

prof. dr Mieczysław SUBOTOWIČZ

Nasza cywilizacja jest coraz bardziej zdominowana przez naukę, dlatego bywa nazywana cywilizacją naukowo-techniczną (CNT). Mianowicie gdy życie człowieka przestało być jedynie walką o biologiczne przetrwanie, człowiek postawił sobie i swojej cywilizacji zadanie ambitniejsze, m.in. wyjście w przestrzeń pozaziemską i znalezienie odpowiedzi na odwieczne pytanie: czy jesteśmy samotni we Wszechświecie?

Można bowiem przypuszczać, że procesy prowadzące do powstania CNT mogły zajść na planetach krążących wokół innych gwiazd. W samej naszej Galaktyce jest około 250 mld gwiazd, część z nich może mieć układy planetarne (obserwacje w podczerwieni wskazują na obecność dysków pyłowych wokół wielu gwiazd, a nawet – być może – obecność planet typu jowiszowego), odkryto w Galaktyce i innych galaktykach obfitość różnych związków organicznych, a kosmochemia dowodzi istnienia ewolucji chemicznej we Wszechświecie. Na Ziemi obserwujemy ewolucję biologiczną, jednak przebieg ewolucji organizmów pozaziemskich może być zasadniczo odmienny, przyroda realizuje wszak ewolucję metodą prób i błędów. Czy w tych warunkach można twierdzić, że *Homo sapiens* znajduje się na głównej linii rozwoju materii we Wszechświecie, może na jej szczycie? Gdyby wśród planet pozasłonecznych znalazły się niezbyt daleko od Słońca istoty rozumne (ETI, od ExtraTerrestrial Intelligence), zdolne do stworzenia CNT, powinniśmy byli już od dawna odbierać od nich sygnały elektromagnetyczne. Tymczasem Wszechświat milczy...

Jakie są szanse wykrycia ETI? Można by złożyć im wizytę lub oczekiwać ich wizyty. Można jednak pokazać, że szanse realizacji relatywistycznych lotów międzygwiazdowych są niezmiernie małe nawet dla cywilizacji nieporównanie bardziej zaawansowanej niż nasza, ziemską CNT. Nie ma żadnych naukowych dowodów wizyty ETI na Ziemi. Żadna dyskusja ani analiza teoretyczna nie odpowie nam nigdy na pytanie o istnienie ETI. Mogą to zrobić wyłącznie poszukiwania naukowe. Od filozofowania na temat „wielości światów” przeszliśmy do epoki eksperymentowania. Sondy kosmiczne poszukiwały prymitywnych form życia w Układzie Słonecznym, obecnie szukamy życia i zaawansowanych CNT w Galaktyce, stosując teleskopy w obszarze radiowym, podczerwonym i optycznym. Początek tej akcji dała praca G. Cocconiego i Ph. Morrisona w *Nature* (1959) pod tytułem *Searching for Interstellar Communications – W poszukiwaniu łączności międzygwiazdowej*.

W tematyce tej stosujemy dwa kryptonimy: „CETI – Communication with ExtraTerrestrial Intelligence – łączność z pozaziemskimi istotami rozumnymi” oraz „SETI – Search for the ExtraTerrestrial Intelligence – poszukiwanie pozaziemskich istot rozumnych”. Jak widać, CETI oznacza łączność aktywną i bierną z ETI (pozaziemskimi istotami rozumnymi), zaś SETI – łączność bierna, czyli odbieranie sygnałów ETI.

Amerykański radioastronom, dr F.D. Drake, zapoczątkował CETI, wysyłając w roku 1960 w ramach programu OZMA za pomocą radioteleskopu o średnicy 26 metrów w Green Bank (Zachodnia Wirginia) sygnały o długości fali 21 cm (linia wodorowa) w kierunku gwiazd  $\epsilon$  Eridani (odległość 10,7 lat świetlnych) oraz  $\tau$  Ceti (11,9 lat świetlnych). Napisał on także równanie na liczbę współistniejących CNT w Galaktyce. Liczba ta zależy od: prędkości formowania się gwiazd w Galaktyce, ułamka gwiazd mających układ planetarny, etapu ewolucji takich gwiazd, liczby planet w ekosferze danej gwiazdy, prawdopodobieństwa powstania życia na odpowiedniej planecie, ułamka układów biologicznych, z których powstały istoty rozumne, liczby inteligentnych gatunków zdolnych do podjęcia CETI, średniego czasu istnienia cywilizacji realizującej łączność międzygwiazdową. Wszystkie te czynniki, ich wartości liczbowe, zależą od punktu widzenia, ponieważ brak jest w tej chwili danych obserwacyjnych. Dlatego optymistycznie szacuje się liczbę CNT w naszej Galaktyce na dziesiątki milionów. Pesymistyczne zaś oszacowania wymieniają tylko jedną CNT – ziemską. Jedną, jedyną nie tylko w Galaktyce, ale i we Wszechświecie.

Nie jest też wykluczone, że nie wykryto sygnałów pozaziemskich CNT z powodu ich niewielkich zasobów energetycznych lub z powodu ich samozagłady. Nadawanie tylko izotropowych sygnałów wywoławczych wymaga użycia ilości energii, porównywalnych z produkcją energii ziemskiej CNT. Dotąd wszystkie poszukiwania były prowadzone na wybranych częstotliwościach „magicznych”, znanych cywilizacjom nadającym i słuchającym, np. linia wodorowa, linia amoniaku i in. Może to być nie linia, lecz pewien wybrany przedział częstości, na przykład okno mikrofalowe Ziemi (1–10 GHz). Głębokie lokalne minimum szumów, na które składają się: tło nietermiczne, tło promieniowania relikтового (2,7 K) oraz szumy kwantowe, przedstawia tak zwana „dziura wodna” (1,4–1,75 GHz), która leży w obszarze szerokiego minimum (1–10 GHz). Dla tych badań w tak szerokim obszarze częstości budowany jest przez P. Horowitza wielokanałowy analizator widma (MCSA) na 8 257 536 kanałów o zdolności







rozdzielczej 1 Hz w pasmie o szerokości 8 MHz, 0,05 Hz na kanał w pasmie o szerokości 420 kHz, oraz 32 Hz w obszarze częstości od 1 GHz do 10 GHz. Układ taki będzie zdolny przebadać „kosmiczny stóg siana”, w którym igłą jest sygnał od rozumnego nadawcy. Rejestrowane będą następujące charakterystyki: położenie źródła, częstość wysyłanego promieniowania, natężenie sygnału, okresy nadawania i wstrzymywania transmisji, szerokość pasma, polaryzacja, modulacja sygnału. Kosmiczny stóg siana ma taką objętość, że dotąd, w ciągu 25 lat, gdy dokonano około 50 seansów SETI z wynikiem negatywnym, zbadano zaledwie jedną miliardową jednej miliardowej tej przestrzeni ( $10^{-18}$ ). Przy użyciu MCSA i wykorzystaniu istniejących radioteleskopów (łącznie z tym w Arecibo o średnicy 305 m) można zwiększyć tempo uzyskiwania informacji o czynnik około  $10^7$ .

Program NASA SETI obejmuje dwa podprogramy: przemiatanie nieba oraz poszukiwania docelowe, które skoncentrują się na 800–1000 obiektach łącznie z 773 gwiazdami typu widmowego F, G i K w odległości do 25 parseków (81,5 lat świetlnych), łącznie z gwiazdami osobliwymi. Na poszukiwania docelowe 1000 gwiazd, po 1000 s każda, przy pasmie częstości 8 MHz razy 100 pasm na pokrycie obszaru częstości od 1,2 do 2,0 GHz wokół dziury wodnej trzeba 3,3 lat przy użyciu radioteleskopu Arecibo. Uwzględniając pewne szczegóły techniczne, czas ten należy zwiększyć do 5 lat.

Przemiatanie nieba w obszarze przestrzennego kąta pełnego wymaga radioteleskopów o średnicy 34 m; zdolność rozdzielcza wyniesie po 32 Hz na kanał, przedział częstości od 1 do 10 GHz. Poświęcając 0,3 do 3 s na zlokalizowanie gwiazdy w pasmie 250 MHz i mając 36 takich pasm, aby obsłużyć obszar częstości od 1 do 10 GHz, trzeba około  $10^8$  s, czyli też około 5 lat.

Tak więc trzeba użytkować radioteleskop przez około 10 lat przy realizacji programu NASA SETI w ramach poszukiwań docelowych i przemiatania nieba. Przyjmijmy, że dysponujemy 5–10 różnymi radioteleskopami na 10–20 % ich czasu roboczego oraz kilkoma jednostkami MCSA. Przyjmując wariant optymistyczny, cały program NASA SETI można by zrealizować w ciągu 5 lat; wariant realistyczny przedłużałby ten czas na 10 lat, czyli od roku 1990 do 2000. Od programu OZMA do programu NASA SETI dokonał się w ciągu 30 lat olbrzymi postęp. Realizowany w roku 1960 przez 200 godzin program OZMA mógłby być dziś wykonany przy użyciu anteny Arecibo i superanalizatora MCSA w ciągu ułamka sekundy. W ciągu 10–20 lat, być może, dowiemy się wiele o zaawansowanych CNT w naszej Galaktyce i będziemy mogli dokonać nowych odkryć astronomicznych. Rezultat negatywny wskazywałby, jak unikalna jest ziemska CNT i jak ważne jest w skali kosmicznej przetrwanie gatunku *Homo sapiens* oraz stworzonej przez niego cywilizacji. Za tę lekcję warto zapłacić kilkaset milionów dolarów, bo tyle będzie kosztował program NASA SETI.

## Zadania

Redaguje mgr Michał WOJCIECHOWSKI

**M 580.** Dla wielomianu  $P(x)$  stopnia  $n$  zachodzi  $P(k) = 1 - \frac{1}{k+1}$  dla  $k = 0, 1, \dots, n$ . Znaleźć  $P(n+1)$ .

Rozwiązanie na str. 17

**M 581.** Udowodnić, że dla dowolnego czworokąta wypukłego stosunek największej odległości między wierzchołkami do najmniejszej jest nie mniejszy niż  $\sqrt{2}$ .

Rozwiązanie na str. 10

**M 582.** Niech  $m = 2^n$ . Dla układu  $A = (a_1, a_2, \dots, a_m)$ , złożonego z  $m$  liczb  $a_i \in \{-1, 1\}$ ,  $i = 1, \dots, m$ , określamy operację  $S(A) = (a_1 a_2, a_2 a_3, \dots, a_m a_1)$ . Udowodnić, że w ciągu  $A, S(A), S(S(A)), \dots$  znajdzie się układ złożony z samych jedynek.

Rozwiązanie na str. 17

Redaguje dr Krzysztof CHARCHUŁA

**F 294.** Okres obiegu Merkurego wokół Słońca wynosi 88 ziemskich dób, a okres obrotu wokół swojej osi – 59 dób. Jak długo trwa doba merkuryjska?

Rozwiązanie na str. 13

**F 295.** W pokrywie zamkniętego pudła o wysokości  $h = 1$  m zrobiono niewielki okrągły otwór. Jak zmieni się natężenie oświetlenia dna pod otworem, gdy w otwór wstawimy soczewkę o zdolności skupiającej równej jednej dioptrii? Przyjąć, że pudło stoi pod gołym niebem równomiernie zasnutym chmurami.

Rozwiązanie na str. 3