

Prof. dr Mieczysław SUBOTOWICZ

Warunkiem koniecznym powstania życia jest istnienie planet krążących wokół gwiazdy (gwiazd?) centralnej. Dotąd nie znamy pozasłonecznych układów planetarnych. Jak wygląda problem ich poszukiwania i czy wykryto „układy planetarne” Wegi, Fomalhauta i innych gwiazd?

Zacznijmy od rozważenia, jakimi metodami próbuje się atakować ten problem. Metod jest kilka: astrometryczna (lub radiointerferometryczna dla zakresu radiowego), spektroskopowa, fotometryczna i metoda bezpośredniej detekcji optycznej.

Pierwszą historycznie i jedyną stosowaną do niedawna jest metoda astrometryczna, w której położenie gwiazdy jest wyznaczane przez wiele lat. Zaburzenia jej średniego ruchu interpretujemy jako wywołane przez jej niewidocznego towarzysza lub towarzyszy – jej ruch na tle nieba odbywa się wtedy po linii wężykowatej. Np. amerykański astronom Peter van de Kamp badając systematycznie gwiazdę Barnarda doszedł do wniosku, że za perturbacje w jej ruchu odpowiedzialny jest jej jeden lub więcej satelitów (planet) o masach porównywalnych z masą Jowisza. Wynik ten został otrzymany na granicy dokładności metody i nic dziwnego, że był później kwestionowany – bardzo mała amplituda zaburzeń pozwala stosować metodę astrometryczną jedynie do gwiazd najbliższych. Dalej można sięgnąć metodą radiointerferometryczną – wykorzystując bowiem bardzo dużą bazę (np. równą średnicy Ziemi) można uzyskać zdolność rozdzielczą  $0,0001$ .

Metoda spektroskopowa polega na obserwacji dopplerowskiego przesunięcia linii widmowych. Obserwacja układu Słońce – Jowisz wymagałaby pomiaru amplitudy zmian prędkości radialnej rzędu 10 m/s. Turbulencje i inne zmiany w atmosferze gwiazd dają przesunięcia często większe niż wymieniona tu wartość, zatem metoda ta mogłaby ewentualnie pozwolić na wykrywanie planet stosunkowo masywnych. Okazuje się, że dość znaczące wyniki uzyskali tą metodą B. Campbell, G.A.H. Walker i S. Yang z Kanady. Przez ostatnie 6 lat obserwowali oni 16 podobnych do Słońca gwiazd, przy czym zmierzone zmiany prędkości radialnej sięgały 65 m/s ze średnim błędem pomiaru 13 m/s, okresy zaś obiegu planetopodobnych towarzyszy gwiazd były rzędu 10 lat. W rezultacie badacze ci stwierdzili, że spośród 16 obserwowanych gwiazd 7 ma ciemnych towarzyszy o masach mieszczących się w zakresie od 1 do 8 mas Jowisza.

Gdyby kierunek obserwacji leżał w płaszczyźnie orbity domniemanej planety, można by w zasadzie dostrzec jej przejście przed tarczą gwiazdy. Przejście np. Jowisza przed tarczą Słońca powoduje spadek jego jasności o około 0,01 mag, a to można zarejestrować dzisiejszymi metodami

fotometrycznymi. Przy użyciu teleskopu o średnicy 125 m stosunek sygnału do szumu wynosiłby 0,1 dla planety ziemopodobnej obiegającej  $\alpha$  Centauri oraz 0,01 dla  $\tau$  Ceti lub  $\epsilon$  Eridani. Planety krążące wokół gwiazd zmiennych mogłyby też zostać wykryte przez rejestrację echa świetlnego, czyli odbicia błysku gwiazdy od powierzchni planety w innych warunkach niewidocznej.

Stosowanie metody bezpośredniej detekcji optycznej, czyli po prostu zobaczenie planety, jest niezmiernie trudne ze względu na olbrzymią różnicę jasności gwiazdy i planety. Ujrzenie Jowisza z odległości 5 pc, gdy jego kątowa odległość od Słońca wynosiłaby  $1''$ , a więc wielokrotnie więcej niż teoretyczne rozmiary dyfrakcyjnego obrazu gwiazdy w dużym teleskopie, wymagałoby teleskopu o średnicy około 30 m. W celu wyeliminowania światła gwiazdy można by przed teleskopem umieścić dysk zaćmieniowy (jak w koronografie). Obliczono, że przesłona ustawiona w odległości 10 000 km od teleskopu o średnicy 2,8 m umożliwiłaby wykrycie Jowisza z odległości 5 pc, zaś dla wykrycia Ziemi potrzebny byłby przy tych założeniach teleskop o średnicy 30 m. Trudności technicznych związanych z takim przedsięwzięciem nie trzeba chyba podkreślać i nikt jeszcze obserwacji z użyciem takich „kosmicznych” przesłon nie przeprowadził. Niemniej jednak w 1984 r. D.W.McCarthy Jr i F.J.Low z Uniwersytetu Arizona oraz R.G.Probst z National Optical Observatories w USA donieśli o zaobserwowaniu „brązowego karła” obiegającego słabą gwiazdę Van Biesbroeck 8 położoną w odległości 21 lat świetlnych od Ziemi. Brązowe karły można traktować jako ciała pośrednie między gwiazdami i planetami. Odkrycie to nie zostało jednak potwierdzone przez innych obserwatorów – wypowiedano wręcz opinie, że grupa z Arizony widziała, być może, nowy rodzaj mgławicy albo jakiś artefakt.

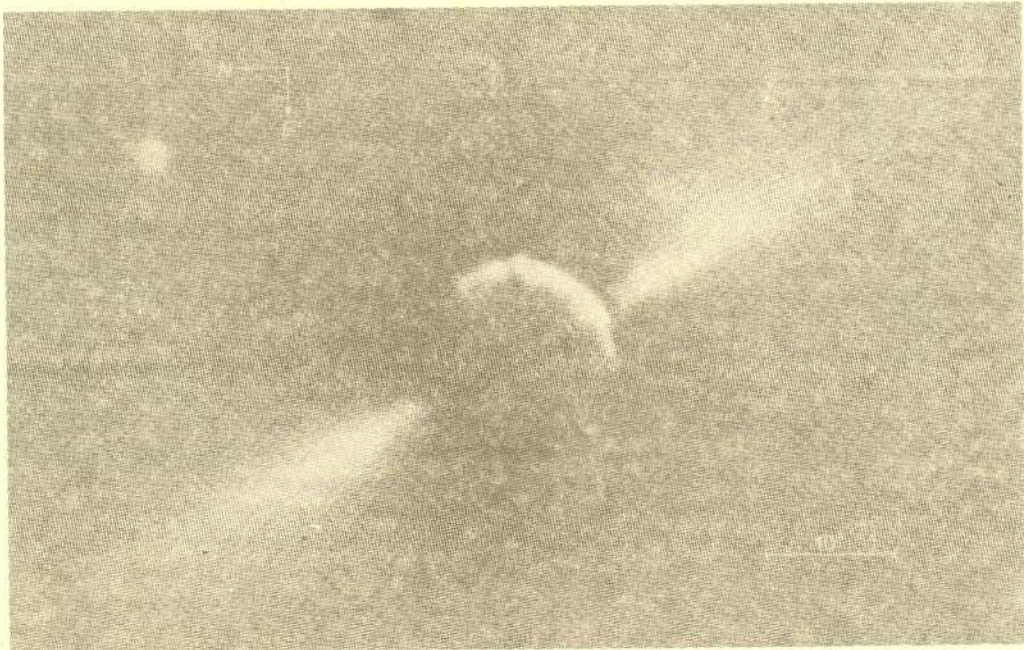
Jednak dzięki technice kosmicznej dokonano wreszcie niedawno niewątpliwego odkrycia w tej dziedzinie. Otóż 25 I 1983 r. umieszczony został na orbicie sztuczny satelita astronomiczny IRAS przeznaczony do obserwacji nieba w podczerwieni (InfraRed Astronomical Satellite). IRAS obserwował niebo na falach 12, 25, 60 i 100  $\mu\text{m}$  i w ciągu 10 miesięcy dostarczył informacji o ponad 200 tysiącach punktowych źródeł promieniowania podczerwonego. Wśród tych danych znajduje się bodaj najbardziej spektakularne odkrycie „układu planetarnego” wokół Wegi ( $\alpha$  Lyrae). Byłoby to pierwsze odkrycie o istotnym znaczeniu dla szukających życia poza Ziemią oraz dla kosmogonii planetarnej. Bowiem odkrycie IRASa stanowi pierwszy dowód istnienia zestalonej materii w pobliżu innej gwiazdy.

Wega znajduje się w odległości 8 pc od Słońca, jest piątą co do jasności gwiazdą na niebie, jest 58-krotnie jaśniejsza od Słońca, ma od niego 3-krotnie większą masę i 2,5-krotnie większą średnicę.

Uzyskany przez IRASa sygnał był 10 do 20 razy silniejszy niż sygnał od samej gwiazdy o temperaturze 9 700 K. Obraz Wegi w podczerwieni ma średnicę kątową 20", czemu odpowiada 160 j.a., czyli dwukrotnie więcej niż rozmiary Układu Słonecznego. Obraz jest przy tym symetryczny, co oznacza, że mamy do czynienia albo z pierścieniem widzianym „z góry”, albo ze sferycznym obłokiem pyłowym. Pierścień ma temperaturę 90 K, a jego cząstki rozmiary co najmniej 1 mm.

Nie wiadomo, czy z okruchami i pyłami krążą dookoła Wegi planety. Aparaturą IRASa nie dałoby się wykryć planet nawet o rozmiarach Jowisza z powodu zbyt małej powierzchni promieniującej. Prócz tego czas istnienia Wegi (jej wiek prawdopodobnie nie przekracza miliarda lat) jest za krótki na uformowanie się planet. Przebadano 9 tys. gwiazd i stwierdzono, że zaledwie 50 z nich może mieć własne, zapewne pyłowe „układy planetarne”. Oznacza to, że układy typu Wegi są rzadkie, a trudności wykrycia pierścienia pyłowego wokół gwiazdy są znaczne – aparaturą

IRASa nie dałoby się wykryć układu planetarnego typu słonecznego z odległości około 30 lat świetlnych. Współodkrywca pierścieni Wegi, H.H. Aumann, stwierdził, że wokół 10% jasnych gwiazd ciągu głównego położonych w promieniu 75 lat świetlnych od Słońca wykryto nadmiar promieniowania podczerwonego. Wierzymy, że jest to przejaw obecności pierścieni pyłowych, które kondensując się tworzyłyby z czasem układy planetarne. Dowodziłoby to, że powstawanie układów planetarnych jest zjawiskiem dość typowym we Wszechświecie. Większość gwiazd otoczonych układami protoplanetarnymi należy do typu widmowego F i G o czasie życia ponad 10 mld lat, aczkolwiek są wśród nich także młode masywne gwiazdy jak Wega czy Fomalhaut ( $\alpha$  *Piscis Austrini*), których wiek nie przekracza miliarda lat. Nie wiadomo, czy zwiększona emisja w podczerwieni może zachodzić w układzie wielu gwiazd, które stanowią około 50% całej populacji gwiazdowej. Nie wiadomo też, czy emisja podczerwieni zależy jakoś od wieku gwiazd, albo jakiego rzeczywistego kształtu są ich pyłowe otoczki.



Dysk pyłowy wokół  $\beta$  *Pictoris* – prawdopodobnie wczesne stadium formowania się układu planetarnego. Zdjęcie wykonali w 1985 r. Richard Terrile i Bradford Smith w Obserwatorium Las Campanas (Chile) za pomocą 2,5 m teleskopu i kamery CCD zaopatrzonej w „koronograf”. Dysk widać na odległość 25" od gwiazdy, czemu odpowiada 60 mld km.

W połowie 1989 roku ma zostać umieszczony na orbicie za pomocą promu kosmicznego Wielki Teleskop Kosmiczny (WTK) Hubble'a. Opóźnienie tego przedsięwzięcia spowodowane było katastrofą *Challenger*a. Średnica WTK wynosić będzie 2,4 m. Ma to być satelitarne obserwatorium astronomiczne na najbliższe 15 lat. Wśród wielorakich zastosowań możliwe będzie użycie WTK do wykrywania pozasłonecznych planet. Umieszczając dysk zaćmieniowy w odległości 10 000 km przed teleskopem można będzie z odległości 17 lat świetlnych wykryć planetę typu jowiszowego przy stosunku sygnału do szumu równym 1 (dla planety typu ziemskiego stosunek ten wynosi 0,024). Rolę elementu zaćmieniowego mógłby w pewnych przypadkach pełnić nawet Księżyc.

Z innych urządzeń planowanych do bezpośredniego wykrywania planet w ciągu najbliższego dziesięciolecia wymienimy przede wszystkim satelitarne obserwatorium w podczerwieni (ISO – Infrared Satellite Observatory),

które ma zostać wystrzelone przez ESA (Europejską Agencję Kosmiczną) w 1992 r. Ponadto przygotowywane jest przez NASA do wysłania na orbitę w 1993 r. „kosmiczne urządzenie teleskopowe na podczerwień” (SITF – Space Infrared Telescope Facility), które będzie pracować w szerokim zakresie spektralnym od 2  $\mu$ m do 200  $\mu$ m przy zdolności rozdzielczej 6". Wreszcie do końca naszego stulecia mają być wysłane dwa wielkie radioteleskopy kosmiczne na daleką podczerwień aż do obszaru fal submilimetrowych, jeden przez ESA (FIRST – Far InfraRed Space Telescope), drugi przez NASA (LDR – Large Deployable Reflector), o średnicy 20 m każdy. Jeżeli LDR będzie pracować w układzie interferometrycznym z innym teleskopem (naziemnym lub kosmicznym), to będzie można badać szczegóły budowy układów planetarnych. Znacznych postępów można oczekiwać po wykorzystaniu detektorów fotoelektrycznych, kiedy położenie gwiazdy lub planety będzie można określić z dokładnością do 0,004 po 10-minutowej obserwacji.