000 czy też 100 000 lat pozwoli mu dojść dokładnie do tego punktu, przez który wtedy właśnie Ziemia nasza będzie przechodzić. Wskutek zderzenia z nim zadrży cała nasza planeta, trzęsienia ziemi i fale powodziowe zdewastują rozległe obszary kontynentów. Przede wszystkim jednak prądnica we wnętrzu Ziemi raz jeszcze wypadnie z taktu, co spowoduje zanik pola magnetycznego. Skutkiem będzie nowy skok w rozwoju życia ziemskiego, który zastąpi obowiązujący do tej pory porządek i przemieni oblicze naszej planety, czyniąc miejsce dla nowych, nie znanych dotąd możliwości życia. Najwidoczniej działo się tak raz po raz w przeszłości. Dlaczegożby nie miało się to więcej powtórzyć w przyszłości?

«PRZEMIANA MATERII» WE WSZECHŚWIECIE

KAMIENIE W KAŻDYM BAZIE NIE Z KSIĘŻYCA • MOST MIĘDZY GALAKTYKAMI • NIC, CO POZAZIEMSKIE, NIE JEST NAM OBCE

Spotyka się naukowców przekonanych, że tektyty są kamieniami, które spadły z Księżyca na Ziemię. Za tą zrazu zaskakującą nieco hipotezą przemawiają rzeczywiście pewne argumenty, nie dające się tak bardzo łatwo odeprzeć. Jeden z nich polega na wykazaniu, że żaden z tektytów nie jest dość masywny, aby móc przetrwać lot przez ziemską atmosferę z prędkością, jaka byłaby konieczna, aby pozwolić mu przelecieć odległość 300 kilometrów. Obliczenia aerodynamiczne dowiodły, że w powstających w takich przypadkach temperaturach tarcia każdy z tych kamieni musiałby wyparować.

Naturalnie sprawa wyglądałaby zupełnie inaczej, gdyby tektyty wpadały do atmosfery z zewnątrz z prędkością znacznie mniejszą, wystarczającą na to, aby opuścić pole grawitacji Księżyca. Wprawdzie powierzchnia ich byłaby również ogrzana do punktu topnienia, ale tylko na głębokość kilku milimetrów. Amerykański badacz prądów powietrznych Chapman, konstruktor legendarnego samolotu rozpoznawczego U2, zestrzelonego w dniu 1 maja 1960 roku nad Związkiem Radzieckim, przeprowadził kilka lat temu bardzo interesujące doświadczenia z tektytami. Chapman ogrzewał w swoim tunelu aerodynamicznym sztuczne i naturalne tektyty aż do punktu topnienia, a następnie wypróbowywał, jakich potrzeb by prędkości wiatru, aby na obtopionej powierzchni kamieni doświadczalnych powstać mogła pęcherzykowata i pasmowa struktura, charakterystyczna dla prawdziwych tektytów. Ogromne wrażenie wywarło w świecie naukowym, gdy Amerykanin znalazł rzeczywiście prędkość wiatru, typową dla wejścia do atmosfery ciała przenikającego z jakiejś orbity.

Dla fachowców najmniejszym problemem była odpowiedź na pytanie nasuwające się przy tej hipotezie każdemu laikowi, a mianowicie, jakie miałyby to w ogóle być siły, które miałyby okruciami skalnymi z powierzchni Księżyca w przestrzeń i transportowały je w zasięg przyciągania Ziemi. Potrzebna bowiem do tego prędkość ucieczki jest na Księżycu – ze względu na jego małą siłę przyciągania – tak niska, że można by stamtąd wystrzelić na stałą orbitę bądź też w zasięg siły przyciągania Ziemi małego satelitę nawet przy użyciu zwykłego działa o długiej lufie. Tymczasem wybuchy wywołane uderzeniami większych meteorów w nie osłoniętą żadną hamującą atmosferą powierzchnią Księżyca – wytwarzają energie znacznie większe. Obliczenia wykazały nawet pozornie paradoksalny fakt, że z tego właśnie powodu Księżyc wskutek trafień meteorów, na które narażony jest bez jakiegokolwiek obrony, traci bieżąco więcej materii w

Kosmosie, aniżeli zyskuje przez spadające nań meteory. Owa wyrzucana w przestrzeń Wszechświata materia w czasie obiegu Księżyca wokół Ziemi rozprasza się na ziemskiej orbicie i jest przez nią prędzej czy później przechwytywana.

Mimo to jest już dziś właściwie pewne, że tektyty nie mogą pochodzić z Księżyca i że są one obtopionym materiałem skorupy ziemskiej. Wynika to z przeprowadzonych tymczasem badań nad dokładnym składem "kamieni księżycowych", jak je już zaczynano w Ameryce nazywać. I znowu Gentner ze swym zespołem rozwiązał i to zagadnienie. Przebadali tektyty wszelkimi możliwymi metodami i porównali ze składem skał krateru poudereniowego. Wynikiem była tak doskonała we wszystkich szczegółach zgodność z materiałem ziemskim, że teoria "kamieni księżycowych" nie mogła się dalej utrzymać.

Przykładem niewiarygodnej wręcz dokładności badań stosowanej przez heidelberskich uczonych niechaj będzie to, że analizowali skład chemiczny pęcherzyków gazów nawet milimetrowej wielkości zamkniętych we wnętrzu tektytów i porównywali ze składem atmosfery ziemskiej (zresztą również z wynikiem zgodnym we wszystkich szczegółach). Dzisiaj więc przyjmuje się, że ziemskie skały stopione przez uderzenie zostały wyrzucone kilkaset kilometrów w górę ponad atmosferę, że tam, w zimnie Wszechświata, zastygły w postaci kroplistych tworów, a następnie spadły z powrotem na Ziemię. Przy powtórnym wejściu w atmosferę zostały one rozgrzane od nowa. W ten sposób więc powstały owe kamienie, które jako "tektyty" rozproszone są po znanych nam obecnie terenach znaleziskowych. Zagadkę tektytów można więc uważać za rozwiązana.

Chociaż wiać same tektyty na pewno nie pochodzą z Księżyca, utarły one jednak drogę przeświadczeniu, że Ziemia nasza po prostu roi się od pozaziemskiego materiału. Dawniej rzecz taka nikomu nie przychodziła do głowy. Wprawdzie wiadomo było – jak już mówiliśmy przedtem – że rokrocznie szacunkowo mniej więcej 5 milionów ton meteorytowego pyłu opada na Ziemię. Ale gdy się ilość tę rozłoży na całą powierzchnię ziemską, stanowi to mniej aniżeli jedną milionową grama na każdy centymetr kwadratowy. Wywołane problemem tektytów obliczenie konsekwencji stałych uderzeń na Księżyc, po raz pierwszy uświadomiło naukowcom, że z nieba pada nie tylko metaliczny pył.

Nawet jeżeli z podanych tu przyczyn wydaje się pewne, że same tektyty składają się z materiału ziemskiego, który tylko wskutek potężnego wybuchu został kiedyś wyrzucony w Kosmos, kilkaset kilometrów w górę, nie zmienia to mocy dowodowej ani wyników owych obliczeń. Z mniejszą lub większą regularnością bowiem meteory uderzają w Księżyc ze wszystkich stron Wszechświata. Energia ich wystarcza na to, aby przetransportować duże ilości materii księżycowej w przestrzeń wokółziemską. A siła przyciągania naszej planety jest niewątpliwie tak wielka, że owa materia księżycowa prędzej czy później bezsprzecznie trafia na

jej powierzchnię. Ponieważ dzieje się to już od kilku miliardów lat, powierzchnia naszej Ziemi musi być nieomal kompletnie obsypana materią księżycową. Nie ma żadnej wątpliwości, każdy z nas kiedyś już miał raz w ręku kamień pochodzący z Księżyca. Nie mamy tylko po prostu możliwości rozpoznania jego pozaziemskiego rodowodu.

Ale nie tylko kamienie księżycowe poniewierają się po całej powierzchni ziemskiej i nie tylko pył meteorytowy. Metaliczne i skalne okruchy rozbłyskujące dzień w dzień w naszej atmosferze jako "spadające gwiazdy" pochodzą ze wszystkich części Układu Słonecznego; sygnalizują one za każdym razem przybycie pozaziemskiej materii na naszą planetę. Tymczasem także Układ Słoneczny, aczkolwiek olbrzymi, nie jest jedynym dostawcą kosmicznego materiału stale napływającego ze wszystkich stron ku Ziemi, już od zarania jej dziejów.

Wspominaliśmy na początku, że komety należące w zasadzie jeszcze do naszego Układu – nad biegiem ich panuje przecież także nasze Słońce – mają nieraz tak ekscentryczne, tak wydłużone eliptyczne orbity, że potrzebują kilku tysięcy lat na przebycie jednego tylko obiegu swego toru. Na najbardziej zewnętrznych punktach tego toru niektóre z nich bywają oddalone o dwa do trzech lat świetlnych od Słońca jako środka naszego Układu. Tym samym dostają się już do strefy granicznej sąsiadujących z nami układów słonecznych i wchodzi w bezpośredni kontakt z najbardziej zewnętrznymi punktami torów komet przynależnych do owych układów.

W takich warunkach nie może się nie zdarzyć, aby w tych miejscach raz po raz komety nie przechodziły z jednego układu do drugiego, żeby więc na krańcach sąsiadujących układów słonecznych nie dochodziło w ten sposób do stałej wymiany materii. Ale komety – jak już także mówiliśmy – mają stosunkowo krótki żywot. Na bliskich środkowi odcinkach swoich orbit ulegają one wciąż od nowa oddziaływaniu skoncentrowanych tutaj o wiele masywniejszych ciał niebieskich, przede wszystkim Słońca, a również innych planet, których zakłócające siły przyciągania prędzej czy później powodują rozrywanie komet. Tą drogą więc także . i materia głowicy komety wreszcie kiedyś spada na Ziemię w postaci niezliczonych meteorytowych odłamków.

Powierzchnia naszej planety jest zatem na pewno zasypana materią pochodzącą z innych układów słonecznych. To że nawet i ta perspektywa, jakkolwiek fascynująca, jest dopiero początkiem pewnego powiązania odkrytego w ostatnich latach – wykazuje w sposób naprawdę wstrząsający ilustracja 17. Natrafiliśmy bowiem tutaj na ślad wymiany materii rozgrywającej się w kosmicznych rozmiarach. Pokazane na zdjęciu galaktyki musiały się widocznie w czasie swego lotu przez Wszechświat tak bardzo do siebie przybliżyć, że zawarte w nich masy między-gwiazdowego pyłu i meteorytovej materii odpłynęły od owych układów pod potężnym wpływem sił ich wzajemnego przyciągania i

zaczęły pomiędzy nimi tworzyć niejako most, który rozciąga się na naszych oczach poprzez wolny Wszechświat na odcinku setek tysięcy lat świetlnych. To co widzimy tutaj, jest czymś w rodzaju kosmicznej przemiany materii.

Ten z biologii zaczerpnięty termin jest tu w dwójnasób uzasadniony. Przede wszystkim odpowiada on dosłownie stanowi rzeczy. Wszak w naszej Drodze Mlecznej istnieje również materia pochodząca od innych dróg mlecznych – tak należałoby w każdym razie sądzić. Byłoby przecież astronomicznym nieprawdopodobieństwem, gdybyśmy zakładali, że owi fotografowie ilustracji 17 uchwycili na niebie akurat jedyny albo też jakiś zupełnie wyjątkowy przypadek tego rodzaju. Oznacza to, że pozagalaktyczna materia, chociaż może w mniejszych dawkach, w czasie ubiegłych miliardów lat raz po raz różnymi okrężnymi drogami trafiała wreszcie także na naszą Ziemię.

Dopływająca z wymienionych tutaj źródeł pozaziemska materia musiała się – zdaniem wielu naukowców – w ciągu epok historii Ziemi "nagromadzić" w tak wielkich ilościach, że nie jest wykluczone, iż znaczna część wierzchniej warstwy skorupy ziemskiej jest w rzeczywistości pochodzenia pozaziemskiego.

Z rozeznania tego możemy wyciągnąć dwa ważne wnioski. Po pierwsze: fakt, że nie jesteśmy absolutnie w stanie rozpoznać występującej bezspornie na Ziemi pozaziemskiej oraz przynajmniej częściowo nawet pozagalaktycznej materii ani odróżnić jej od materii ziemskiej – stanowi bezpośredni i wyrazisty dowód prawdziwości tezy od dawna stawianej przez astrofizyków, że cały Wszechświat w swej niezmiernej rozległości składa się z tej samej materii. A ponadto z konsekwencji całego toku myślowego wynika wielce pouczająca względność pojęcia "pozaziemski".

Cóż więc znaczy, że grunt, na którym stoimy, owo mocne podłoże, za jakie nam służy powierzchnia naszej rodzimej planety, jest w rzeczywistości "nieziemskie"? Po dokładnym zastanowieniu się możemy właściwie z tego uzyskać tylko samokrytyczną świadomość, że na podstawie pewnego określonego przesądu przywiązywaliśmy w naszym obrazie świata po prostu zbyt duże znaczenie do pojęcia "pozaziemskość". "Pozaziemski" (extraterrestris) ma dla nas normalnie posmak czegoś niezwykłego, czegoś całkowicie nadzwyczajnego, przede wszystkim dlatego że wiążemy z nim pojęcie czegoś obcego, zupełnie innego. Tymczasem kryje się za tym odwieczny przesąd, który na samym początku przyjęliśmy sobie za punkt wyjściowy: przesąd o wyizolowaniu Ziemi – z całego pozostałego Wszechświata. A przynajmniej w odniesieniu do materii tak nie jest.

Aczkolwiek brzmi to paradoksalnie i niezwykle, grunt, na którym stoimy, najwyraźniej pierwotnie nie ma charakteru ziemskiego. Jeżeli więc w świetle tego odkrycia pojęcie "pozaziemskość" traci nieco ze swych nieomal magicznych właściwości, to w ślad za tym idzie poznanie, że Ziemia i Wszechświat – przynajmniej jako materialne ciała – nie są sobie tak bardzo obce, że nie są wzajem tak od siebie niezależne i przeciwstawne, jak to często subiektywnie z

góry zakładamy. Ziemia – rozumiana przede wszystkim jeszcze zawsze w sensie czysto fizycznym, materialnym – bynajmniej nie jest obcym ciałem w Kosmosie. Jest ona jego produktem. Materia, z jakiej się składa, grunt, na którym żyjemy, pochodzi z jego głębi.

Istnieje jeszcze druga przyczyna, dla której ze wszech miar jest słuszne mówić o "przemianie materii", mając na myśli przebiegającą ustawicznie w przestrzeni Wszechświata wymianę materii. Owa kosmiczna przemiana materii była bowiem – jakkolwiek powiązanie to zda się nam może dalekie – niezbędnym warunkiem do tego, aby ów proces biologiczny, który pojmujemy jako zwyczajny, w ogóle mógł być powstać.

Jest to ostatnia historia, jaką w książce tej jeszcze pragniemy opowiedzieć. Także na jej ślad nauka natrafiła dopiero w ostatnich czasach. I w tym wypadku każdy szczegół obrazu, jaki zarysował się przy tym przed wzrokiem badaczy, stanowi dobitny przykład niewzruszalnej więzi pomiędzy wszystkimi wydarzeniami rozgrywającymi się w tym jednym olbrzymim Wszechświecie, ilustrację owego przez tak długi czas nawet nie przeczuwanego związku istniejącego na świecie między tym, co największe, a tym, co najmniejsze, między tym, co odbywa się tutaj w naszym ludzkim otoczeniu, a procesami kosmicznymi sięgającymi do granic obserwowalnego Wszechświata.

MATERIA, Z KTÓREJ SIĘ SKŁADAMY

KOLEBKA GWIAZD • KRĘGOSŁUP DRÓG MLECZNYCH •
BIOGRAFIA GWIAZDOWEGO BYTU • BIAŁE KARŁY • W ŚLEPEJ
ULICZCE • JAŚNIEJSZE NIŻ 200 MILIONÓW SŁOŃC • GWIAZDA
SCHODZI ZE SCENY

Ta ostatnia historia rozpoczyna się w roku 1944. Szczytowym punktem jej jest poznanie, że nie byłoby nas, że cała nasza ogromna Galaktyka, Droga Mleczna ze swą setką miliardów słońc, byłaby pozostała po dziś dzień nieożywioną, martwą wyspą we Wszechświecie, gdyby nie miała owej już obszernie przez nas opisanej spiralnej budowy.

Prócz kilku innych typów galaktyk astronomowie od dawna już znają układy gwiazdowe o kształcie soczewki, tak zwane mgławice eliptyczne, podobne, praktycznie biorąc, do naszej Drogi Mlecznej i wielu innych mgławic spiralnych pod względem liczby gwiazd, rozmieszczenia przestrzennego i wielu innych właściwości, z jednym ważkim wyjątkiem: owe "eliptyczne" mgławice wywodzą swoją nazwę stąd, że nie mają ramion spiralnych. Są wszelkie podstawy do przypuszczenia, że na ich olbrzymich przestrzeniach nie ma życia: że reprezentują one układy, w których rozwój kosmiczny zatrzymał się na takim stadium, w jakim z pewnej określonej przyczyny jeszcze nie zaczął istnieć ewolucja biologiczna. Aby jednak dobrze zrozumieć owe powiązania, musimy kolejno zdać relację o przebiegu badań przeprowadzonych nad nimi. W roku 1944 amerykański astronom niemieckiego pochodzenia Walter Baade opublikował naukową rozprawę o "populacjach gwiazdowych". Baade w słynnym obserwatorium astronomicznym Mt Wilson zajmował się przez wiele lat badaniami linii w widmach gwiazd innych dróg mlecznych. W trakcie tej pracy odkrył, że we wszystkich przez niego badanych mgławicach spiralnych występowały prawdopodobnie dwie różne <fd-miany gwiazd, które nazwał "populacjami" gwiazdowymi, jak gdyby "rasami gwiazd".

Jedna z tych ras (Baade nazwał ją dość dowolnie "populacją I") składa się ze stosunkowo młodych, bardzo gorących gwiazd, lśniących odpowiednio do swej wysokiej temperatury światłem niebieskawobiałym. Wiek ich wynosi "tylko" kilka milionów, najwyżej około 100 milionów lat. Są one skoncentrowane głównie w obrębie spiralnych ramion dalekich dróg mlecznych.

Drugi typ gwiazd (to znaczy gwiazdy stanowiące populację gwiazdową II) wykazują natomiast niemal wręcz przeciwne właściwości: są mniej gorące, barwa ich jest bardziej czerwona, a wiek wynosi kilka miliardów lat. Baade znalazł ten typ gwiazd przede wszystkim pomiędzy jasnymi ramionami spiralnymi, dość równomiernie rozmieszczony w ciemniejszych partiach

analizowanych przez siebie układów gwiazdowych.

Owe dwa typy różnią się między sobą wyraźnie jeszcze pod jednym względem. Jak wykazało dokładne przebadanie linii widmowych, różny jest także chemiczny skład obu odmian gwiazd. Młode, gorące gwiazdy zawierają pewien odsetek cięższych pierwiastków, w tym także metali, podczas gdy słońca przynależne do populacji II są, jak się zdaje, praktycznie złożone wyłącznie ze zdegenerowanego wodoru.

Astronomowie ciągle poszukują przyczyn kryjących się za tymi odkrytymi przez Baadego różnicami. Daleko dziś jeszcze do rozwiązania wszystkich problemów, jakie w miarę upływu czasu wyłoniły się z tego poważnego odkrycia roku 1944. Ale to, co już zostało wyjaśnione, otworzyło nam oczy na pewną właściwość Kosmosu, o jakiej dotąd nie mieliśmy pojęcia: gwiazdy, które widzimy na niebie, nie tylko są w różnym wieku i znajdują się w różnych od nas odległościach, ale należą do różnych następujących po sobie pokoleń gwiazdowych.

Droga do tego poznania była długa. Pierwsze pytanie, jakie naukowcy sobie postawili, było dociekaniem, dlaczego wszystkie młode gwiazdy są tak widocznie skoncentrowane w ramionach mgławicy spiralnej. Po dalszych studiach stwierdzono, że dzieje się tak z tego samego powodu, dla którego wszystkie nowo narodzone dzieci skoncentrowane są przeważnie w klinikach: jest to miejsce, gdzie się rodzą. Spiralne ramiona galaktyki są owym rejonem, w którym szczególnie często powstają nowe gwiazdy, a to dlatego, że narodziny gwiazd odbywają się wskutek wzrastającego nagromadzenia materii międzygwiazdowej i że ten właśnie pramateriał najobficiej występuje w ramionach spiralnych.

Dzięki tej hipotezie bardziej zrozumiałe wydaje się także pewne zjawisko, które długo stanowiło zagadkę dla astronomów, a mianowicie zadziwiająca stabilność spiralnej postaci galaktyki. Owe gigantyczne twory obracają się wokół własnej osi. Ale nie wykonują tego ruchu tak jak sztywne koło wozu, lecz (jak się zresztą zgodnie z zasadami mechaniki należało spodziewać po materialnym tworze takich rozmiarów) z szybkością różną dla każdej poszczególnej części składowej danej galaktyki, w zależności od jej odległości od wspólnego punktu środkowego. Podczas gdy w naszej Drodze Mlecznej słońce położone na zewnętrznym krańcu pokonuje przy takim obrocie w każdej sekundzie jakieś 300 kilometrów, prędkość naszego własnego Słońca znajdującego się odpowiednio bliżej centrum obrotu, wynosi tylko mniej więcej 260 kilometrów na sekundę. Niemniej jednak słońca położone na zewnętrznym krańcu, na "brzegu" naszej Drogi Mlecznej potrzebują 500 milionów lat na jeden jedyny obieg wokół środkowego punktu Drogi Mlecznej, a nasze Słońce tylko mniej więcej połowę tego czasu, gdyż droga jego jest odpowiednio krótsza.

Gdy astronomowie zaczęli się przy swoich obliczeniach posługiwać różnymi prędkościami rozmaitych odcinków mgławicy spiralnej, bardzo szybko doszli do przekonania, że ramiona spiralne już po dwóch pełnych obrotach musiały się

właściwie owinać wokół jądra całej olbrzymiej tarczy. W takim razie najstarsze mgławice spiralne od powstania Wszechświata musiały się obrócić wokół własnej osi co najmniej dwadzieścia razy. A pomimo to zachowały one jeszcze po dziś dzień ów charakterystyczny kształt, który wyznaczył im nazwę. Jak można to wytłumaczyć, skoro jak wykazują obliczenia, z punktu widzenia mechaniki jest to niemożliwe?

Ten przez długi czas nie rozwiązany problem obecnie większość astronomów uważa za rozstrzygnięty przez udowodnienie obecności potężnych wewnątrzgalaktycznych pól magnetycznych. Dzięki nowoczesnej technice obserwacyjnej stwierdzono zarówno w naszej własnej Drodze Mlecznej, jak w spiralnych mgławicach położonych daleko we Wszechświecie poza jej granicami obecność pól magnetycznych, zdających się powstawać w sposób dotychczas jeszcze nie wyjaśniony w środkowym punkcie mgławicy i rozciągać stamtąd aż do zewnętrznych granic całego soczewkowatego układu. Linie sił owych pól biegną więc od środka na zewnątrz niby szprychy koła. Ze względu jednak na ruch rotacyjny układu, do którego należą, nie biegną one w linii prostej, lecz w wyniku obrotu zbaczają półkole z drogi od centrum ku zewnętrznemu krańcowi i wyginają się. Dyskusja nad tym, jak się to w szczególności odbywa, jest jeszcze daleka od zakończenia. Według wszelkiego jednak prawdopodobieństwa z przyczyn opisanych te magnetyczne linie sił, przebiegające łukiem od centrum jakiejś drogi mlecznej na zewnątrz, tworzą niejako "kręgosłup" ramion spiralnych.

Teoria ta wyjaśnia w sposób zadowalający stabilność olbrzymich kół obracających się wokół siebie we Wszechświecie od miliardów lat. Podstawą owej stabilności nie jest więc twór mechaniczny, który dawno już musiałby się zdeformować, lecz spiralny przebieg linii pola sił niematerialnych, bo magnetycznych, które dowolnie długo mogą brać udział w potężnym obiegu. Oczywiście samych linii tych pól magnetycznych obserwować nie można, są one niewidoczne. Ale większa część zawartego w takim układzie gazowego wodoru jest zjonizowana, to znaczy elektrycznie naładowana. Tym samym atomy wodoru poddane są wpływom pól magnetycznych. A wynikiem tego z kolei jest fakt, że wodór zaczyna dostosowywać się do spiralnego przebiegu pola magnetycznego i że koncentruje się wzdłuż linii tych pól.

W takim stadium powstawania ciągle jeszcze nie ma widocznych ramion spiralnych, gdyż gazowy wodór jest także niewidoczny. Jednakże koncentracja potężnych mas gazu danego układu, następująca pod wpływem sił pól magnetycznych, nie pozostaje bez skutków. Przede wszystkim w rejonach tych, o i tak już stosunkowo znacznej koncentracji gazu, tworzą się teraz lokalne nagromadzenia, które zrazu niezauważalnie wolno, potem coraz prędzej zaczynają się kurczyć pod wpływem własnych sił przyciągania. Innymi słowy, tworzą się tu więc w skali całego układu korzystne warunki do powstania owych "praobłoków", będących zarodkiem gwiazdy stałej, nowego słońca, jak to już opisywaliśmy szczegółowo w związku z historią początków naszego Słońca. Te

nowe gwiazdy, tak niesamowicie gorące, powodują jasne świecenie gazowego wodoru w swoim otoczeniu. Spiralna budowa układu stała się więc wreszcie widoczna.

W rzeczywistości mgławica taka najwyraźniej nie dlatego wygląda jak spirala, że składające się na nią gwiazdy z jakichś tajemniczych przyczyn układają się w formie spiral. Wspomniane przez nas obliczenia dowiodły już, że wrażenie takie, narzucające się zrazu z powodu zewnętrznego wyglądu mgławicy, nie może pokrywać się z rzeczywistością; obliczenia wykazały przecież niemożliwość stabilności takiego mechanicznego tworu. Od niedawna astronomowie sądzą, że istnieją wszelkie podstawy do przyjęcia tezy, że prawdopodobnie także w mgławicy spiralnej wszystkie gwiazdy są mniej lub bardziej równomiernie rozdzielone w całym układzie. Charakterystyczny wygląd powstaje tylko stąd, że najmłodsze i najjaśniejsze gwiazdy mgławicy z przyczyn zrozumiałych koncentrują się tam, gdzie najobficiej występuje materia, z której powstają.

Zgodnie z tym, co nam dzisiaj wiadomo, zagęszczenie gwiazd w partiach ciemniejszych między ramionami spiralnymi jakiejś drogi mlecznej, nie jest mniejsze, a może nawet i równie wielkie. Należy bowiem w tym wypadku pamiętać o zdumiewającym odkryciu, że nie tylko światło znajdujących się tutaj starszych gwiazd świeci mniej jasno, ale że występuje tam najwidoczniej niemała nawet liczba tak zwanych "gwiazd neutronowych". A do licznych niezwykłych cech tego jeszcze niedawno całkowicie nie znanego typu gwiazd należy to, że gwiazda neutronowa jest niewidoczna. Do tych dziwacznych ciał niebieskich jeszcze powrócimy.

Nowa wiedza o wewnętrznej budowie dróg mlecznych wyjaśnia nie tylko odkrycie Baadego o zagęszczaniu młodych gwiazd w ramionach spiralnych, ale także natychmiast nasuwa wniosek, że owe młode gwiazdy wcale nie pozostają w nich na przeciąg całego swego żywota. Młode gwiazdy są bowiem tak masywne, że porządkująca siła galaktycznych pól magnetycznych oczywiście już na nie oddziaływać nie może, tak jak oddziałuje na drobno rozprzestrzeniony i zjonizowany wodór. W czasie powolnej rotacji gigantycznego koła galaktycznego – jeden obrót w ciągu 500 milionów lat – zostają one więc, jak nam wolno mniemać, z wolna wypędzane z zasięgu ramion, gdzie w tym samym czasie miejsce ich zajmują nowo powstałe gwiazdy.

Tym samym odpowiedziano jednak dopiero na jedno z pytań nasuniętych przez odkrycie z 1944 roku. (Zamiast "odpowiedziano" należałoby może ostrożniej powiedzieć "zbliżono się do zrozumienia", gdyż w tej nowej dziedzinie wszystko jest jeszcze płynne i po większej części hipotetyczne.) Drugie ważne pytanie powstaje w związku ze zróżnicowaniem składu chemicznego gwiazd obu populacji. Jak to może być, że stare gwiazdy składają się z nieomal czystego wodoru, wyłącznie z tej substancji, z której powstały na początku swego istnienia, podczas gdy młode gwiazdy zawierają liczne inne cięższe pierwiastki,

to znaczy materię, jakiej w ogóle nie było w czasie, gdy wodorowy praobłok przed niewyobrażalnie dawnymi czasy zaczął się kurczyć? Skąd się właściwie wzięły te inne pierwiastki?

Pierwszego kroku w kierunku odpowiedzi dokonaliśmy już przy badaniach nad Słońcem. Niewiele się zastanawiając, wspomnieliśmy wówczas mimochodem, że jako produkt końcowy procesu syntezy jąder atomowych w centrum Słońca powstaje hel. Ów hel, jak mówiliśmy, jest niejako "popiołem", na który zostaje spalony atomowo wodór w aktywnym jądrze Słońca. Tym samym powstał już naturalnie nowy pierwiastek, drugi z kolei w układzie okresowym. W rozdziale o Słońcu, w którym interesowaliśmy się tylko produkowaniem energii przez naszą gwiazdę centralną, nie wnikaliśmy głębiej w tę sprawę. Teraz gdy zajmujemy się pochodzeniem pierwiastków, musimy ten urwany wątek podjąć od nowa.

Dzisiaj właściwie jest niemal pewne, iż znane dziewięćdziesiąt dwa pierwiastki, z których zbudowany jest nasz świat, istnieją dlatego, że gwiazdy również przechodzą pewien rozwój i mają swoją regularną biografię przebiegającą według określonych prawideł. Skoro tylko jakaś gwiazda zużyje istniejący w jej wnętrzu wodór przez przemienienie go w hel, równowaga pomiędzy ciśnieniem promieniowania a wewnętrznym przyciąganiem, która ją dotąd stabilizowała, załamuje się. W ciągu trwania długiej fazy końcowej wszystko jeszcze idzie dobrze. Gdy w środku gwiazdy cały wodór został już przemieniony w hel, strefa palenia się wodoru wywędrowuje powoli na zewnątrz w kształcie otoczki. Prędzej czy później osiąga ona naturalnie przy tym nieuchronnie rejon gwiazdy tak bliski jej powierzchni, że ciśnienie leżących nad nim warstw nie wystarcza już do dalszego podtrzymywania procesów atomowych. Atomowy ogień gaśnie.

Tym samym zanika ciśnienie promieniowania, które do tej pory zapobiegało nieustannemu dalszemu kurczeniu się ogromnej i wciąż jeszcze gazowej masy gwiazdy. Kontrakcja rozpoczyna się więc od nowa, a ciśnienia i temperatury w centrum gwiazdy ponownie rosną. Wzrastają one daleko ponad owe 200 miliardów ton i 15 milionów stopni Celsjusza, w których zaczyna spalać się wodór, bo przecież wodoru, który mógłby się palić, już nie ma. Natomiast synteza jąder helu rozpoczyna się dopiero przy o wiele wyższych wartościach.

Ponieważ nie istnieją już żadne oddziałujące na zewnątrz siły, mogące w tym stadium równoważyć kontrakcję gwiazdy uwarunkowaną grawitacją – w toku dalszego kurczenia się zostaje wreszcie rzeczywiście osiągnięta w jądrze krytyczna temperatura ponad 50 milionów stopni, przy której skoncentrowany tu obecnie hel zaczyna się "palić". Zaczynające się ponownie procesy jądrowe hamują jednocześnie kontrakcję i gwiazda przejściowo staje się ponownie stabilna. W fazie tej hel "spala" się w węgiel. Ponadto – okrężną drogą przez beryl, który się zaraz potem rozpada – powstaje tlen.

Prędzej czy później także hel, tworzący w tym stadium jądro gwiazdy, ulega spaleni i podobny proces jak opisany przed chwilą powtarza się: kontrakcja

rozpoczyna się znowu, wytwarza temperatury dochodzące wreszcie do ponad 100 milionów stopni, dość wysokie na to, aby teraz zespałać atomy węgla w cięższe pierwiastki. Powstaje przy tym neon i sód, a także – znowu okrężną drogą w wyniku skomplikowanego łańcucha reakcji, w którego toku najpierw wytwarzane są jądra helu odgrywające rolę jak gdyby kamieni budulcowych – magnez, aluminium, siarka i wapń.

Z tą chwilą procesy przebiegające w centrum gwiazdy, rozgrzanym tymczasem do temperatury ponad 500 milionów stopni, tak się komplikują, że nie sposób ich tutaj obrazowo przedstawić. Reakcje jądrowe stały się już tak intensywne, że powstałe do tego momentu pierwiastki wciąż od nowa rozpadają się i znowu powstają. Gwiazda dawno już opuściła ramię spiralne, w którym ongiś powstała i obecnie reprezentuje w ciemniejszych częściach galaktyki typ gwiazdy, który astronomowie zwą "białym karłem". Pomimo nadzwyczaj wysokiej temperatury, pozwalającej jej ukazywać się obserwatorowi w prawie białym świetle, siła jej świecenia jest stosunkowo niewielka, gdyż wielokrotne i następujące po sobie fazy kontrakcji spowodowały tymczasem skurczenie się gwiazdy do skromnego formatu większej planety, na przykład Jowisza.

W objętości takiej kuli, liczącej, może jeszcze jakieś 100 000 kilometrów średnicy, skoncentrowana jest łączna masa całego słońca; na początku jego istnienia w charakterze gwiazdy, masa ta – w czasie gdy w jego wnętrzu zaczęły się po raz pierwszy reakcje jądrowe – była co najmniej dziesięciokrotnie większa. Zgodnie z tym jądro białego karła składa się z materii o zwiększonej gęstości, tak zwanej materii zwyrodniałej. Gdybyśmy chcieli położyć na powierzchni ziemskiej kawałek materii wielkości pudełka zapalek wzięty z jądra takiej gwiazdy karła – przebiłby on natychmiast całą skorupę ziemską, opadłby dalej stamtąd bez zahamowań w głąb wnętrza Ziemi i zatrzymał się dopiero w środkowym punkcie naszego globu. Jeden tylko centymetr sześcienny owej substancji waży bowiem wiele ton.

O tym, jaki będzie ciąg dalszy – decyduje jedynie całkowita masa gwiazdy. Wydaje się, że granica krytyczna występuje przy 1,44 masy słonecznej. Gwiazda o ciężarze poniżej tej wielkości – a więc na przykład także nasze Słońce – z chwilą osiągnięcia stadium białego karła po prostu z wolna ostyga. Wprawdzie koncentracja jej jeszcze się nieco zwiększa w okresie, gdy zapas węgla w jej środku jest spalony, ale już bez wyzwalania nowych procesów jądrowych.

Otóż ten punkt końcowy ewolucji gwiazdy jeszcze przed paru laty przez astronomów uważany za "normalny", obecnie – w świetle wiedzy o rozwoju całości Wszechświata – w żadnym razie już za "normalny" uchodzić nie może. W toku opisanych faz rozwojowych, wraz z ich zmieniającymi się okresami kontrakcji i następującymi po nich procesami jądrowymi – od wodoru, jedyne go materiału wyjściowego powstania gwiazdy doprowadza się najwyżej tylko do pierwiastka niklu. A jest to wszak zaledwie czwarta część okresowego układu

wszystkich pierwiastków. Przy tym nawet wśród tej części brakuje jeszcze pewnych pierwiastków, jak na przykład litu i berylu, które nie mogą powstać w ciągu opisanych dotąd etapów ewolucyjnych, w każdym razie nie w formie trwałej.

Na pewno nie może nas zadowolić to, że wszystkie pierwiastki wytworzone we wnętrzu gwiazdy na tej "normalnej" drodze ewolucji pozostają uwięzione w centrum gwiazdy. Jakiemuż celowi miałyby służyć owe pierwiastki w tak skomplikowany sposób zespalane we wnętrzu jakiegoś słońca, gdyby miały pozostać na zawsze nieosiągalnie zagrzebane w jądrze powoli wypalającego się i ostygającego białego karła? W takim świetle koniec w postaci białego karła byłby raczej wszystkim innym niż "normalnym" zakończeniem całej dotychczasowej tak kosztownej ewolucji, byłby raczej ślepą uliczką. Pierwiastki powstałe w centrum Słońca nie są poniekąd dopuszczane do dalszego rozwoju. Tymczasem nas interesuje właśnie pytanie, skąd się bierze materia, z jakiej kiedyś powstała nasza Ziemia i inne planety: owe dziewięćdziesiąt dwa pierwiastki, które w najrozmaitszych kombinacjach tworzą cały nasz świat, a tym samym także materię, z jakiej się składamy.

Odpowiedź na to pytanie znalazła się wówczas, gdy hinduski astronom Chandrasekhar obliczył, jakie skutki muszą nastąpić w przypadku, gdy masa białego karła jest większa od masy naszego Słońca o więcej aniżeli 1,44 raza. Procesy, jakie się dokonują, skoro tylko masa jakiejś gwiazdy przekroczy ową złowieszczą, odkrytą przez Hindusa granicę, zakrawają wręcz na fantastykę. Tymczasem dzisiaj nie jest to już tylko czysta teoria. Obliczenia hinduskiego astronoma wykazały, że masa takiej gwiazdy jest dostatecznie duża, żeby jej własne wewnętrzne przyciąganie wystarczyło na zniszczenie atomowej struktury materii, z jakiej się składa. Innymi słowy, uwarunkowane grawitacją kurczenie się takiej gwiazdy posuwa się coraz dalej, daleko poza stadium białego karła.

Osiągnięty zostaje przy tym wreszcie punkt, w którym załamują się nie tylko powłoki elektronowe wszystkich atomów – następuje to już we wnętrzu białego karła – ale nawet zbudowany z cząstek elementarnych szkielet samych jąder atomowych. Jest to chwila tak zwanego kolapsu grawitacyjnego: w ciągu nie więcej niż jednej sekundy cała gwiazda o wciąż jeszcze pokaźnym rozmiarze planety zapada się do objętości o średnicy już tylko 10 czy 20 kilometrów. Przy takiej "implozji" materii gwiazdowej powstają temperatury o wysokości ponad 3 miliardów stopni. Przypomnijmy sobie: już owe 15 milionów stopni w centrum naszego Słońca było wielkością prawie niewyobrażalną. Przy dwięściekroć wyższej temperaturze powstającej przy kolapsie grawitacyjnym białego karła mniej więcej jedna dziesiąta łącznej masy zapadającej się gwiazdy zostaje zniszczona w potężnej atomowej błyskawicy eksplozyjnej i wyrzucona na wszystkie strony we Wszechświat z prędkością osiągającą 10000 kilometrów na sekundę.

Taki jest więc mechanizm powodujący eksplozję gwiazdy stałej, a tym samym prowadzący do rozbłyśnięcia pozornie zupełnie nowej gwiazdy, "supernowej", która potrafi przez kilka tygodni błyszczeć z jasnością 200 milionów słońc. W jednym z poprzednich rozdziałów była już mowa o doraźnym objawianiu się takiej supernowej w naszej własnej, jak również w innych drogach mlecznych. Od kilku lat wiemy też, w jaki sposób dochodzi do tego rodzaju katastrofy gwiazdowej: właśnie przez kolaps grawitacyjny białego karła, którego masa przekroczyła krytyczną granicę wyliczoną przez Chandrasekhara.

Wszystkie te fazy rozwoju gwiazdy znaleźliśmy zrazu tylko na podstawie obliczeń przeprowadzonych przy użyciu komputerów na tak zwanych modelach gwiazdowych. Tymczasem jednak obserwacje dokonane ostatnio teleskopami raketowymi reagującymi na promienie Roentgena dowodzą, że uzyskane na modelach wyniki nie są tylko rachunkowymi ewentualnościami i że szczególnie naszkicowany tutaj przez nas obraz "implozji" gwiazdy zapadającej się pod ciężarem własnej nadmiernie zgęszczonej materii jest opisem procesów naprawdę rozgrywających się w Kosmosie.

To co pozostaje po katastrofie eksplozji supernowej, jest gwiazdą, której masa dorównuje mimo wszystko jeszcze masie na przykład naszego Słońca, jednakże ściśniętą do objętości kuli o średnicy już tylko 10 do 20 kilometrów. Materia takiej gwiazdy składa się już tylko z gęsto zbitych neutronów, stąd też cały twór określany jest mianem "gwiazdy neutronowej". W tym stadium jeden tylko centymetr sześcienny jej materii waży kilka milionów ton.

Gwiazda złożona z materii o tak nienormalnej gęstości musi niewątpliwie odznaczać się jakimiś "dziwnymi" cechami. Obliczenia komputerowe założeń to potwierdzają. Może najdziwniejsze z wszystkiego jest stwierdzenie, że gwiazda neutronowa jest niewidzialna. Nie chodzi przy tym o to, że pomimo swego nieprawdopodobnego żaru kilku miliardów stopni – nie jest już widoczna ze stosunkowo – oczywiście w rozumieniu rozmiarów astronomicznych – niedużej odległości, dlatego że wielkość jej nie przekracza wymiarów średniego planetoidu. Jak donoszą komputery – gwiazda neutronowa jest prawdopodobnie niewidzialna w najbardziej dosłownym znaczeniu: siła przyciągania masy słonecznej zbitej w tak małej przestrzeni jest tak niesłychanie wielka, że nawet fotony światła nie mogą już opuścić pola grawitacji takiego ciała niebieskiego.

Jak to sformułował angielski astronom Fred Hoyle – gwiazda neutronowa w pewnym stopniu wyłączyła się z naszego Wszechświata wskutek własnej potężnej grawitacji. Jej istnienie objawia się już tylko w postaci dwóch właściwości. Pierwszą jest naturalnie pochodząca od niej i sięgająca odpowiednio daleko w przestrzeń siła przyciągania. Można by nawet pomyśleć nad tym, że niewidzialne gwiazdy, których przecież musi być niemało, kiedyś w dalekiej przyszłości, gdyby miało dojść do

międzygwiazdowego lotu kosmicznego, mogłyby odgrywać rolę podobną do tej, jaką w dawnych czasach, gdy człowiek zaczynał badać powierzchnię własnej planety, odgrywały niewidoczne rafy podwodne zagrażające podróżnikowi po nieznanych podówczas wodach. Niewidzialna gwiazda, której sile przyciągania nie może ująć żaden pojazd kosmiczny zabłąkany w jej bliskości, stanowiłaby istotnie dość niesamowitą pułapkę kosmiczną.

Z perspektywy Ziemi nie możemy oczywiście rozpoznać gwiazdy neutronowej po jej sile przyciągania. Ale komputery zdradziły nam drugą jeszcze właściwość, jaką odznaczają się te dziwaczne ciała niebieskie: emitują one prawdopodobnie silne promieniowanie rentgenowskie. Promienie Roentgena bywają wprawdzie całkowicie pochłaniane przez atmosferę' ziemską, a zatem nie można ich rejestrować w żadnym ziemskim obserwatorium. Jednakże amerykańskiemu uczonemu Friedmanowi udało się wysłać z rakieta' ponad atmosferę ziemską na kilka minut tak zwany teleskop rentgenowski. Dzięki tej metodzie zdołał on rzeczywiście dowieść istnienia w Kosmosie kilku źródeł promieni Roentgena (praktycznie biorąc w formie punktów), z których jedno znajdowało się akurat w środku tak zwanej mgławicy Krab, która jak już szczegółowo wyjaśnialiśmy uprzednio, nie jest niczym innym jak obłokiem po eksplozji supernowej.

Stanowi to oczywiście bardzo silny argument na to, że gwiazdy neutronowe istnieją nie tylko w fantazji elektronowych maszyn matematycznych (komputerów), ale i w realiach Wszechświata. W związku z tym nie ma żadnego powodu, abyśmy mieli wątpić w realność tego, co mówią nam komputery o dalszych losach takiej gwiazdy, aczkolwiek udzielanych nam przez nie odpowiedzi na pytanie o to nie potrafimy jeszcze naprawdę zrozumieć przy obecnym stanie naszej wiedzy.

Komputery meldują, że i stadium gwiazdy neutronowej jeszcze nie zawsze jest końcem biografii gwiazdy. W nienormalnych warunkach panujących we wnętrzu gwiazdowej kuli o średnicy już tylko 10 kilometrów powstają w wyniku procesów, w których jeszcze nie potrafimy się rozeznać, nowe stosunkowo ciężkie cząstki elementarne. W każdym razie po krótkiej przerwie ponownie dochodzi do kontrakcji w tej wręcz niewyobrażalnie zgęszczonej kuli i wówczas nie ma już żadnego zahamowania: gwiazda neutronowa kurczy się do punktu matematycznego, do całkowitego abstraktu.

Niechaj pozostanie nie rozstrzygnięte, jak rozumieć należy tę ostatnią informację. Pewne jest, że nie ma już żadnej siły mogącej przeciwdziałać owej samokontrakcji doprowadzonej do ostatecznych granic rachunkowych możliwości. Gwiazda – która w toku eksplozji jako supernowa oddała wolnemu Wszechświatowi istotną część powstałych w jej wnętrzu pierwiastków – schodzi ze sceny; tak w każdym razie donoszą komputery. Najwidoczniej znika ona teraz rzeczywiście w jakiś niezrozumiały sposób ze Wszechświata.

My natomiast otrzymaliśmy odpowiedź również na nasze pytanie wyjściowe, a

mianowicie, w jaki sposób pierwiastki wytworzone w centrum gwiazdy z gazowego wodoru, owego pramateriału stworzenia, wydobywają się ponownie z wnętrza jakiegoś słońca i służyć mogą dalszemu rozwojowi kosmicznemu. Katastrofa eksplozji supernowej, a więc początek zmierzchu gwiazdy, która już odegrała swoją rolę, jest zarazem pierwszą fazą narodzin gwiazdy przyszłego pokolenia. A powstałe na tej drodze drugie pokolenie gwiazdowe wcale nie jest po prostu powtórzeniem tego, co już istniało w poprzedniej generacji.

Gwiazdy bowiem drugiego pokolenia nie powstają już z czystego wodoru, lecz z obłoków międzygwiazdowej materii, zawierającej już owe inne, cięższe pierwiastki powstałe w centrum prągwiazd i oddane pustej przestrzeni kosmicznej w błyskawicznej eksplozji supernowej stanowiącej ich zagładę. Obłok mgławicy Krab (ilustracja 6) jest nie tylko pozostałością po upadku gwiazdy, jest jednocześnie materiałem nowego początku.

Cała ta nowa wiedza i poznanie wywodzi się bezpośrednio bądź też pośrednio z odkrycia opublikowanego w roku 1944 przez Baadego. Tymczasem •wiemy już, że wśród gwiazd na pewno istnieją nie tylko populacje I i II. Zgodnie z tym, czego dowiedzieliśmy się od tego czasu, proces powstawania pierwiastków rozgrywał się przez szereg następujących po sobie pokoleń gwiazdowych, z których jedno zawsze powstawało z materii przekazanej mu przez pokolenie poprzednie. W toku owej kosmicznej przemiany pokoleń cała materia występująca w mgławicach spiralnych Kosmosu wciąż od nowa zgęszczała się w gwiazdy, a potem ponownie oddawana była wolnemu Wszechświatowi. Stopniowo powstawały przy tym i pozostałe pierwiastki okresowego układu aż po najcięższy, to jest uran.

Jak decydujące dla tego procesu znaczenie ma wywołana przez magnetyczne pola sił lokalna koncentracja wodoru w ramionach spiralnych układów gwiazdowych – wykazuje przykład wymienionych uprzednio mgławic eliptycznych. Z przyczyn do tej pory nam nie znanych nie mają one struktury spiralnej. Tym samym nie mają więc owych ramion wodorowych, stanowiących najwidoczniej decydujące komórki rozrodcze powstania nowych gwiazd. Prawdopodobnie to jest przyczyna, dla której opisany tu proces rozwojowy w ich przypadku nie został uruchomiony: w eliptycznych mgławicach znajdują się wyłącznie gwiazdy przestarzałe, składające się nieomal tylko z czystego wodoru, bez innych cięższych pierwiastków w ilościach dających się stwierdzić spektroskopowe.

Wskutek tego brak jest w mgławicach eliptycznych tych wszystkich warunków, które w naszym Układzie, a także we wszystkich innych mgławicach spiralnych umożliwiły dalszy rozwój, doprowadzający do powstania planet z materii o różnorodnym składzie, a na planetach tych – gleby, powietrza i wody. To zaś z kolei było warunkiem kolejnego kroku w rozwoju: powstania organicznych cząsteczek oraz początku ewolucji, przebiegającej zrazu na poziomie

chemicznym, a następnie posłusznej prawidłom biologicznym.

Także eliptyczny układ gwiazdowy posiada 100 miliardów słońc. Jego rozmiar nie jest mniejszy aniżeli naszej Drogi Mlecznej, jego historia sięga równie daleko w przeszłość Kosmosu. Ale w galaktykach eliptycznych braknie życia. W ciągu całych swoich długich dziejów po dzień dzisiejszy nie zdołały one nawet wyprodukować owych dziewięćdziesięciu dwóch pierwiastków, kamieni budulcowych naszego świata.

Cała materia naszego otoczenia, substancje, z jakich złożona jest Ziemia, rosnące na niej rośliny, żyjące na niej zwierzęta, materia, z jakiej sami się składamy, każdy atom tej materii – powstały przed niewyobrażalnie dawnymi czasy w rozżarzonej centrum jakiegoś słońca, należącego do pokolenia gwiazdowego, które od dawna przeminęło. Nic z tego, co dzisiaj tworzy nasz codzienny świat, nie byłoby powstało bez owych potężnych kosmicznych procesów.

Cała Droga Mleczna ze swymi 100 miliardami słońc była potrzebna, aby narodziło się to, co nas otacza każdego dnia.

DZIECI WSZECHŚWIATA

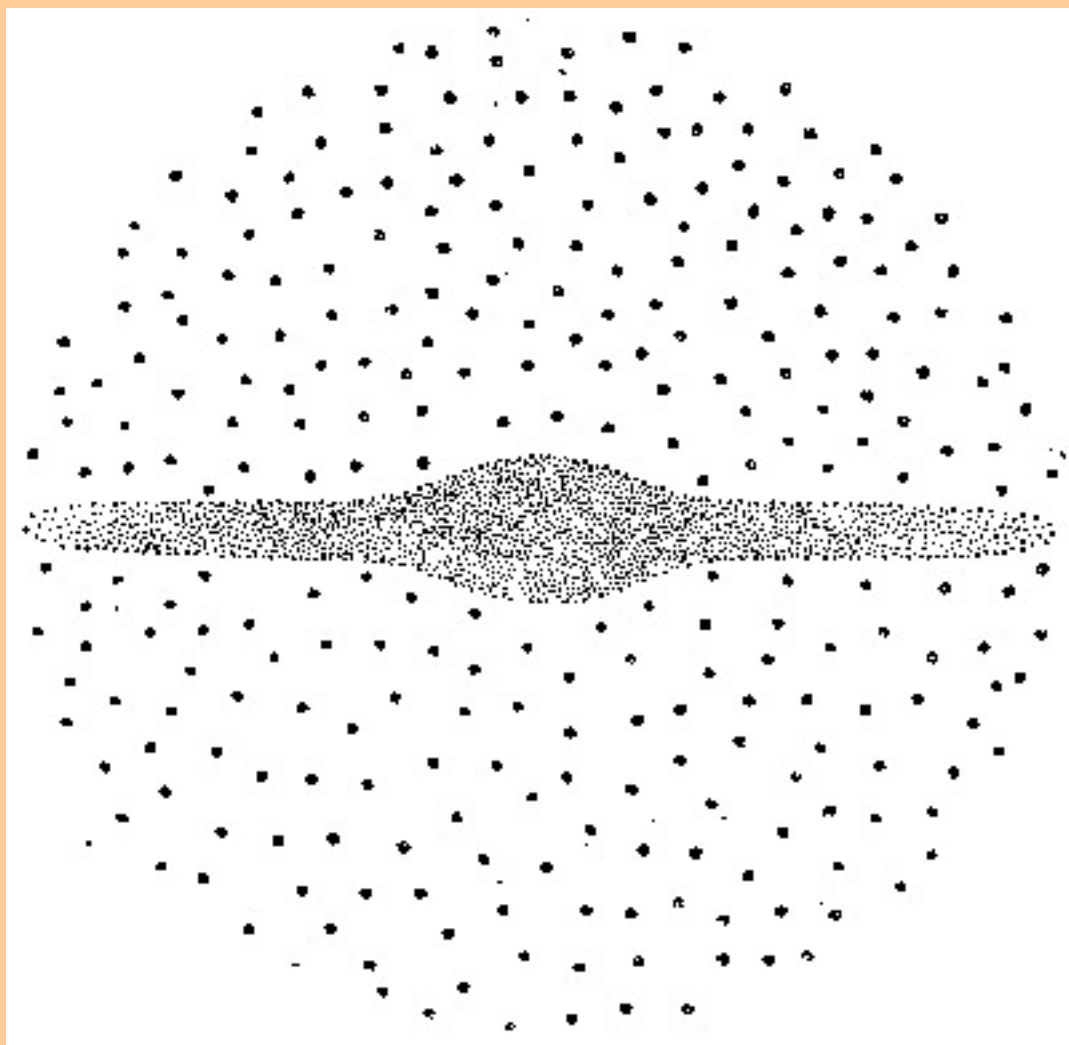
PRAMATEBIAŁ STWORZENIA • WSZECHŚWIAT ROI SIĘ OD ŚWIADOMOŚCI • PRZEZWYCIĘŻENIE BEZSENSOWNEGO KOSZMARU

Na początku był wodór. Poza tym nie było nic, tylko prawa natury i przestrzeń, nieprawdopodobnie dużo przestrzeni. Wszystko zaczęło się od tego, że niezmiernie wielki obłok gazowego wodoru zaczął się zapadać w sobie pod wpływem własnych wewnętrznych sił przyciągania. Cała nasza Droga Mleczna i wszystko, co dzisiaj w niej istnieje wraz z naszą Ziemią i nami – jest skutkiem owego początku sprzed jakichś 10, najwyżej 15 miliardów lat. To samo musiało dzieć się podówczas w wielu miliardach miejsc Wszechświata, gdy w tej niewyobrażalnie odległej przeszłości poczęły się zarodki tych wielu miliardów innych dróg mlecznych, które dzisiaj możemy fotografować naszymi teleskopami.

Gdy w ciągu niezliczonych milionów lat olbrzymi obłok kurczył się w kierunku swego punktu ciężkości, bardzo stopniowo wprowadzał się w ruch karuzeli. Było to nieuniknione, gdyż sprzeciwiałoby się wszelkiemu prawdopodobieństwu, żeby wszystkie atomy wodoru, z którego się składał, celowały dokładnie we wspólny punkt środkowy. Tymczasem ów ruch obrotowy odegrał rolę siły porządkującej w stosunku do obłoku, który do tej pory w wyniku ruchu kontrakcji miał postać zbliżoną do kuli. Obecnie obrót włączył do gry nową siłę, siłę odśrodkową. Pod jej wpływem w przeciągu wielu setek milionów lat, twór zaczął się z wolna spłaszczać i z czasem przyjął kształt ogromnego dysku o średnicy liczącej ponad 100 000 lat świetlnych.

Już w tej wczesnej epoce swych dziejów, gdy praobłok dopiero co zaczynał wchodzić w obrót wokół własnej osi, gdy więc był jeszcze prawie kulisty, w niektórych miejscach zaczęły tworzyć się na nim przypadkowe lokalne zagęszczenia, z których powstały pierwsze gwiazdy. Możemy dzisiaj jeszcze wytropić owe najstarsze słońca naszej Galaktyki. Fakt powstania ich w tej wczesnej fazie, w której nasza Galaktyka była jeszcze daleka od swej ostatecznej postaci, przejawia się dziś jeszcze w ich rozmieszczeniu przestrzennym, które w charakterystyczny sposób różni się od układu wszystkich pozostałych słońc naszego Układu. Najstarsze gwiazdy tworzą bowiem tak zwane "gromady kuliste", wysoce dziwaczne koncentracje wieluset tysięcy czy też milionów gwiazd zgrupowanych w kuli o średnicy przeciętnie "tylko" około 200 lat świetlnych. Ich starożytny archaiczny charakter, ich pochodzenie z czasów najwcześniejszej historii naszej Galaktyki, wyraża się najdobitniej w tym, że owe gromady kuliste nie są położone, tak jak pozostałe gwiazdy naszej

Galaktyki, w płaszczyźnie Drogi Mlecznej, to znaczy wewnątrz płaskiej tarczy, którą dzisiaj tworzy Droga Mleczna. Odkryte do tej pory trzysta gromad kulistych należących do naszej Galaktyki jest raczej równomiernie rozłożone po wszystkich stronach ośrodka, którym jest Droga Mleczna.



Przeciętny rozrzut "gromad kulistych" należących do naszego Układu Drogi Mlecznej.

Wolno nam przypuszczać, że ów rozkład obecnie jeszcze wyznacza przestrzeń, którą zajmowała nasza Droga Mleczna na początku swej historii, w czasach gdy była obłokiem gazowym o niemal kulistym kształcie. Przemawiają za tym także inne dziwne cechy tych starożytnych uczestników naszego Układu. Słońca należące do gromady kulistej są najstarszymi gwiazdami, jakie znamy. Wiek ich ocenia się na 6 do 10 miliardów lat. Wszystkie składają się praktycznie biorąc z czystego wodoru, bez uchwytnych domieszek ciężkich pierwiastków. Ale przede wszystkim gromady kuliste poruszają się po torach całkowicie niezależnych od ruchu obrotowego dzisiejszej Drogi Mlecznej. W odróżnieniu od wszystkich innych gwiazd tego Układu nie biorą one udziału w jej rotacji. I to również wyjaśnić można tylko tak, że po prostu powstały jeszcze w okresie, kiedy rotacji nie było.

Wszystkie owe specyficzne właściwości dotyczą także gromad kulistych tych innych galaktyk, które są dostatecznie blisko nas, żeby umożliwić przebadanie

takich szczegółów. W galaktyce sąsiadującej z nami, a mianowicie w oddalonej o jakieś 2 miliony lat świetlnych mgławicy Andromedy, znane nam jest nie mniej jak dwieście gromad kulistych, które wykazują wszystkie tu podane cechy szczególne. %

Według wszelkiego prawdopodobieństwa proces powstawania gwiazd rozpoczął się prawdziwie dopiero wówczas, gdy współdziałanie grawitacji i siły odśrodkowej nadało naszej Drodze Mlecznej formę typową dzisiaj dla niej i wszystkich innych mgławic spiralnych. Wniosek ten wynika zupełnie oczywiście z faktu, że z wyjątkiem słońc zgrupowanych w gromadach kulistych wszystkie, to jest jeden do dwóch miliardów gwiazd stałych należących do naszej Galaktyki, skoncentrowane są na owej zajętej dzisiaj przez Drogę Mleczną przestrzeni o kształcie dysku.

Powstała więc pierwsza generacja gwiazd stałych. Były to słońca składające się jeszcze z czystego wodoru, najlżejszego ze wszystkich pierwiastków, pramateriału stworzenia. Gdy gęstość ich stała się dostatecznie wielka, aby uruchomić reakcje atomowe w ich centrum – uczyniony został pierwszy krok 'na drodze, która poprzez konsekwentnie następujące po sobie etapy miała doprowadzić do powstania wszystkich dziewięćdziesięciu dwóch pierwiastków, z jakich obecnie zbudowany jest świat.

Mijały miliardy lat, w ciągu których niezliczona ilość słońc przemieniała składający się na nie wodór w hel, a następnie hel w węgiel, tlen i inne, nowe pierwiastki. Przez wiele miliardów lat wszystkie te gwiazdy ginęły w potężnych eksplozjach, w czasie których oddawały wyprodukowane przez siebie nowe pierwiastki pod postacią drobno rozproszonego pyłu w wolną przestrzeń w obrębie układu galaktycznego. Z wzbogaconej w ten sposób ciężkimi pierwiastkami materii międzygwiazdowej powstało w następstwie nowe pokolenie gwiazd, które proces ten ciągnęło dalej i uzupełniało liczbę pierwiastków do chwili, gdy z kolei przez swoją zagładę stwarzało warunki do jeszcze dalszego rozwoju wzwyż ponad osiągnięty w danym momencie poziom.

Po upływie niewyobrażalnie długiego czasu – przed około 5 miliardami lat – doszło wreszcie w rozwoju do takiego stanu, od którego rozpoczął się następny krok. W tej fazie bowiem powstały słońca z materii międzygwiazdowej zawierającej po raz pierwszy wszystkie pierwiastki, jakie mogą trwale występować na tym świecie. Z owego kształtującego się z wolna w ciągu miliardów lat materiału tworzyły się jednak nie tylko słońca, lecz także planety wokół nich. Z całą pewnością możemy to stwierdzić tylko w odniesieniu do własnego Układu Słonecznego. Odległość do najbliższych nawet sąsiadujących z naszym Słońcem gwiazd stałych jest tak wielka, że nie mamy dotąd żadnych możliwości ujrzania planet innych słońc. Ale byłoby to przecież sprzeczne z wszelkim prawdopodobieństwem, a tym samym z rozumem, gdybyśmy poważnie zakładali, że planety, i to w liczbie nie mniejszej jak dziewięć, powstały

akurat i wyłącznie tylko przy naszym Słońcu jako jedynej spośród stu miliardów gwiazd stałych naszej Drogi Mlecznej. Nawet gdybyśmy dla ostrożności przyjęli, że planety utworzyły się tylko wokół każdego co stutysięcznego słońca – oznaczałoby to, że w samej naszej Galaktyce istnieć musi milion układów planetarnych porównywalnych do naszego Układu Słonecznego.

Nie ulega wątpliwości, że należy zastosować takie samo logiczne założenie przystępując do następnego pytania: czy w całej olbrzymiej Drodze Mlecznej – nie mówiąc już zupełnie o miliardach innych galaktyk – ciąg dalszy potoczył się akurat tylko na naszej Ziemi, czy więc da się pogodzić z rozumem to, że tylko i wyłącznie na naszej Ziemi powstało życie, świadomość i inteligencja? Z takiego punktu widzenia ten zawsze jeszcze szeroko rozpowszechniony pogląd zdaje się wysublimowanym szczątkiem dawnego geocentrycznego urojenia o "pępku świata".

Istotnie dla większości ludzi i dzisiaj Ziemia wciąż jeszcze znajduje się w punkcie środkowym Wszechświata. Nie fizycznie ani astronomicznie, nie jako ciało niebieskie, wokół którego obraca się całe sklepienie gwiazd stałych. To że takie spojrzenie jest nazbyt naiwne, dotarło mimo wszystko do ogółu w ostatnich wiekach. Ale dla większości ludzi Ziemia nadal jest środkiem Kosmosu w innym sensie: trwa nadal przekonanie, że tylko i wyłącznie nasza planeta stworzyła życie i że jest ona w całym niezmiernie szerokim Wszechświecie jedynym punktem, w którym istnieje świadomość i inteligencja.

W rzeczywistości nie jest to niczym innym jak resztką ptolemejskiego przesądu. Rozum i logika nie dopuszczają żadnego innego wniosku jak tylko ten, że zarówno w naszej Drodze Mlecznej, jak we wszystkich innych mgławicach spiralnych roić się musi od życia. W niezliczonych miejscach tam na górze, ponad naszymi głowami, istnieje świadomość. W niezliczonych miejscach naszej Drogi Mlecznej i miliardów innych galaktyk poza jej granicami – deliberuje się nad zagadkami i tajemnicami wspólnego nam wszystkim Wszechświata.

Z drugiej strony, pewne jest także, że mnogość założeń i metod, różnorodność występujących tam aspektów i możliwości jest nieskończenie większa, aniżeli objąć potrafi wyobraźnia ludzka. Prawdopodobieństwo przemawia za tym, że znaczna większość owych założeń myślowych i aspektów, jakie powstać musiały poza jedynym znanym nam ziemskim rozwojem, byłaby dla nas całkowicie niezrozumiała, nawet gdybyśmy kiedykolwiek mieli możliwość je poznać. Nasze ziemskie środowisko wycisnęło na nas piętno znacznie bardziej swoiste, a tym samym utwierdziło nas i zacieśniło w naszych możliwościach w stopniu znacznie większym, niż jesteśmy tego świadomi. Po prostu nie mamy powodu, aby nad tym rozmyślać, ponieważ jesteśmy optymalnie dostosowani do środowiska ziemskiego ze wszystkimi jego szczególnymi właściwościami. Stąd – chociaż możemy być pewni, że nie jesteśmy sami w Kosmosie – jednakże przy dalszym opisie rozwoju" zmuszeni jesteśmy ograniczyć się tylko do Ziemi.

Przed mniej więcej 4 miliardami lat, gdy wiek Ziemi nie wynosił jeszcze całego miliarda lat, pod wpływem promieniowania słonecznego proste chemiczne związki na powierzchni ziemskiej zaczęły się łączyć w większe kompleksy molekularne. Stały się one dzięki temu podstawowym budulcem tego, co dzisiaj znamy pod pojęciem materii "ożywionej". Od tej chwili stało się pewne, że Ziemia nigdy już nie będzie tym, czym była do tej pory.

Około miliarda lat później doszło do następnego kroku. Powstały pierwsze komórki, uporządkowane struktury posiadające zdolność rozmnażania się przez podział, wyposażone we własną aktywność oraz zależną wprawdzie od świata zewnętrznego, ale wyraźnie odgraniczoną własną "przemianę materii". Powstanie pierwszych osobników stało się faktem.

I znowu minął cały miliard lat. Takiego właśnie ogromnego rozmiaru czasu potrzebowały mikroskopijnie drobne twory na rozprzestrzenienie się w ziemskim oceanie i na wytworzenie w dostosowaniu do zmiennych i zróżnicowanych warunków swego środowiska całego bogactwa różnorodnych istot żywych. Jednocześnie zaczęły one jednak przez samo swoje istnienie wywoływać zmiany Ziemi.

Drobne mikroorganizmy w oceanach archaicznej Ziemi produkowały tlen, którego do tej pory w atmosferze nie było. Jakkolwiek były bardzo drobne, liczba ich była tak niesłychanie wielka, że przemieniły one w sposób trwały chemiczny skład powietrznej powłoki naszej planety. Wszystek tlen, jakim oddychamy, wytworzony został właśnie przez nie. Dzięki owemu tlenowi zawartemu w powietrzu powstało od razu źródło energii umożliwiające ruch i tendencje rozwojowe życia, źródło przekraczające swoją wydajnością wszystko, co dotąd istniało.

Skutki nastąpiły niebawem. Od tej chwili zaczyna się wyraźne przyspieszenie tempa rozwoju. Już tylko 500 milionów lat potrzeba było na to, aby życie, które do tej pory ograniczało się do mórz na ziemskiej powierzchni, opuściło osłonę wodną i zdobyło suchy ląd. Już w 200 milionów lat potem kontynenty były opanowane przez olbrzymie gady epoki jaszczurów. Po dalszych 100 milionach lat przyroda "odkryła" zasadę ciepłokrwistości, która uniezależniła ruchliwość i aktywność istot żywych od aktualnej temperatury zewnętrznej. Potem potrzeba było już tylko 50 milionów lat do bogatego rozwoju ptaków i ssaków.

Wydawało się, że z tą chwilą rozwój został zamknięty, że życie osiągnęło najwyższy możliwy szczebel. Tymczasem na tym etapie doszło znowu do decydującego kroku naprzód przez wprowadzenie w grę zjawiska, które dotąd nie istniało.

Z sięgających daleko załączków, których początki giną w nieokreślonych mrokach przeszłości, u najwyższych form istniejących żywych istot wytworzyła się "świadomość". Od tej pory była już nie tylko ucieczka, głód czy też instynkt pielęgnacji potomstwa, lecz pojawiły się także – strach, ciekawość i

przychylność. Tylko 1 milion lat upłynął do momentu, gdy ów nowy wymiar tego, co żyje, wytworzył w końcu świadomość mogącą uzmysłwić sobie własną egzystencję. Teraz już powstał człowiek, a wraz z nim początek tego, co nazywamy "cywilizacją".

Cały opisany tu rozwój w ciągu swej dotychczasowej historii aż do dnia dzisiejszego przebiegał milcząco i bez świadków. Chociaż toczy się już od niewyobrażalnie długiego czasu – dopiero myśmy go odkryli. Od pierwszego poznania jego dziejów nie minęło nawet sto lat. Dopiero w naszym pokoleniu ludzkość po raz pierwszy zaczyna rozumieć samą siebie jako wynik tego niewiarygodnie długiego przebiegu, jako tymczasowy rezultat pewnego rozwoju, który będzie ciągnął się daleko w przyszłość ponad nami współczesnymi do celu, o którym nie wiadomo nam nic.

Na tle owych dziejów minęła zaledwie krótka chwila, od kiedy na tej planecie zjawisko "świadomości" przekroczyło decydujący próg dzielący niejasne, nieświadome siebie uczucie od zdolności do samopoznania. Ten stopień rozwoju został dotychczas osiągnięty – w każdym razie na Ziemi – tylko przez jedną jedyną formę życia: przez człowieka.

W ciągu tysięcy lat ludzkość daremnie usiłowała zrozumieć tajemnicze zjawiska przebiegające nad nią na niebie. Dopiero w czasach historycznych zrodziło się ponadto przekonanie, że bezpośrednie otoczenie, a także sam przeżywający i zadający pytania człowiek są nie mniej tajemnicze.

Pierwsze odpowiedzi człowiek wyprowadzał sobie z bezpośredniego naiwnego wyobrażenia. Jeszcze przed kilku wiekami wierzył, że jego Ziemia jest nieruchomym punktem środkowym całego świata, wokół którego obracają się Słońce, Księżyc i gwiazdy. Potem jednakże wyłoniło się założenie myślowe, które określamy jako przyrodnicze – ów jedyny w swoim rodzaju dalszy krok samokrytycznej świadomości, który widzialnemu światu stawia pytanie, jaki jest "obiektywnie", niezależnie od naszego wyobrażenia.

Rezultatem był zrazu szok "kopernikowskiego przewrotu". Z centrum świata człowiek poczuł się przeniesiony na drobny pyłek materii, bezwolnie pędzony w bezgranicznym zagubieniu poprzez Wszechświat nieskończenie rozległy i niewyobrażalnie wrogi życiu. Przez wieki całe taki właśnie obraz świata kształtował świadomość ludzkości, koszmar absolutnej izolacji pośród ogromnego Kosmosu, który nic nas nie obchodzi i któremu jesteśmy obojętni. Dzisiaj jesteśmy świadkami następnego kroku do poznania. Ta sama nauka, która zdemaskowała złudzenie i wiarę w Ziemię, jako centrum Wszechświata, przygotowuje nam obecnie zrozumienie tego, że obraz świata ostatnich czterech wieków był naprawdę tylko złym snem.

Nieprawdą jest, że jesteśmy podrzutkami w Kosmosie, którego obce piękno nie ma z nami nic wspólnego. Nieprawdą jest, że był nasz przebiega w

Wszechświecie, którego niezmierną pustkę przemierzamy wraz z naszą Ziemią bez żadnego z nim kontaktu, jak gdyby tolerowani ze względu na naszą małość, bez żadnego powiązania z rozwojem całości. Zaczynamy dzisiaj odkrywać, że Wszechświat był niezbędny, aby nas stworzyć i utrzymać. Nie tylko konieczny do tego rozmiar czasu, ale także potrzebne przestrzenie były nieprawdopodobnie wielkie.

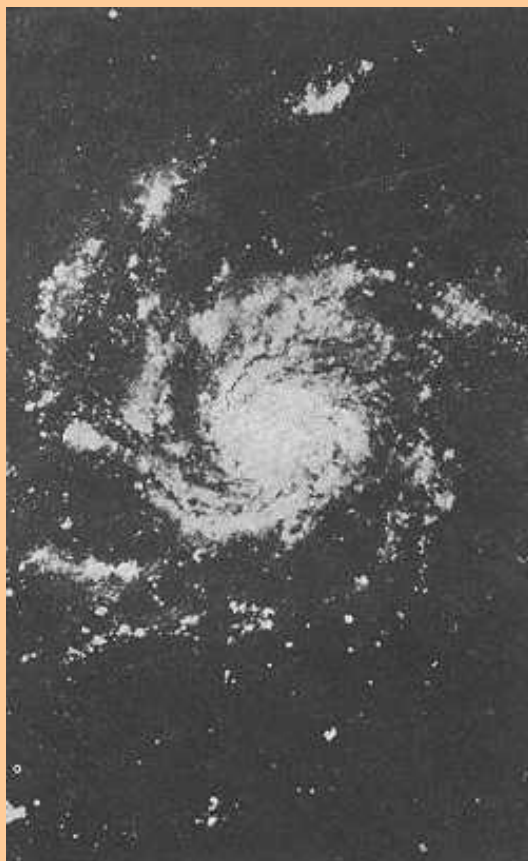
Niezliczone miliardy słońc musiały powstać i ginać, aby zrodziła się materia, z której złożony jest nasz świat i z której sami się składamy. Niezmiernie rozległe przestrzenie były potrzebne, aby na tej stosunkowo maleńkiej Ziemi – i na niezliczonych innych planetach – powstać mogły warunki, w jakich wyłącznie może rozwijać się życie. Zresztą nie tylko Ziemia i Słońce, także Księżyc i cała kunsztowna budowa Układu Słonecznego, a ponadto cała nasza Droga Mleczna w swej szczególnej postaci, wreszcie sam Wszechświat – są źródłem i podstawą naszej egzystencji. Dopiero siły i wpływy sięgające z Kosmosu aż do nas zapewniają po dziś dzień równowagę, ową uspokajającą trwałość naszego swojskiego codziennego otoczenia.

Nowy obraz Wszechświata, który nauka naszych dni zaczyna szkicować, tym się charakteryzuje w najważniejszych zarysach. Przestrzeń światowa, którą przemierzamy wraz z Układem Słonecznym, ma dziś dla nas już nowe oblicze. Nie jest to więc zimna, wroga życiu pustka, w której – jak dotychczas sądziliśmy – istniejemy -jako nie powiązany z niczym' przypadek. Jest to nasz Wszechświat. On nas zrodził i on utrzymuje nas przy życiu. Jesteśmy jego stworzeniami. To powinno napełniać nas ufnością, mimo że musimy przyznać, iż nikt nie jest w mocy powiedzieć nam, dokąd droga prowadzi.

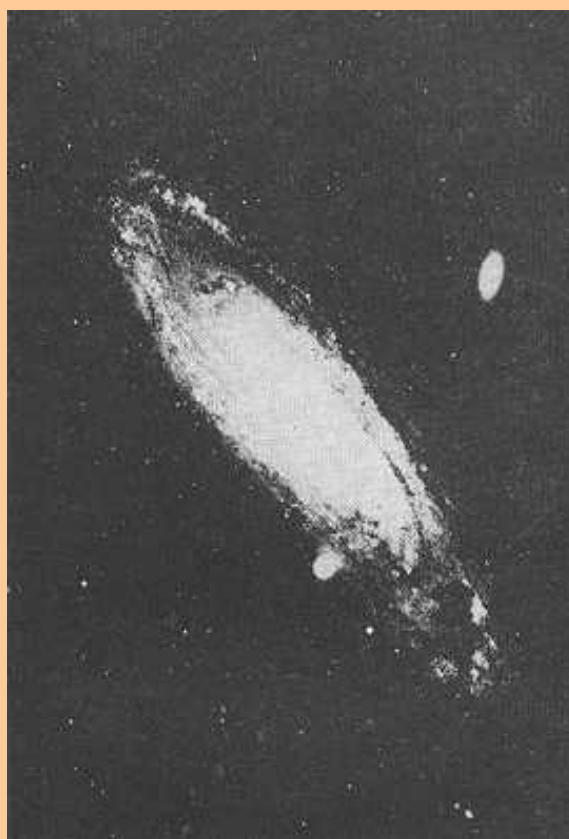
WKŁADKA



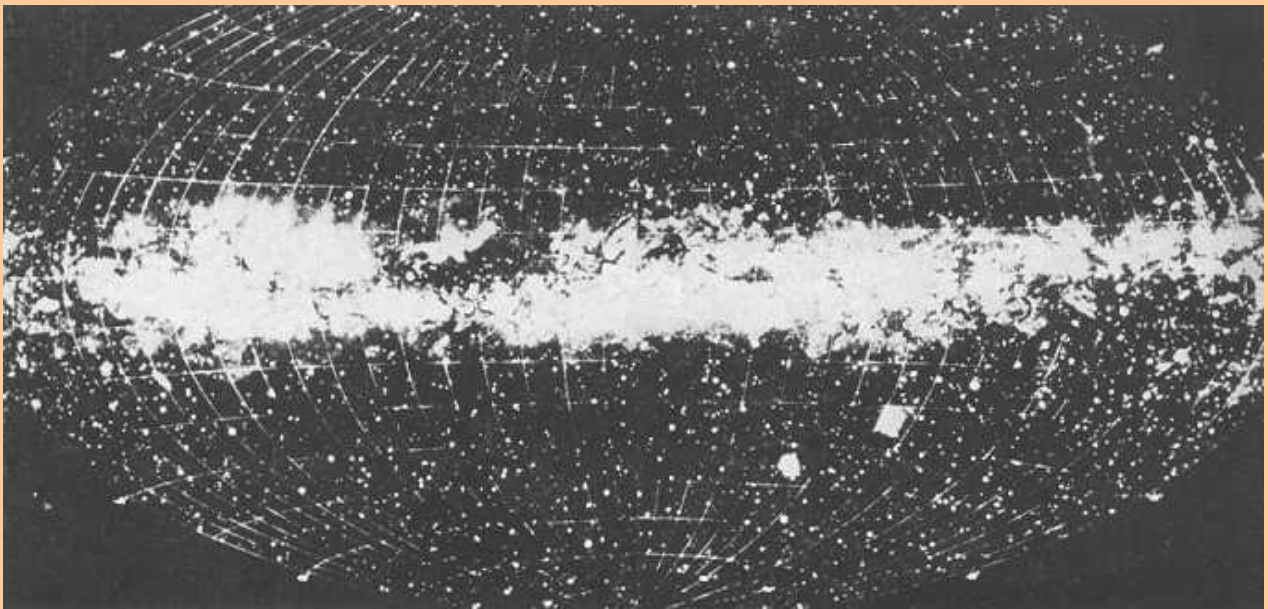
1. Ziemia widziana z miejsca w pobliżu Księżyca



2. Typowa mgławica spiralna; samodzielny system gwiazdowy położony poza naszą Drogą Mleczną



3. Inna "sąsiednia" mgławica – słynna mgławica Andromedy



4. Panoramiczne zdjęcie naszej Drogi Mlecznej



5. Ta widziana z krawędzi mgławica spiralna składa się z co najmniej 50 milionów gwiazd



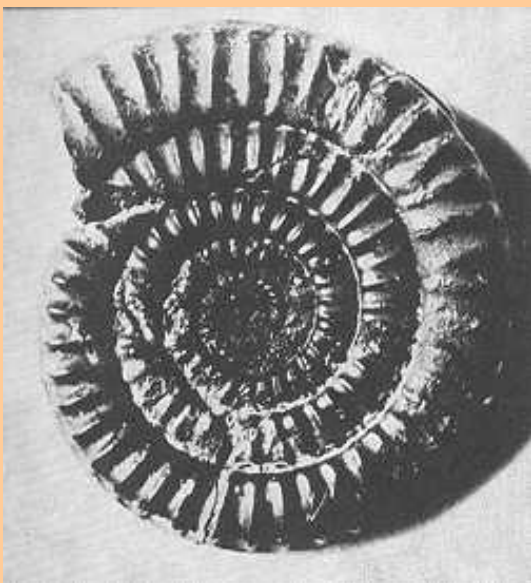
6. Mgławica Krab



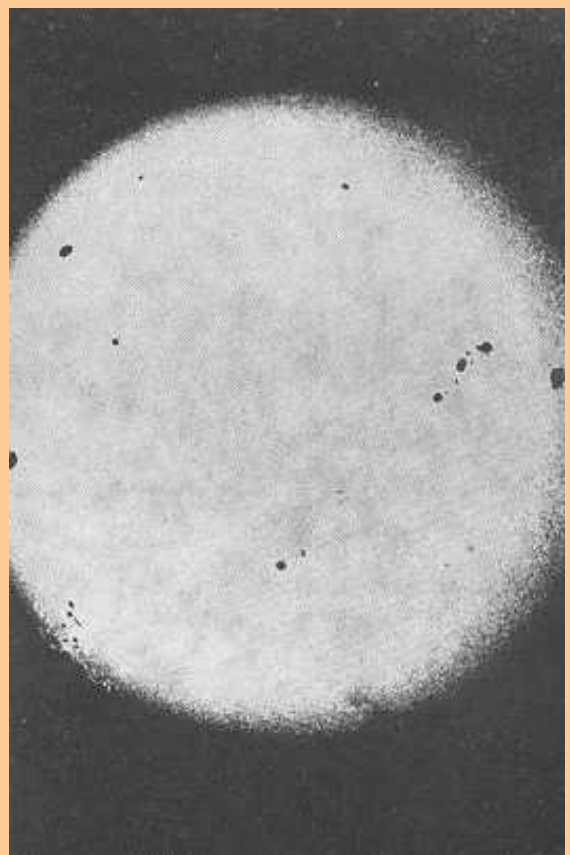
7. Cztery galaktyki leżące poza naszą Drogą Mleczną



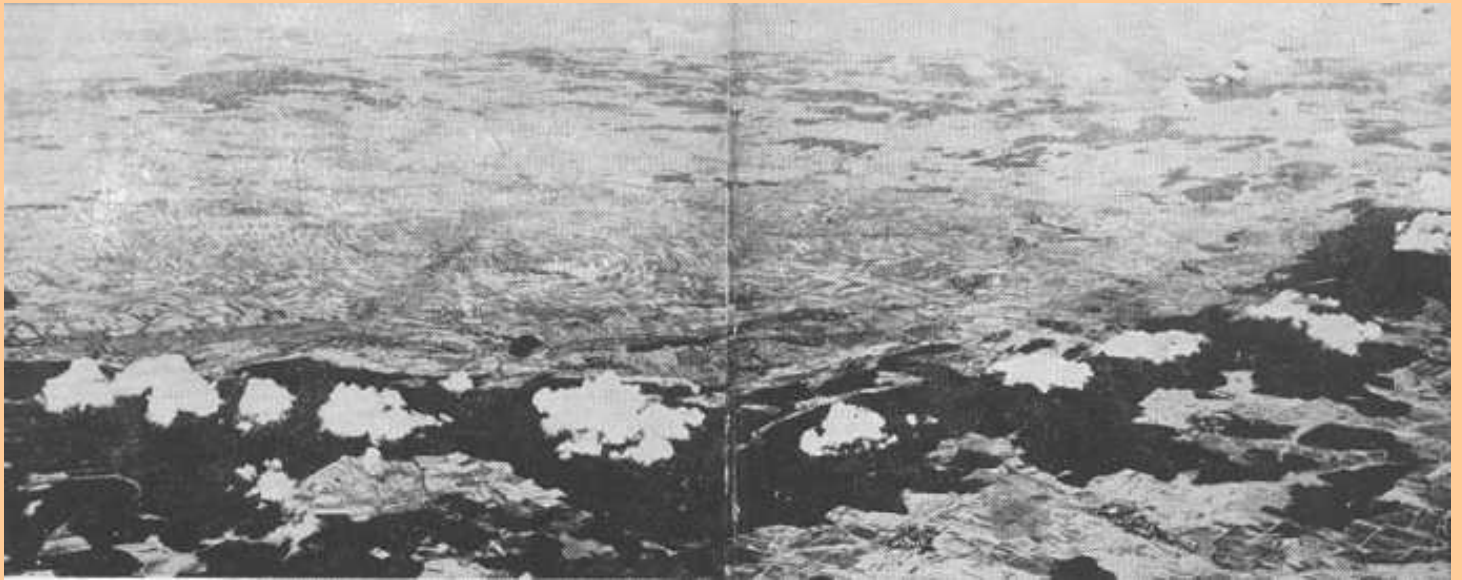
8. Każdy niemal z tych poszczególnych punktów świetlnych Jest całym światem, mgławicą wielkości naszej Drogi Mlecznej



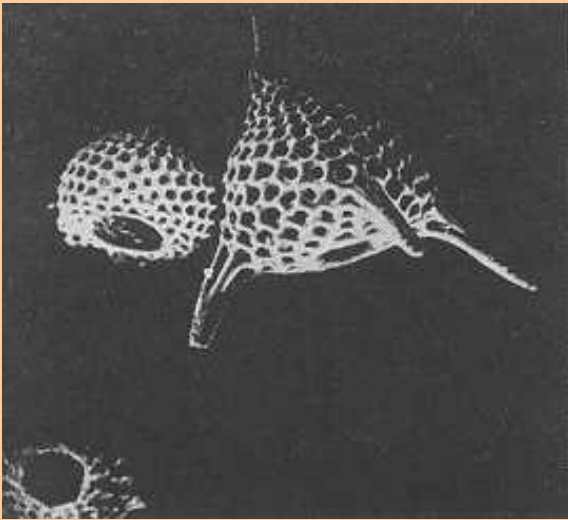
9. Skamieniała pozostałość amonitu, ślimakowatego zwierzęcia morskiego sprzed 500 milionów lat



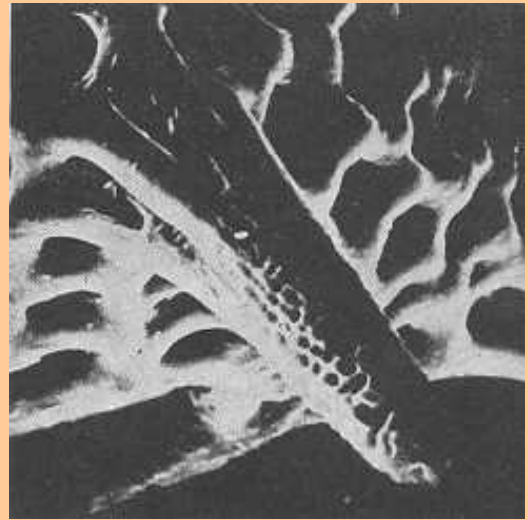
10. Tarcza naszego Słońca z jej typowymi plamami



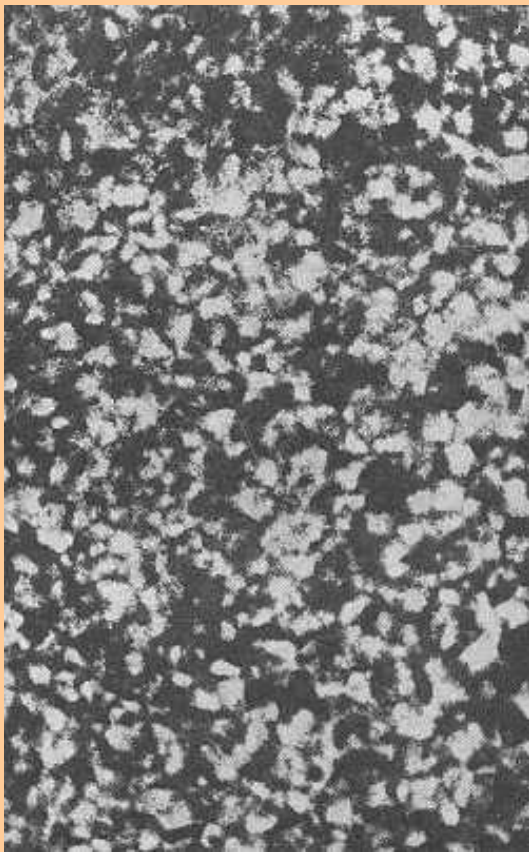
11. Nordlinger Ries, ogromna krasowa niecka powstała przed 15 milionami lat w wyniku uderzenia olbrzymiego meteoru



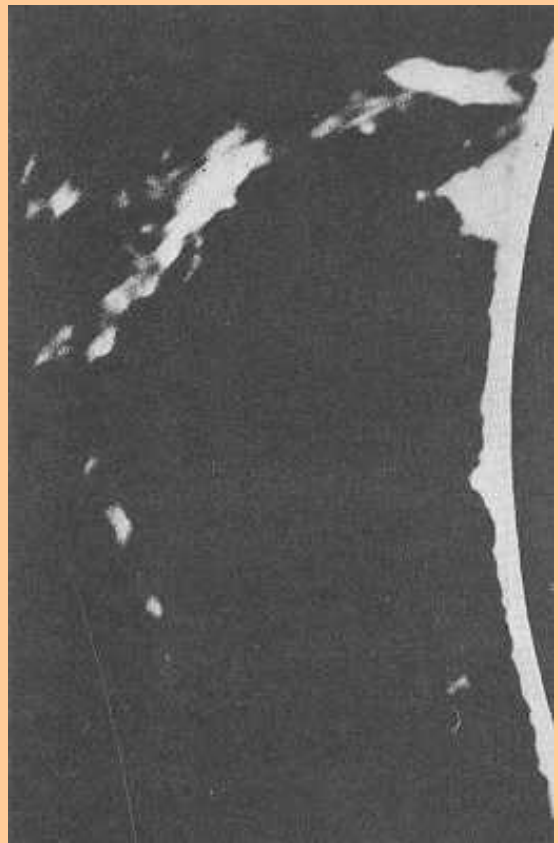
12. Szkieleciki radiolarii przy 500-krotnym powiększeniu



13. Zdjęcie szczegółu szkielecika radiolarii przy 20000-krotnym powiększeniu



14. Powierzchnia naszego Słońca przy silnym powiększeniu ujawnia typową "ziarnistość" ("granulację")



15. Zdjęcie szczególnie silnego wybuchu gazów na powierzchni Słońca



16. Model niecki Nordlinger Ries przypomina rzeźbą swego terenu krater Księżyca



17. Te pięć powiększonych punktów świetlnych przedstawia bardzo odległe mgławice (200 do 300 milionów lat świetlnych)



18. Typowa mgławica "eliptyczna". Na tego typu systemach nie istnieje – z tego, co wiemy – życie



19. Typowa mgławica spiralna o strukturze charakterystycznej dla 60 procent wszystkich dotąd zbadanych mgławic