

# Liczba Drake'a

MAREK WOLF

**Motto:**

*Świat jest tak wielki, że nie ma  
niczego takiego, czego by nie było*

przysłowie chińskie

W kończącym się za kilka lat XX wieku ludzkość była świadkiem wielu doniosłych odkryć w nauce i osiągnięć technicznych. Obecne stulecie zaczęło się od zbudowania przez braci Wright w roku 1903 pierwszego samolotu. Tuż potem Einstein w 1905 roku ogłosił szczególną teorię względności, a w 1916 ogólną teorię względności. Następnie, w latach dwudziestych, wielu fizyków wspólnie dokonało przewrotu w nauce tworząc mechanikę kwantową. W tym samym czasie w medycynie rewolucję przyniosło odkrycie przez Sir Aleksandra Fleminga penicyliny. Okres drugiej wojny światowej przynosi skonstruowanie bomby atomowej i pierwszego komputera. Lata pięćdziesiąte to rozszyfrowanie przez Jamesa D.Watsona i Francisa H.C.Cricka struktury DNA oraz pierwsze loty w kosmos. Jednak wszystkie te osiągnięcia mogą być w każdej chwili przyćmione przez odkrycie istnienia cywilizacji pozaziemskich.

W drugiej połowie XX wieku rozwinęła się nowa dziedzina nauki stawiająca sobie za cel znalezienie dowodów na istnienie życia pozaziemskiego. Chociaż nie ma ona ustalonej nazwy, regularnie odbywają się różnego rodzaju konferencje poświęcone tym problemom.<sup>1)</sup> W użyciu są dwa skróty: SETI, ang. Search for ExtraTerrestrial Intelligence, czyli Szukanie Pozaziemskiej Inteligencji oraz CETI, ang. Communication with ExtraTerrestrial Intelligence, tzn. Łączność z Pozaziemską Inteligencją. Ta nowa dziedzina bez nazwy korzysta z osiągnięć prawie wszystkich innych nauk: astronomii, fizyki, biologii, archeologii, teorii szyfrów, lingwistyki (powstały języki Lincos i Loglan do łączności międzygwiazdnej) a nawet prawa (aspekty polityczno-prawne ewentualnego nawiązania łączności z ETI) i teologii:

---

<sup>1)</sup> Co prawda istnieje nauka o nazwie egzobiologia (kosmobiologia), badająca możliwości życia na innych ciałach niebieskich i warunki lotów kosmicznych, ale nie zajmuje się ona metodami poszukiwania i nawiązywania kontaktów z innymi cywilizacjami.

są duchowni (np. biskup protestancki Stendhal) starający się pogodzić ewentualne inne formy życia pozaziemskiego z zasadami wiary.

## JUŻ STAROŻYTNI GRECY...

Problem istnienia życia pozaziemskiego rozważali już ponad 2500 lat temu filozofowie greccy. Demokryt (ok. 460-360 p.n.e) traktował Ziemię tak samo jak niebo. Zdawał sobie sprawę z tego, że część ciał niebieskich to planety takie same jak Ziemia i przypuszczał, że życie może istnieć tam, gdzie są sprzyjające ku temu warunki (np. obecność wody). Również Epikur (341-270 p.n.e.) był przekonany, że nie jesteśmy sami we Wszechświecie. Arystoteles (384-322 p.n.e.) był zwolennikiem dualizmu i przeciwstawiał okrąg ziemski sferze niebiańskiej. W związku z tym wyznawał pogląd, że życie istnieje tylko na Ziemi, która jest centrum Wszechświata. Od czasów Kopernika i jego zasady kosmologicznej, która usunęła Ziemię z centralnej pozycji we Wszechświecie, powszechne było przekonanie o istnieniu życia na innych ciałach niebieskich. Takie poglądy głosił np. Giordano Bruno i był prześladowany m.in. za to przez Inkwizycję. Odkrywca galaktyk, angielski astronom F.W.Herschel (1738-1822) uważał nawet, że życie istnieje na Słońcu — w jego czasach nie wiadano jeszcze, jaka temperatura panuje na innych ciałach niebieskich. Słynny filozof Immanuel Kant (1724-1804) próbował dociec, jakimi cechami życia charakteryzują się mieszkańcy poszczególnych znanych wówczas planet od Merkurego do Jowisza, co obecnie wydaje się być śmieszne i naiwne. Pod koniec ubiegłego wieku wielką popularność zdobyło przekonanie o istnieniu życia na Marsie, który podobnie jak Ziemia posiada atmosferę i na jego powierzchni, jak się wtedy wydawało, powinny panować warunki zbliżone do naszych. W roku 1877 przypadła wielka opozycja (występująca co 15-17 lat) i Mars zbliżył się do Ziemi na odległość tylko 55 milionów kilometrów. Pozwoliło to przeprowadzić szczegółowe obserwacje jego powierzchni. Mediolański astronom Giovanni V.Schiaparelli (1835-1910) odkrył na jego powierzchni siatkę długich linii, które zinterpretował jako sztuczne kanały. Stały się one przedmiotem wieloletnich zażartych sporów naukowych. Do zwolenników "kanałów" należał m.in. słynny astronom francuski Camille Flammarion (1842-1925) oraz Amerykanin Percival Lowell (1855-1916), który doliczył się 1000 kanałów. Po odkryciu kanałów marsjańskich istnienie Marsjan było uznawane za pewne. Jednak w 1909 roku grecki astronom E.M.Antoniadi, obserwując Marsa przez teleskop o średnicy 80 cm stwierdził, iż "kanały" to złudzenie optycznie spowodowane małą zdolnością rozdzielczą teleskopów. W rzeczywistości długie linie widziane przez Schiaparellego i innych składają się z szeregu przypadkowo nagromadzonych plam, które oko podświadomie

łączyło w jedną całość. Z kolei pewne nadzieje wiązano z księżycami Marsa, które są bardzo małymi obiektami (średnica poniżej 20 km) i dlatego spekulowano, iż być może są to statki kosmiczne wybudowane przez wysoko rozwiniętą cywilizację. W latach dwudziestych rozwinęły się nowe metody badawcze, których zastosowanie do badania Marsa pozwalało stwierdzić, że panuje na nim temperatura rzędu kilkudziesięciu stopni poniżej zera. Mimo to w świadomości społeczeństwa przekonanie o istnieniu Marsjan było tak wielkie, że po nadaniu przez radio 31 października 1938 roku audycji opartej na powieści H. Wellsa *Wojna Światów* w USA wybuchła panika: setki tysięcy ludzi wybiegło na ulice, jedni — aby witac Marsjan, inni — aby schronić się przed ich inwazją.

Obecnie wiadomo, że na żadnej z planet naszego układu słonecznego, oprócz Ziemi, nie istnieje życie. Jednak mimo negatywnych wyników badań przeprowadzonych przez amerykańskie sondy *Viking*, które wylądowały na Marsie, pewne nadzieje są stale wiązane z tą planetą. Ziemia i Mars na początku swego istnienia były bardzo do siebie podobne i być może w zmarzlinach lub pod powierzchnią Czerwonej Planety zachowały się ślady drobnoustrojów albo skamieliny prymitywnych roślin.

W roku 1820 słynny matematyk niemiecki Karol Fryderyk Gauss chciał zakomunikować innym cywilizacjom, że Ziemianie znają twierdzenie Pitagorasa. Zaproponował, aby w tym celu wyhodować na Syberii ogromne pasy sosen w kształcie trójkąta prostokątnego z kwadratami wzdłuż boków, a wewnątrz nich zasiać pszenicę. W 1840 Joseph von Littrow, dyrektor Obserwatorium Wiedeńskiego, sugerował wykopanie na Saharze gigantycznego rowu w kształcie okręgu, wypełnienie go naftą i podpalenie. Z kolei Francuz Charles Cros w 1869 wysunął ideę posyłania Marsjanom znaków za pomocą promieni słonecznych odbitych od gigantycznego lustra. Na przełomie wieków łącznością międzyplanetarną zajmował się żyjący w USA Chorwat Nicola Tesla, autor ponad 600 wynalazków i patentów. Niektórzy twierdzili, że został on przysłany na Ziemię z innej planety; zmarł on w wieku 87 lat, a okoliczności jego śmierci nie są jasne do dzisiaj. Tesla zbudował w 1899 roku w swoim laboratorium w Pikes Peak w Kolorado gigantyczne urządzenie składające się z solenoidu o długości 25 metrów i maszty o wysokości ponad 60 metrów. Urządzenie to zasiliał prądem zmiennym o dużym natężeniu, wierząc, że pole magnetyczne Ziemi będzie działać jako dodatkowy wzmacniacz. Mimo, że spowodował wyładowania elektryczne o długości 25 mil, nie doczekał się żadnych odpowiedzi od Marsjan.

## PROGRAM OZMA

W roku 1930 K.Jensky odkrył promieniowanie radiowe galaktyki. Od tej pory rozwinęła się radioastronomia, tzn. obserwowanie gwiazd, galaktyk itd. nie przez teleskopy dzięki wysyłanemu przez nie światłu widzialnemu, lecz za pomocą gigantycznych "radioodbiorników" odbiera się fale elektromagnetyczne o częstotliwościach leżących w zakresie fal radiowych. Obecnie prowadzi się obserwacje również w zakresie promieniowania podczerwonego, rentgenowskiego i gamma. W roku 1959 P.Morrison i G.Cocconi, dwaj fizycy z Uniwersytetu Cornell w USA, opublikowali na łamach renomowanego czasopisma *Nature* artykuł omawiający możliwe sposoby komunikacji międzygwiazdnej. Wskazali oni, że najbardziej odpowiednie dla łączności z innymi cywilizacjami powinny być fale o długości 21 cm (czyli częstotliwości 1420 MHz) odpowiadające przejściu nadsubtelnemu w atomach wodoru. Z powodu powszechnej obecności wodoru we Wszechświecie promieniowanie o długości 21 cm jest najczęściej spotykane i dlatego każda cywilizacja powinna prowadzić obserwacje w tym zakresie i łatwo w związku z tym odkryć na tle losowego sygnału ewentualne celowe przesyłanie informacji. Poza tym, wokół 1420 MHz jest najmniej zakłóceń — fala ta leży w strefie poniżej fal używanych w telewizji (około 0.6 m- 2 m) lub radiofonii UKF (1 - 10 metrów).

W rok po ukazaniu się pracy Morrisona i Cocconiego amerykański radioastronom Francis Drake z Narodowego Obserwatorium Radioastronomicznego w Green Bank rozpoczął nasłuchiwanie obcych cywilizacji na fali 21 cm. Antena odbiorcza radioteleskopu Green Bank miała średnicę 27 metrów. Zgodę na prowadzenie tych obserwacji wyraził O.Struve pochodzący z wielopokoleniowej rodziny astronomów. Podjęte badania nazwano Programem Ozma. Nazwę zaczerpnął Drake z książek L.F.Bauma, w których występuje władca dalekiego kraju o nazwisku Oz. Określenie to było bardzo odpowiednie, gdyż położenie tej krainy, otoczonej ze wszystkich stron Martwą Pustynią, nie jest znane a ponadto jej mieszkańcy nie byli po prostu ludźmi, lecz jakimiś istotami człekokształtnymi. Drake nasłuchiwał sygnałów przychodzących z gwiazdy  $\tau$  w gwiazdozbiore Wieloryba i  $\epsilon$  w gwiazdozbiore Rzeki Erydan<sup>2)</sup>. Gwiazdy te są odległe od Słońca o około 11 lat świetlnych<sup>3)</sup> i są podobne do Słońca.

---

<sup>2)</sup> Jak wiadomo, od starożytnych czasów niebo podzielone jest na gwiazdozbiory i przyjęło się oznaczać najjaśniejsze gwiazdy w gwiazdozbiore kolejnymi literami alfabetu greckiego, tzn.  $\alpha$  Centaura to najjaśniejsza gwiazda w gwiazdozbiore Centaura, a  $\tau$  w gwiazdozbiore Wieloryba to z kolei 19 gwiazda w tym gwiazdozbiore.

<sup>3)</sup> Odległości między obiektami kosmicznymi są tak olbrzymie, że odpowiednią jednostką jest rok świetlny, tzn. odległość, jaką przebywa światło poruszające się z prędkością 300 000 km/s w ciągu jednego roku. Inną używaną jednostką jest parsek. Jest to odległość, z jakiej promień orbity Ziemi (149 milionów km)

O istnieniu planet świadczy relatywnie wolna rotacja tych gwiazd: przekazały one mi-anowicie swoim planetom część momentu pędu. Czulość radioteleskopu była wystarczająca aby odebrać sygnał wysłany z okolicy tych dwóch gwiazd przez nadajnik o mocy 1 MW i antenę o średnicy 180 m. Począwszy od 8 kwietnia do lipca w sumie przez 150 godzin prowadzono nasłuch. Niestety (a może na szczęście ?), żadnych sygnałów mających sztuczny charakter nie odebrano. Po tej pierwszej próbie w ciągu ostatnich 30 lat było co najmniej 60 poszukiwań w 8 krajach; informacje o części z nich są zestawione w Tabeli na str???. Większość nasłuchów prowadzono na falach radiowych, ale były też próby optyczne, w podczerwieni, ultrafiolecie i w zakresie promieniowania gamma.

## LICZBA CYWILIZACJI W GALAKTYCE

Pierwsze oszacowanie liczby planet możliwych do zamieszkania w naszej Galaktyce pochodzi z roku 1750. Angielski samouk, Thomas Wright (1711 - 1768) uznał, że życie może istnieć na 170 000 000 planetach. W listopadzie 1961 roku podczas konferencji w obserwatorium w Green Bank zajmowano się problemem oceny liczby cywilizacji we Wszechświecie. Zaproponowano wówczas wzór, nazywany wzorem Drake'a, wyrażający liczbę cywilizacji  $D$  w naszej Galaktyce jako iloczyn szeregu czynników łatwiejszych do oszacowania. Ma on postać:

$$D = Nn f^g f^p f^l f^c L/T.$$

W powyższym wzorze  $N$  oznacza liczbę gwiazd w galaktyce,  $n$  średnią liczbę planet wokół typowej gwiazdy,  $f^g$  oznacza procent gwiazd żyjących dostatecznie długo, aby rozwinęło się wokół nich życie,  $f^p$  — ułamek planet o temperaturze, ciśnieniu i składzie atmosfery sprzyjających powstaniu życia,  $f^l$  — procent planet, na których powstało życie,  $f^c$  — część planet, gdzie rozwinęły się cywilizacje,  $L$  — czas istnienia zaawansowanej technicznie cywilizacji,  $T$  — wiek Galaktyki. Należy zwrócić uwagę, że wielkości o wymiarze czasu występują w liczniku i mianowniku, dzięki czemu lata się skracają i  $D$  jest liczbą niemianowaną, tzn. bez wymiaru, jak być powinno. Liczba gwiazd w Galaktyce zawiera się w przedziale od 100 do 600 miliardów i dlatego przyjmijmy, że  $N = 3 \times 10^{11}$ . Załóżmy także, iż średnio wokół każdej gwiazdy krąży  $n = 10$  planet. Astronomowie dosyć dobrze znają ewolucję gwiazd i z dużym prawdopodobieństwem wiadomo, że wiele z nich żyje ponad 5 miliardów lat, tj. tyle, ile istnieje nasz Układ Słoneczny i dlatego uzasadnione jest położenie  $f^g = 0.5 (= 50\%)$ . Następny czynnik stanowi  $f^p$  a oszacowanie jego

---

jest widoczny pod kątem 1 sekundy i równa się  $3.09 \times 10^{13}$  km = 3.26 lat świetlnych.

wielkości jest obarczone dużą niepewnością; np. C.Sagan w 1974 roku przyjął  $f^p = 0.1$ , a D.Goldsmith i T.Owen w swej książce *The Search for Life in the Universe* wydanej w 1980 roku przyjęli, że jedna planeta na 40 może mieć warunki pozwalające na istnienie życia, tzn.  $f^p = 0.025$  i my przyjmijmy za nimi tę wartość. W sferze spekulacji leży przyjęcie, że  $f^l = 1$  (Sagan) lub  $f^l = 0.5$  (Goldsmith i Owen), tzn., że na połowie planet o warunkach pozwalających na powstanie życia Przyroda skorzystała z nadarżającej się okazji. Największe rozbieżności dotyczą czynnika  $f^c$  — części planet, na których formy życia biologicznego w wyniku ewolucji prowadzą do powstania istot rozumnych. W literaturze dotyczącej SETI można spotkać wartości  $f^c$  zawarte między 1 a 0.0000001; bądźmy optymistami i położmy  $f^c = 0.5$ . Przyjmując, że Galaktyka istnieje 10 miliardów lat ( $T = 10^{10}$ ) i powyższe oszacowania czynników  $f$ ,  $N$  i  $n$  okazuje się, że we wzorze Drake'a prawie dokładnie się one skracają i liczba cywilizacji jest wyznaczona tylko przez średni czas ich trwania :

$$D = 3 \times 10^{11} \times 10 \times 0.5 \times 0.025 \times 0.5 \times 0.5 \times L/10^{10} \approx L.$$

Wynik powyższej analizy jest naprawdę zastanawiający i godny uwagi: liczba cywilizacji w Galaktyce jest równa w przybliżeniu okresowi życia cywilizacji wyrażonemu w latach. Gdy  $L$  jest rzędu kilkuset lat, możemy się spodziewać istnienia około kilkuset cywilizacji. Jeśli  $L$  jest rzędu 3500 lat, wówczas dwie cywilizacje byłyby odległe od siebie o około 2000 lat świetlnych, natomiast dla  $L \cong 20$  milionów lat, odległość między dwiema zamieszkałymi planetami wynosiłaby tylko 100 lat świetlnych. Ale czy cywilizacje mogą istnieć kilka milionów lat? A może mogą one istnieć w wiecznym Wszechświecie nieskończenie długo? Zwolennikiem takiego poglądu jest Dyson.

## DYSON I LOTY DO GWIAZD

Freeman Dyson jest jednym z najbardziej oryginalnych uczonych naszych czasów. Jego ojciec, Sir George Dyson, był dyrygentem Królewskiego Kolegium Muzycznego w Londynie. Młody Dyson był cudownym dzieckiem: w wieku 6 lat pasjonował się matematyką i astronomią. Rozpoczął studia matematyczne w Cambridge, ale po drugim roku został zaangażowany w lipcu 1943 do Dowództwa Bombowego RAF. Zajmował się tam przypadkowymi zderzeniami między samolotami brytyjskimi. Chodziło o to, że zwarte i liczne formacje bombowców brytyjskich były bardziej odporne na ataki niemieckich myśliwców, ale za to łatwiej dochodziło w tłoku do kolizji między nimi. Dyson zajmował się też problemami związanymi z wywoływaniem burz ogniowych podczas nalotów dywanowych. Po

wojnie wyjechał do USA i studiował fizykę w Cornell pod kierunkiem Hansa Bethego i Richarda Feynmana. Dyson jest jednym z twórców elektrodynamiki kwantowej — teorii, której przewidywania odnośnie zachowania się elektronów na bardzo małych odległościach ( $10^{-13}m$ ) zgadzają się z doświadczeniem z dokładnością do kilkunastu cyfr po przecinku. Pod koniec lat pięćdziesiątych brał udział w projekcie Orion. Kilku zapaleńców w USA marzyło wówczas o tym, aby polecieć do gwiazdy  $\alpha$  Centaura, odległej od Ziemi tylko o 4.3 lata świetlne. Kosmoloł Orion miałby mieć napęd atomowy: w ognisku olbrzymiej cząstki co ćwierć sekundy miały eksplodować niewielkie ładunki termojądrowe o małej mocy. Wybuchy byłyby inicjowane laserem. Lot na odległość 10 lat świetlnych trwałby 67 lat. Do napędu zamierzano użyć wszystkich bomb wodorowych na Ziemi, dokonując w ten sposób rozbrojenia jądrowego — mimo prac na rzecz wojska w czasie wojny Dyson jest zagorzałym pacyfistą.

W 1971 roku Dyson uczestniczył w pierwszej konferencji poświęconej kontaktom z pozaziemskimi istotami rozumnymi, która odbywała się w Biurakanie w Armenii. Przedstawił tam koncepcję znaną obecnie jako "sfera Dysona". Wysoko rozwinięte cywilizacje potrzebowałyby dla swojego istnienia gigantycznych ilości energii. Naturalnym i praktycznie niewyczerpanym źródłem energii są gwiazdy, trzeba tylko umieć zatrzymać ich promieniowanie przed ucieczką w otchłanie kosmosu. Dyson sugerował możliwość zbudowania przez cywilizacje olbrzymiej skorupy wokół swojego słońca z materiału jednej z planet [4]. Taka sfera byłaby niewidoczna na zewnątrz w świetle widzialnym, ale za to wypromieniowywałaby sporo energii w widmie podczerwonym. Dyson postulował poszukiwanie ciemnych obiektów o temperaturze pokojowej i rozmiarach zbliżonych do orbity Ziemi. Na początku lat siedemdziesiątych takie obiekty nie były znane, wkrótce jednak odkryto kilka tysięcy zimnych obiektów, przy czym niektóre z nich wysyłają jednocześnie silne sygnały radiowe. Astronomowie uważają, że nie są to ślady istnienia cywilizacji Dysona, lecz naturalne zjawiska związane z tworzeniem się młodych gwiazd z pyłu międzygwiazdowego. Wielkość wykorzystanej energii przez cywilizację jest podstawą klasyfikacji zaproponowanej przez profesora N.S.Kardaszewa z Instytutu Badań Kosmicznych w Moskwie. Cywilizacje I rodzaju zużywają całą energię swojej planety ( $10^{20}erg/s$ ), cywilizacje II typu wykorzystują energię swojego Słońca ( $10^{33}erg/s$ ), a III rodzaju potrafią wykorzystać energię swojej galaktyki ( $10^{44}erg/s$ ).

Dyson jest także zwolennikiem wyjątkowej roli komet i innych małych ciał w powstaniu biologicznych form życia. W 1865 roku Richter twierdził, że zarodniki życia mogą

być przenoszone przez meteory. Dyson podkreśla, że na kometach pojawiających się w pobliżu Ziemi stwierdza się obecność wszystkich podstawowych składników potrzebnych dla wytworzenia życia. Jednak komety przebywają głównie z dala od Słońca i dlatego jest na nich zimno, a poza tym brak na nich powietrza. Słynny astronom angielski Sir Fred Hoyle wraz ze swym uczniem pochodzącym ze Sri Lanki N.Chandra Wickramasinghe uważają, że przejścia blisko Ziemi komet, zawierających w ogonach wirusy i bakterie, mogło powodować w przeszłości epidemie dżumy, ospy, grypy lub obecnie AIDS. W ten sposób uzasadniona byłaby powszechna w poprzednich wiekach wiara, że pojawienie się na niebie komety przynosi nieszczęścia.

Jesienią 1978 roku na Uniwersytecie Nowojorskim Freeman Dyson wygłosił cztery wykłady w serii *Wykładów Jamesa Arthura o czasie i jego tajemnicach*. Ukazały się one potem w poważnym czasopiśmie fizycznym *Reviews of Modern Physics* <sup>4)</sup> pod ogólnym tytułem : *Czas bez końca: Fizyka i biologia w otwartym Wszechświecie* [5]. W pracy tej, zawierającej 137 wzorów, Dyson zajmuje się losem Wszechświata w bardzo dalekiej przyszłości — skala czasowa rozważanych problemów jest rzędu  $10^{1500}$  lat !!! Zgodnie z istniejącymi obecnie poglądami, Wszechświat dąży albo do stanu tzw. śmierci cieplnej (gdy będzie się rozszerzać w nieskończoność), albo zacznie się w pewnym momencie kurczyć i zapadnie się do punktu o nieskończonej temperaturze, p.Uzupełnienie 1. Dyson uważa, że tego typu kwestie nie należą tylko do domeny fizyki lub kosmologii, gdyż wysoko rozwinięta cywilizacja czerpiąc energię z całych galaktyk lub kwazarów może przebudować część Wszechświata i zmienić lokalnie topologię czasoprzestrzeni tak, by uniknąć zamrznięcia lub usmażenia się.

W latach siedemdziesiątych odkryto w Gabonie w kopalni uranu naturalny reaktor atomowy pochodzący sprzed 2 miliardów lat. Mierząc stosunek zawartości dwóch izotopów samaru, stwierdzono, że prawa fizyki rządzące zjawiskami jądrowymi i elektromagnetycznymi zmieniają się mniej niż kilka części na  $10^{18}$  w ciągu roku. Dlatego Dyson założył, że stałe fundamentalne (np. stała Plancka, prędkość światła), natężenia sił jądrowych, elektromagnetycznych i grawitacyjnych nie zmieniają się w czasie. Przyjął też, że Wszechświat jest otwarty oraz że znamy już wszystkie ważne prawa fizyki. Najsilniejsze założenie dotyczyło stosowalności praw skalowania w biologii. Opierając się na tych przesłankach, Dyson dochodzi do wniosku, że społeczeństwo zdolne do wykonania prac inżynierskich na skalę galaktyk mogłoby być nieśmiertelne !!! Jednak w toku ewolucji, aby przetrwać, życie mu-

---

<sup>4)</sup> To właśnie czasopismo tradycyjnie publikuje wykłady noblowskie z dziedziny fizyki.

siałoby zmienić obecne formy biologiczne i wcielić się np. w międzygwiazdną chmurę lub nawet jakąś postać galaktyk posiadającą świadomość i pamięć. Dalej Dyson zajmuje się problemem porozumiewania się dwóch społeczeństw i dowodzi, że fizycznie jest możliwe, aby utrzymać stałą łączność między  $10^{22}$  gwiazdami wewnątrz sfery o promieniu kilku miliardów lat świetlnych spożytkowując na to energię tylko jednej gwiazdy typu Słońca. Możliwe byłoby też przekazywanie informacji na odległości znacznie większe, gdyby kilka społeczeństw wzdłuż trasy służyło jako stacje przekaźnikowe odbierające, wzmacniające i retransmitujące sygnały.

## KTÓRA STRONA JEST PRAWA, A KTÓRA LEWA

Do stałych punktów konferencji poświęconych problemom SETI-CETI należą sprawy porozumienia się z "NIMI". Duński matematyk Hans Freudentahl opublikował w 1961 roku pracę, w której przedstawił język *Lincos* służący porozumiewaniu się z innymi cywilizacjami. Większość metod komunikowania się z obcymi społeczeństwami oparta jest na założeniu, że wszystkie one rozwiną matematykę w takiej postaci, jaką znamy na Ziemi. Dlatego proponuje się wysyłać jako sygnały wywoławcze np. ciąg liczb pierwszych w zapisie dwójkowym. Taki właśnie sposób został wybrany przez Carla Sagana w wydanym niedawno w Polsce jego bestsellerze *Kontakt*. Jednak dla nawiązania bliższej znajomości z NIMI chcielibyśmy wysłać im co najmniej opis naszego wyglądu. Mamy głowę na górze, dwoje rąk i nóg, serce po lewej stronie, a wątrobę po prawej. Drogi Czytelniku, czy zastanawiałeś się kiedyś, jak wytłumaczyć komuś gdzie jest lewa strona, a gdzie prawa używając tylko słów i nie odwołując się do pokazywania rąk? Inaczej mówiąc, czy można zaproponować doświadczenie, pozwalające rozróżnić lewą stronę od prawej? Okazuje się to całkiem nietrywialnym zadaniem. Co rozumiemy przez górę i dół jest łatwo wytłumaczyć — kierunki te są wyznaczone w jednoznaczny sposób przez pole grawitacyjne: dowolny przedmiot spada swobodnie z góry w dół. Równie łatwo można powiedzieć co znaczy "bliżej" i "dalej". Ale do jakich zjawisk fizycznych się odwołać, aby wytłumaczyć znaczenie słów "lewy" i "prawy"? Okazuje się, że do 1957 roku nie było na to sposobu: wszystkie Prawa Przyrody wydawały się być symetryczne względem zwierciadlanego odbicia. Zapewne wielu czytelników pamięta ze szkoły różne "reguły lewej ręki" związane ze zjawiskami magnetycznymi. Jednak aby z nich skorzystać, trzeba umieć wytłumaczyć, który biegun magnesu jest północny, a który południowy, a to jest również sprawą konwencji. W pierwszej połowie naszego wieku wielu fizykom wydawało się, że odkryli jakąś własność Przyrody, pozwalającą odróżnić jeden biegun magnetyczny od drugiego bez posługiwania się zewnętrznym polem

magnetycznym. Czasem nawet publikowano w czasopismach naukowych prace donoszące o takich "odkryciach", ale zawsze okazywały się one później błędne.

Jednym z nowych kierunków badań, które rozwinęły się w XX wieku jest fizyka cząstek elementarnych. Niewątpliwe jej odkrycia należą do najbardziej spektakularnych osiągnięć nauki, a akceleratory o średnicy kilkudziesięciu kilometrów do największych i najdroższych (kilka miliardów dolarów) narzędzi badawczych. Wiele Nagród Nobla z fizyki przyznano właśnie za odkrycia w dziedzinie cząstek elementarnych, wspomnijmy tylko doświadczalne potwierdzenie istnienia antyprotonu (O.Chamberlain i E.Segre, 1959), wprowadzenie koncepcji symetrii unitarnej i kwarków przez Gell-Manna (1969), odkrycie prądów neutralnych (Ting i Richter, 1976) i bozonów pośredniczących  $W^\pm$  i  $Z^0$  (C.Rubbia i Sz. van de Meer, 1984). Badając cząstki elementarne nazywane mezonami K natrafiono w połowie lat pięćdziesiątych na "zagadkę  $\Theta - \tau$ ". Wydawało się, że istnieją dwa rodzaje mezonów K, mające dokładnie tę samą masę, ten sam ładunek elektryczny i czas życia, a różniące się tym, że jeden (nazwany mezonem  $\Theta$ ) rozpadał się na dwa mezony  $\pi$ , a drugi (nazwany mezonem  $\tau$ ) na trzy mezony  $\pi$ . Gdyby przyjąć, że jest to jeden i ten sam mezon, który czasem rozpada się na 2 a czasem na 3 piony, wówczas oznaczałoby to, że w świecie cząstek elementarnych nie obowiązuje symetria ze względu na odbicia zwierciadlane. Przypomnijmy, że zasada zachowania energii i pędu jest wynikiem symetrii praw fizycznych ze względu na przesunięcia odpowiednio w czasie i przestrzeni, a zasada zachowania momentu pędu jest związana z symetrią świata ze względu na obroty. Analogicznie, z odbiciami zwierciadlanymi związane jest prawo zachowania pewnej wielkości, nazywanej parzystością. Nietrudno sobie wyobrazić, jaką rewolucją było przyjęcie możliwości niezachowania parzystości podczas pewnych oddziaływań cząstek elementarnych. Na herezję zdobyli się dwaj fizycy amerykańscy chińskiego pochodzenia: Cheng Ning Yang i Tsung Dao Lee. W pracy opublikowanej w *Physical Review* zaproponowali kilka doświadczeń pozwalających stwierdzić, czy w słabych oddziaływaniach (p.Uzupełnienie 2) zachowywana jest parzystość. Jedno z takich doświadczeń zostało przeprowadzone przez chińską fizyczkę Chien-Shiung Wu w roku 1957. Fizycy z niecierpliwością oczekiwali rezultatu tego doświadczenia i nawet zakładali się między sobą o jego wynik. Okazało się, że podejrzenia Yanga i Lee były słuszne: prawo zachowania parzystości nie obowiązuje w oddziaływaniach słabych, natomiast oddziaływania silniejsze od nich: elektromagnetyczne i silne — zachowują parzystość; nie wiadomo natomiast jakie prawa zachowania są łamane przez grawitację. Wynik doświadczenia pani Wu pozwala odróżnić, bez uciekania się do pokazywania rąk lub konwencji, która

strona jest lewa, a która prawa. Yang i Lee zostali w 1957 roku laureatami Nagrody Nobla. Wydawało się, że powinna być spełniona symetria względem jednoczesnego odbicia zwierciadlanego i zamiany materii na antymaterię. Jednak w roku 1964 James W. Cronin i Val Z. Fitch pokazali doświadczalnie, że również ta kombinowana symetria jest łamana przez oddziaływania słabe. Za to doświadczenie otrzymali oni Nagrodę Nobla w 1980 roku. W ten sposób można stwierdzić na odległość, czy jakaś cywilizacja nie jest przypadkiem zbudowana z antymaterii. Nie ma też niebezpieczeństwa, że inna cywilizacja wykona odpowiednik doświadczenia pani Wu z antycząstkami i pomyli w ten sposób stronę prawą z lewą.

Wynik doświadczenia pani Wu wywołał szok wśród fizyków i pod koniec lat pięćdziesiątych uważano, że jest to najważniejsze odkrycie od czasów doświadczenia Michelsona-Morleya, które wykazało nieobecność eteru oraz było punktem wyjścia dla stworzenia szczególnej teorii względności. Przykład ten pokazuje, że a priori nie wiadomo, co wyniknie z jakiegoś faktu doświadczalnego — dopiero historia weryfikuje odkrycia i coś ważne dzisiaj może się okazać jedynie ciekawostką za kilkadziesiąt lat.

## ZASADA ANTROPICZNA

W ostatnich kilkunastu latach dużą popularność zyskała tzw. zasada antropiczna. Istnieją dwie wersje tej zasady: słaba i silna. Słabą zasadę zaproponował w 1961 Robert Dicke, fizyk z Princeton znany ze swoich doświadczeń potwierdzających równość masy bezwładnej i grawitacyjnej. Wersja ta sprowadza się do stwierdzenia truizmu, że ponieważ istnieje nasza cywilizacja, Wszechświat i prawa nim rządzące muszą być takie, aby dopuścić istnienie istot żywych na pewnym etapie rozwoju. Natomiast wersja silna, wprowadzona przez Anglika Brandona Cartera z Uniwersytetu w Cambridge, mówi że prawa Przyrody i ewolucja Wszechświata są takie, iż na pewnym etapie *muszą* się pojawić istoty rozumne. Innymi słowy, nie może istnieć kosmos bez życia biologicznego. To szokujące stwierdzenie znajduje uzasadnienie w ścisłym (celowym) dopasowaniu stałych fundamentalnych i innych parametrów określających budowę Wszechświata.

Ciężkie pierwiastki (np. metale: tytan, wanad, chrom, złoto) powstają w ciągu kilku minut podczas eksplozji supernowej. Tym spektakularnym zjawiskom towarzyszy tak wielki wzrost jasności, że gwiazda potrafi świecić jak cała galaktyka. Nasz układ planetarny powstał mniej więcej 5 miliardów lat temu z pyłów wyrzuconych z eksplodującej w pobliżu rodzącego się akurat Słońca supernowej. Ponieważ zewnętrzne warstwy eksplodującej gwiazdy są odrzucane przez gigantyczny strumień uciekających neutrin <sup>5)</sup>, niewielka zmiana

---

<sup>5)</sup> Słynna supernowa z 24 lutego 1987 roku, odległa od Ziemi o około 160 000 lat świetlnych, w ciągu

wartości stałej sprzężenia oddziaływań słabych spowodowałyby całkowicie inny skład chemiczny Wszechświata. Atomy, z których jesteśmy zbudowani i z których składają się nasze przedmioty codziennego użytku bardzo, bardzo dawno temu znajdowały się we wnętrzu gwiazdy supernowej.

Z kolei, gdyby oddziaływania silne były o 5% słabsze, nie mógłby istnieć deuter i nie zachodziłby główny cykl reakcji jądrowych produkujących życiodajną dla nas energię na Słońcu. Również stosunek liczby protonów do neutronów bardzo silnie (wykładniczo) zależy od pozornie dowolnych wartości nie związanych ze sobą takich stałych jak prędkość światła i stała Boltzmanna. Gdyby ładunek elektryczny protonu był tylko nieco większy, przy zachowaniu wartości stałej oddziaływań silnych, to jądra ciężkich pierwiastków byłyby nietrwałe i nie występowałyby na Ziemi m.in. fosfor, wapń, ołów, uran; nie istniałoby również życie, przynajmniej w obecnej formie. Dużej precyzji i dokładności od Stwórcy wymagało dobranie gęstości materii we Wszechświecie. Gęstość ta jest wyznaczona przez liczbę atomów we Wszechświecie, która wynosi około  $10^{80}$ . Gdyby wynosiła ona  $10^{86}$  — kosmiczne rozszerzanie trwałoby tylko 100 milionów lat i Wszechświat już dawno zapadłby się do punktu nie dając możliwości rozwoju życia. Tego typu zadziwiających koincydencji i przypadków znaleziono dużo więcej, co Sir Hoyle podsumował mówiąc: *"Wszechświat jest naumyślnie zrobiony"*. Powstanie życia na Ziemi zależało od tak wielu przypadków i wymagało precyzyjnego dopasowania tak wielu parametrów, że być może jesteśmy wyjątkiem we Wszechświecie. Dodatkowego argumentu dostarczyły wyniki symulacji komputerowych M.H.Harta [6]. Wykazał on, że powstanie na planecie takiej atmosfery, jak na Ziemi, było możliwe tylko przy spełnieniu wielu warunków. Gdyby promień orbity planety różnił się od aktualnej wartości o więcej niż -5% - +1%, wówczas albo występowałyby na Ziemi upały, albo tak niskie temperatury, że wszystkie oceany byłyby skute całkowicie lodem, a przecież życie powstało właśnie w głębinach mórz. Również masa Słońca musi się zawierać w granicach  $\pm 20\%$  jej wartości, co jest związane m.in. ze stabilnością układu planetarnego. Wszystkie te zadziwiające zbiegi okoliczności, wraz ze wspomnianym wcześniej wybuchem supernowej w pobliżu młodego Słońca, skłaniają do przekonania, że rozwój życia może

---

kilku sekund wyrzuciła około  $10^{58}$  neutrin, a całkowita energia przez nie uniesiona wynosiła  $10^{53}$  ergów. O tym jak słabe są słabe oddziaływania może świadczyć fakt, że spośród  $3 \times 10^{16}$  neutrin, które przeszły przez ważący 5000 ton detektor znajdujący się w kopalni soli koło Cleveland, tylko 22 wywołały w nim reakcję. Ocenia się, że neutrina z Supernowej 1987A spowodowały reakcję w ciałach około miliona ludzi, oczywiście całkowicie nieszkodliwe.

być zjawiskiem niepowtarzalnym we Wszechświecie. Słynny francuski mikrobiolog Jacques Monod, laureat Nagrody Nobla z roku 1965, krytykuje wszelkie programy typu SETI i uważa, że splot wydarzeń prowadzących od jednokomórkowców do człowieka jest tak wyjątkowy, iż nie ma nigdzie więcej życia we Wszechświecie. Podobnie sądzi amerykański fizyk John Archibald Wheeler, współautor znanej również w Polsce książki *Fizyka czasu-przestrzeni*.

Z drugiej strony, przeciw zasadzie antropicznej w jej silnej formie przemawiają osiągnięcia biologii. Dużą rolę w upowszechnieniu się przekonania o istnieniu życia pozaziemskiego odegrała teoria Darwina o ewolucyjnym pochodzeniu człowieka. Jeżeli w sprzyjających warunkach możliwy jest *naturalny* rozwój form biologicznych od prymitywnych bakterii do wysoce skomplikowanych organizmów posiadających mózg, to nie ma powodu, dla którego życie miałoby istnieć tylko w jednym miejscu. Dodatkowych argumentów za taką ideą dostarczył w tym samym czasie Kirchoff, który metodami spektroskopowymi określił skład chemiczny Słońca i pokazał, że we Wszechświecie występują takie same pierwiastki chemiczne jak na Ziemi. Za epokowe należy uznać doświadczenie przeprowadzone w 1953 roku przez młodego studenta amerykańskiego Stanleya Millera [7]. Nappełnił on szklaną kolbę wodorem, metanem, amoniakiem, parą wodną, a więc gazami, które tworzyły pierwotną atmosferę ziemską. Następnie wywołał w kolbie wyładowania elektryczne i w ten sposób spowodował syntezę wielu organicznych związków chemicznych, m.in aminokwasów - podstawowych składników żywych organizmów. Jeszcze w 1940 roku odkryto w pyłach międzygwiazdowych cyjanek (CN), a do obecnej chwili stwierdzono istnienie kilkudziesięciu skomplikowanych związków, takich jak alkohol metylowy, celuloza, amoniak. Jednak dotychczas nie odkryto w Kosmosie białka. W 1969 roku grecki biolog Cyryl Ponnampereuma odkrył w meteorycie szesnaście aminokwasów, z których aż jedenaście nie występuje na Ziemi.

Gwoli rzetelności należy wspomnieć o paszkwile na zasadę antropiczną G.Feinberga i R.Shapiro, który ukazał się w roku 1984 w numerze sierpniowym czasopisma *Sky & Telescope* [8] Bohaterami krótkiego opowiadania są małe stworzenia nazywane wrotkami (ang. termin rotifers) żyjące w kałużach wody. W trakcie zebrania Towarzystwa Filozoficznego Małych Kałużan dochodzi do sformułowania "zasady rotyferycznej": gdyby prawa przyrody były nieco inne, nie byłoby rotyferian. Gdyby np. ciepło parowania wody było nieco mniejsze, wtedy, po utworzeniu kałuży przez Wielki Deszcz, prędzej by ona wyparowała nie pozwalając na wyklucie się pierwszego pokolenia wrotków z jajek. Po odwołaniu się do sz-

eregu argumentów, np. niezbędności dla życia błota, dochodzą do wniosku, że są jedynymi istotami we Wszechświecie. W tym samym czasie kilku czcigodnych członków Towarzystwa zostaje zjedzonych przez żabę.

## JEŚLI NAWIĄŻEMY KONTAKT

Mimo wielu podejmowanych prób nie odebraliśmy dotychczas żadnych sygnałów o sztucznym charakterze. Zaproponowano wiele prób rozwiązania tego problemu, znanego pod określeniem *Silentium Universi* zarówno przez naukowców różnych specjalności, jak i przez autorów literatury typu science-fiction. Może komunikacja między wysoko rozwiniętymi cywilizacjami odbywa się nie za pomocą fal radiowych, lecz promieni laserowych lub neutrin, jak to opisał ponad dwadzieścia lat temu Stanisław Lem w opowiadaniu *Głos Pana*, a my jeszcze nie rozwinęliśmy astronomii neutrinowej. Albo może cywilizacje po odkryciu zjawisk atomowych i zbudowaniu bomby jądrowej ulegają samozagładzie? Mogą też istnieć inne bariery wzrostu, np. cywilizacje dokonują niedwzracalnego zniszczenia swojego środowiska (jak to np. ludzkość robi z ochronną warstwą ozonu). Niektórzy twierdzą, że nie ma problemu *Silentium Universi*, gdyż odebrano sygnały, lecz rządy mocarstw ukrywają te fakty przed ludzkością.

Nawet gdybyśmy odebrali sygnały o sztucznym charakterze, możemy nie być w stanie ich rozszyfrować. Czy ONI też stworzyli muzykę, poezję, a może wymyślili coś zupełnie innego, czego MY w ramach naszego języka nawet nie potrafimy sobie wyobrazić. Powszechnie uważa się, że uniwersalna dla cywilizacji powinna być matematyka. Jednak osiągnięcia ostatnich lat, jak stworzenie przez czeskiego matematyka Petra Vopenkę analizy niesztandardowej czy rozwój logik wielowartościowych, każą szukać czegoś bardziej niezależnego od fantazji istot rozumnych. Obiektywne i niezależne od kultury, psychiki, języka są prawa przyrody i ich odkrywanie jest domeną fizyki, ale to właśnie matematyka stanowi jej język. Czy cywilizacje oparte na zupełnie innych formach procesów biologicznych stworzyłyby fizykę, w której występowałyby pojęcia przyspieszenia, ładunku elektrycznego, temperatury, a do swojej mechaniki kwantowej wprowadziłyby pojęcie funkcji falowej  $\Psi$  ?

Rozpoczęły się już prace nad sformułowaniem Zasad Działania Po Wykryciu Życia Rozumnego We Wszechświecie pod auspicjami kilku międzynarodowych organizacji, jednak towarzyszy temu nikłe zainteresowanie polityków. Aby uniknąć niewątpliwego szoku być może już teraz trzeba zacząć wychowywać dzieci w świadomości istnienia "braci" w kosmosie. A może należałoby przeprowadzić referendum ogólnoświatowe, czy odpowiadać na posłanie od NICH. Cheng Ning Yang uważa, że kategorycznie należy zachować milczenie.

Co prawda może być już za późno, gdyż nie pytając nikogo o zgodę niektórzy astronomowie na własne ryzyko wysłali już w kosmos kilka posłań. Na przykład 16 listopada 1974 roku używając radioteleskopu w Arecibo wysłano w kierunku gromady gwiazd M13 w gwiazdozbiornie Herkulesa zaszyfrowaną informację, której autorem był Drake. Amerykański pojazd Pioneer-10, który opuścił już Układ Słoneczny, miał na swojej burcie przytwierdzoną złotą tabliczkę z rysunkami przedstawiającymi m.in. kobietę i mężczyznę, którą zaprojektowali wspólnie Dyson i Sagan.

Jeśli rozpoczynające się nowe duże programy nasłuchiwania sztucznych sygnałów z kosmosu przyniosą pozytywny rezultat i zostanie nawiązany kontakt z jakąś względnie niedaleką cywilizacją, wówczas losy ludzkości potoczą się zupełnie nowymi torami. Teraz możemy tylko z pewnością stwierdzić, że liczba Drake'a jest co najmniej równa jeden.

## **Uzupełnienie 1: Rozszerzający się Wszechświat**

Wysiłki wielu astronomów dostarczyły dowodów na istnienie galaktyk, tzn. skupisk zawierających miliardy gwiazd i mających rozmiary rzędu dziesiątków tysięcy lat świetlnych. Odległości między najbliższymi galaktykami wynoszą miliony lat świetlnych. Dla wyróżnienia tego skupiska, do którego należy nasze Słońce, używa się dużej litery G - my żyjemy w Galaktyce, którą też czasem określa się mianem Drogi Mlecznej. Charakterystyczne są kształty galaktyk: najczęściej spotyka się spłaszczone galaktyki spiralne lub eliptyczne. W 1926 roku Lindblad i Oort odkryli, że Galaktyka się obraca. W tym samym czasie długotrwałe badania rozpoczął Hubble. Badając widma wielu galaktyk stwierdził znaczne ich przesunięcia ku czerwieni, które efekt Dopplera tłumaczy jako wynik oddalania się ze znaczną prędkością od obserwatora. Gdy źródło światła porusza się ku obserwatorowi, następuje przesunięcie widm atomów w kierunku fioletu. Po wielu latach Hubble doszedł do wniosku, że prędkość oddalania się zależy od odległości: galaktyki dalsze poruszają się szybciej, przy czym zależność ta jest liniowa:  $v = H_0 r$ , gdzie  $H_0$  jest nazywane stałą Hubble'a. Zjawisko to zostało nazwane obrazowo rozszerzaniem się Wszechświata i stanowi niewątpliwie jeden z największych przewrotów intelektualnych XX wieku. Wartość stałej Hubble'a w wyniku kolejnych pomiarów i różnych odkryć systematycznie malała i obecnie przyjmuje się, że wynosi ona  $50 \text{ km} / (\text{s} \times \text{Mps})$ , gdzie  $\text{Mps} = 1000 \text{ 000}$  parseków. Inaczej mówiąc, każde zmniejszenie wartości  $H_0$  oznaczało zwiększenie rozmiarów Wszechświata. Galaktykę odległą o, powiedzmy, 10 miliardów lat świetlnych widzimy taką, jaką ona była 10 miliardów lat temu. Prędkość oddalania się

galaktyk zmalała w tym w czasie w wyniku działającego między nimi przyciągania grawitacyjnego. Ekstrapolując ruch galaktyk wstecz, dochodzimy do wniosku, że kiedyś znajdowały się one w jednym punkcie, z którego wybuchł Wszechświat. Jest to treścią teorii Big-Bang, czyli po polsku Wielkiego Wybuchu. Teoria ta przewiduje obecność wszędzie we Wszechświecie takiego samego promieniowania mikrofalowego, które jest pozostałością energii wypełniającej przestrzeń zaraz po narodzeniu. To tak zwane promieniowanie reliktowe zostało rzeczywiście odkryte na początku lat sześćdziesiątych przez Arno Penziasa i Roberta Wilsona, za co otrzymali oni nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki w roku 1978. Rozszerzanie się Wszechświata jest zgodne z ogólną teorią względności, gdyż wśród rozwiązań równań pola Einsteina są również takie, które opisują ekspandującą czasoprzestrzeń, a pierwsze tego typu rozwiązanie znalazł Friedmann w 1922 roku.

## Uzupełnienie 2: Oddziaływania

Znamy dotychczas cztery siły występujące w Przyrodzie: grawitacyjne, siły słabe, elektromagnetyczne i siły silne ("jądrowe"). Wymieniliśmy je tutaj w kolejności od najsłabszej do najsilniejszej. Z przejawami oddziaływań grawitacyjnych i elektromagnetycznych spotykamy się na co dzień. Natomiast siły słabe i jądrowe, z powodu bardzo krótkiego zasięgu, przejawiają się tylko w świecie atomów. Siły słabe są np. odpowiedzialne za rozpad promieniotwórczy atomów (rozpad  $\beta$ ). Siły silne mają charakter przyciągający i utrzymują w całości jądra atomowe. Natężenie sił określa się podając wartość parametru zwanego stałą sprzężenia. Dla grawitacji stała sprzężenia jest rzędu  $10^{-39}$ , dla sił słabych rzędu  $10^{-5}$ . Dla oddziaływań elektromagnetycznych jest ona znana z bardzo dużą precyzją i wynosi  $1/137.036$ , natomiast dla sił silnych jest rzędu  $1 \div 15$ . Wszystkie cząstki odczuwają działanie sił grawitacyjnych, nawet światło zakrzywia swój tor wokół Słońca. Cząstki nieoddziaływające silnie nazywają się leptonami i jest ich obecnie dziewięć: elektron, mion i mezon  $\tau$  wraz z odpowiadającymi im neutrinami oraz bozony  $W^\pm$  i  $Z^0$ . Cząstki oddziaływające silnie noszą miano hadronów i jest ich kilkaset (należą do nich np. protony i neutrony), ale istnieje teoria zwana chromodynamiką postulująca istnienie dużo mniejszej liczby bardziej elementarnych składników materii nazywanych kwarkami i gluonami. Elektromagnetycznie oddziałują cząstki naładowane elektrycznie lub posiadające moment magnetyczny i można znaleźć takich przedstawicieli zarówno wśród hadronów i jak i leptonów.

Od kilku lat żywo dyskutowane na temat istnienia piątej siły, jednak wydaje się być ona wykluczona przez wynik najnowszego doświadczenia Zumbergera i innych przeprowad-

zone w ubiegłym roku na Pacyfiku z użyciem podwodnego statku badawczego *Dolphin*.

*Rys.1 Informacja wygrawerowana na złotej płytce umieszczonej na burcie Pioneera 10.*

[1] G.Cocconi i P.Morrison, *Nature* **184** (1959), str. 844

[2] F.Drake, *Intelligent life in space*, Macmillan, Nowy Jork, 1962

[3] D.Goldsmith i T.Owen, *The Search for Life in the Universe*, The Benjamin Cummings Publ. Comp., Lony, Amsterdam, 1980

[4] F.Dyson, *Science* **131** (1960), str. 1967

[5] F.Dyson, *Rev. Mod. Phys.* **51** (1979), str.447 (jest polski przekład: *Postępy Fizyki*, **34** (1983), str.263)

[6] M.H.Hart, *Icarus* **33** (1978), str.23; *Icarus* (1979),**37**, str.351

[7] S.L.Miller, *Science*, **117** (1953) str. 528

[8] G.Feinberg, R.Shapiro, *Sky & Telescope*, sierpień 1984, str.111

## Tabela

*Niektóre projekty badawcze poszukiwania cywilizacji pozaziemskich*

<b>Rok</b>	<b>Projekt</b>	<b>Średnica anteny</b>	<b>Częstotliwość (MHz)</b>	<b>Badane obiekty</b>
1960	<i>OZMA (F.Drake)</i>	26 m	1420	2 gwiazdy
1968	<i>V.S.Troicki</i>	14 m	927	12 gwiazdy
Od 1970	<i>V.S.Troicki</i>	14 m	1875	W różnych kierunkach
Od 1972	<i>Zukermann</i>	91 m	1420	602 gwiazdy
Od 1973	<i>N.Kardaszew</i>	?	?	We wszystkich kierunkach
Od 1973	<i>OSURO* (Dixon i in.)</i>	53 m	1420	1/5 nieba
Od 1974	<i>Feldman</i>	46 m	22200	500 gwiazd
Od 1975	<i>F.Drake i C.Sagan</i>	300 m	1420	kilka galaktyk
1977	<i>G.Clark, J.Tarter i in.</i>	91 m	1665	200 gwiazd
1977	<i>F.Drake i in.</i>	300 m	1665	6 gwiazd
1978	<i>P.Horowitz.</i>	300 m	1420	180 gwiazd
Od 1985	<i>META** (P.Horovitz)</i>	26 m	różne zakresy	W różnych kierunkach
1986-88	<i>SERENDIP***</i>	91m	różne zakresy	W różnych kierunkach

\* *OSURO = Ohio State University Radio Observatory; jest to najdłużej trwający projekt: kontynuowany jest do obecnej chwili.*

\*\* *META = Mega-channel Extraterrestrial Assay. Projekt ten częściowo był finansowany przez znanego reżysera filmowego Stevena Spielberga.*

\*\*\* *SERENDIP = Search for Extraterrestrial Radio Emission from Nearby Developed Intelligent Populations.*