

Przygotowanie Ziemi do inteligentnego życia

Często słyszymy o odkryciu egzoplanet krążących wokół gwiazd poza naszym Układem Słonecznym i do tej pory zidentyfikowano około 4000 takich ciał. Powodem, dla którego naukowcy są tak podekscytowani tymi odkryciami jest to, że tam, gdzie planeta znajduje się w nadającej się do zamieszkania strefie gwiazdy, tj. tam, gdzie temperatura pozwoliłaby na istnienie wody w stanie ciekłym, uważa się, że na takiej planecie mogłoby istnieć życie. Przekonanie to opiera się na bardzo uproszczonej i nieudowodnionej hipotezie, że życie powstanie łatwo i naturalnie w obecności wody w stanie ciekłym.

Pytanie brzmi, czy którakolwiek z tych planet położonej w strefie nadającej się do zamieszkania byłaby w stanie wspierać inteligentne życie. Odpowiedź na to można znaleźć właśnie tutaj, na Ziemi.

Najpierw spójrzmy na położenie Ziemi w Galaktyce. Żyjemy w Drodze Mlecznej, która jest galaktyką spiralną. Galaktyki spiralne oglądane z góry wyglądają jak dysk z rozgałęzionymi ramionami. Nasza galaktyka ma średnicę około 100000 lat świetlnych¹ i grubość około 2000 lat świetlnych.

Centralna strefa naszej galaktyki to bardzo aktywny region o dużej gęstości gwiazd. Rodzą się tam nowe gwiazdy, stare gwiazdy eksplodują i istnieje wiele kolizji między gwiazdami. W tej strefie istnieje również wiele gwiazd neutronowych i supernowych, które są źródłem niebezpiecznego promieniowania. Nie wiadomo, jak duża jest ta groźna strefa, ale szacuje się, że rozciąga się od centrum na co najmniej 10000 lat świetlnych. Ochronę życia przed tak wysokoenergetycznym promieniowaniem można zapewnić jedynie przez separację, ponieważ natężenie promieniowania maleje wraz z kwadratem odległości od źródła. Dlatego planeta, która mogłaby potencjalnie wspierać życie, musi znajdować się jak najdalej od tej strefy. Jednak nie może być za daleko, ponieważ w zewnętrznych rejonach galaktyki koncentracja ciężkich pierwiastków niezbędnych do powstania stałych planet jest niska. Aby utworzyć planetę podobną do Ziemi, potrzebne są duże ilości metali, krzemu i tlenu, które w regionach zewnętrznych występują bardzo rzadko. Wygląda na to, że nasze Słońce, które znajduje się około 27 000 lat świetlnych od centrum galaktyki, znajduje się w optymalnej pozycji z niskim promieniowaniem i obfitością materiałów budulcowych życia.

W tej bezpiecznej strefie wciąż jest wiele gwiazd, ale tylko gwiazda określonej wielkości byłaby w stanie zapewnić podtrzymanie życia. Odpowiednia gwiazda musi posiadać wystarczająco silne promieniowanie, aby dostarczyć wystarczającą ilość energii do strefy nadającej się do zamieszkania, a także musi mieć wystarczająco długi okres egzystencji, aby móc podtrzymywać życie przez wiele miliardów lat.

W Drodze Mlecznej najczęstszymi gwiazdami są czerwone karły, które są mniejsze i chłodniejsze niż Słońce. Takie małe gwiazdy nie nadają się do podtrzymania życia ponieważ ich ekosfera byłaby za mała. Nieco większa gwiazda, powiedzmy o masie 1,3 naszego Słońca, miałaby dużą ekosferę, zaczynającą się poza orbitą Marsa. Jednak jej długość życia wynosiłaby mniej niż 4 miliardy lat, co byłoby zbyt krótkie, aby stworzyć odpowiednie warunki planetarne do podtrzymania inteligentnego życia przez dłuższy czas. Również promieniowanie ultrafioletowe z takiej gwiazdy zabiłoby wszelkie żywe organizmy na lądzie.

Wygląda na to, że nasze Słońce doskonale spełnia wszystkie wymagane kryteria dotyczące wielkości, położenia w galaktyce, ekosfery i długości życia. Długość życia naszego Słońca wynosi około 10 miliardów lat, co wystarcza do rozwoju i podtrzymania inteligentnego życia.

Temperatura powierzchni planety

Jednym z najważniejszych warunków potrzebnych do podtrzymania inteligentnego życia jest odpowiednia temperatura otoczenia. Ponieważ chemia życia opiera się na wodzie, średnia temperatura powierzchni planety powinna być powyżej punktu zamarzania.

Górna granica temperatury wynosi około 50°C i jest określona przez przeżywalność zwierząt zimnokrwistych. Biorąc pod uwagę te ograniczenia, średnia temperatura strefy mieszkalnej planety powinna wynosić od 5°C do 25°C, a ekstremalne temperatury od -40°C do 50°C.

Obecnie średnia temperatura Ziemi wynosi około 16°C i jest zoptymalizowana do podtrzymywania życia na Ziemi. Oszacowano, że strefa wokół Słońca, w której woda pozostaje płynna, rozciąga się od 0,95 au² do 1,69 au, ale optymalna strefa do podtrzymania zaawansowanego życia jest znacznie węższa, między 0,95 au a 1,15 au.

Temperatura planety zależy głównie od ilości energii otrzymywanej ze Słońca, a ta z kolei zależy od odległości między Słońcem a planetą. Zatem planeta powinna być umieszczona na właściwej orbicie wokół Słońca.

Umieszczenie Ziemi na właściwej orbicie

Aby podtrzymać życie, średnia temperatura Ziemi musi mieścić się w bardzo wąskim zakresie temperatur, a to z kolei nakłada bardzo ściśle ograniczenia na położenie orbity Ziemi. Wiadomo, że gdy odległość Ziemi od Słońca zmienia się o około 1 procent (1,5 miliona kilometrów), średnia temperatura Ziemi zmienia się o około $1,3^{\circ}\text{C}^3$.

Chociaż obecnie martwi nas efekt cieplarniany powodowany przez dwutlenek węgla, poważnym problemem byłaby zbyt niska temperatura Ziemi. W ujemnych temperaturach woda w postaci lodu i śniegu znacznie zwiększyłaby albedo⁴ Ziemi powodując, że większość energii słonecznej odbijałaby się, co spowodowałoby niekontrolowane stałe zamarznięcie planety. Jednak wzrost energii słonecznej generowałby gęstsze chmury zwiększające albedo i w konsekwencji obniżające temperaturę Ziemi.

Jest wysoce nieprawdopodobne, aby przez przypadek orbita Ziemi była od samego początku istnienia życia prawidłowa. Wobec tego orbita Ziemi musiałaby zostać dostosowana, aby zapewnić odpowiednią temperaturę powierzchni. Takiej korekty mogłaby dokonać tylko bardzo zaawansowana pozaziemska inteligencja. Biorąc pod uwagę, że 4 miliardy lat temu promieniowanie słoneczne było o około 30 procent słabsze niż obecnie i nie występował efekt cieplarniany, który później znacząco podwyższył temperaturę Ziemi, obliczenia mające zapewnić orbitę, na której obecna średnia temperatura Ziemi wynosiłaby 16°C są poza naszymi umiejętnościami.

Jak oszacowali niektórzy naukowcy, Ziemia znajduje się obecnie blisko gorącej granicy strefy nadającej się do zamieszkania. Jednak w okresie formowania się Ziemi, kiedy promieniowanie słoneczne było znacznie słabsze, Ziemia znajdowała się w znacznie chłodniejszym regionie. Dlatego aby umieścić Ziemię w cieplejszej strefie, konieczne było popchnięcie jej bliżej Słońca.

Zmniejszenie odległości Ziemi od Słońca można było osiągnąć poprzez uderzenie Ziemi innym ciałem. Możliwa technika zastosowana do takiej kolizji mogła być oparta na zasadach transferu Hohmanna⁵.

Aby zilustrować tę technikę, założmy, że chcemy zmienić promień orbity Ziemi o 10 milionów kilometrów ze 160 milionów kilometrów na obecną orbitę Ziemi wynoszącą 150 milionów kilometrów. Prędkość Ziemi na swojej początkowej orbicie wynosiła 28,85 km/s. Z równań Hohmanna można obliczyć, że prędkość tę należy początkowo zmniejszyć o 480 m/s. Kiedy Ziemia zwalnia, grawitacja Słońca wciąga ją na nową, bliższą orbitę, a jej prędkość wzrasta do 30,26 km/s. Dlatego prędkość Ziemi musi zostać ponownie zmniejszona o 480 m/s, aby uzyskać ostateczną prędkość Ziemi 29,78 km/s.

Aby zmniejszyć prędkość Ziemi, konieczne byłoby zderzenie czołowe z odpowiednim ciałem. Zakładając, że takie ciało pochodzi z pasa Kuipera, który znajduje się w odległości około 50 au od Słońca, pocisk osiągnąłby prędkość około 41,65 km/s zderzając się z Ziemią. Aby zmniejszyć prędkość Ziemi o 480 m/s, masa takiego ciała musiałaby wynosić około jednej setnej masy Ziemi. Ta niewielka zmiana orbity spowodowałaby wzrost średniej temperatury Ziemi o około 8°C, co jest bardzo znaczącą wartością.

Inne właściwości Ziemi potrzebne do wspierania inteligentnego życia

Bardzo ważnym czynnikiem wpływającym na temperaturę powierzchni Ziemi jest efekt cieplarniany, który powoduje wzrost średniej temperatury o około 33°C. Efekt cieplarniany polega na uwięzieniu energii słonecznej w atmosferze i odbiciu jej z powrotem na powierzchnię. Woda, dwutlenek węgla i metan to trzy najważniejsze gazy cieplarniane. Ostatnie badania pokazują, że para wodna w górnych warstwach atmosfery działa jak silny gaz cieplarniany, pochłaniając promieniowanie podczerwone skuteczniej niż dwutlenek węgla.

Płyty tektoniczne odgrywają również ważną rolę w podtrzymaniu inteligentnego życia na Ziemi. Płyty tektoniczne są odpowiedzialne za ciągłe tworzenie mas lądowych, a bez lądu nie byłoby inteligentnego życia. Umożliwiają recyrkulację dwutlenku węgla i działają jako stabilizator klimatu.

Inteligentne życie na Ziemi nie byłoby możliwe bez ziemskiego pola magnetycznego, które chroni planetę przed szkodliwym promieniowaniem Słońca. Jednak najważniejszym elementem umożliwiającym istnienie życia na Ziemi jest woda.

¹ Rok świetlny jest to odległość przebyta przez światło w ciągu jednego roku równa 9,46 biliona kilometrów

² au (jednostka astronomiczna) jest to odległość Ziemi od Słońca równa 150 milionów kilometrów

³ <http://www.astronomynotes.com/solarsys/s3c.htm>

⁴ Albedo planety określa procent energii odbitej z powrotem w kosmos

⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/Hohmann_transfer_orbit