

Druga Era Planet

Publikacja grupy astronomów z Europejskiego Obserwatorium Południowego z 25 sierpnia br. w *Nature* o odkryciu planety krążącej wokół najbliższej gwiazdy względem Układu Słonecznego, Proximy Centauri, dostarczyła kolejnego argumentu, że astronomia wkroczyła w drugą erę planet.

Numer dwa oznacza, że już kiedyś planety odgrywały najważniejszą rolę w rozwoju astronomii. Było tak w starożytności, średniowieczu i w wiekach nowożytnych aż do XVII wieku. Całą swoją uwagę ówczesni astronomowie koncentrowali na „wędrowcach”, bo tak właśnie można przetłumaczyć późnołaciński termin planeta, inspirowany językiem greckim. Wyróżniano dwie planety większe: Słońce i Księżyc, oraz pięć planet mniejszych: Merkury, Wenus, Mars, Jowisz i Saturn. Ich fantazyjne, ale regularne ruchy na tle gwiazd sprawiały olbrzymie problemy interpretacyjne. Teoria geocentryczna sprowadziła astronomów na manowce propagując niezmiernie skomplikowany geometryczny układ sfer, kół mimośrodowych, ekwantów i epicykli.

Zmiana układu odniesienia (Kopernik), dokładniejsze obserwacje (Brahe) i ich interpretacja (Kepler) doprowadziły do odkrycia przez Newtona słynnego prawa powszechnego ciężenia, które dało podstawy nowożytnych badań struktury Układu Słonecznego. To dzięki rachunkowi perturbacji i coraz lepszym teleskopom nasz układ planetarny zaczęły zaludniać nowe planety, Uran i Neptun [Warto przypomnieć, że w tym budynku, kilkanaście metrów wyżej na Wieży Matematycznej, przez kilkadziesiąt lat pracował odkrywca Neptuna, Johann Gotfried Galle]. Pojawiały się coraz liczniejsze księżycy planet, skaliste planetoidy, czy też lodowe

obiekty z pasa Kuipera i obłoku Oorta, obserwowane w pobliżu Słońca jako komety. Swoistym paradoksem więc jest, że większość tych odkryć, tak ważnych dla poznania Układu Słonecznego, przypadła już w erze gwiazd i układów gwiazdowych, kiedy to właśnie te obiekty zaczęły coraz zachłanniej przykuwać uwagę astronomów.

Od 1957 r. rozpoczęła się era badań kosmicznych, które zrewolucjonizowały astronomię i wprowadziły nową jakość w poznaniu planet Układu Słonecznego. Nie akcentuję tego faktu w mojej astronomicznej wędrówce przez wieki z przyczyn poniekąd doktrynalnych. Astronomia specjalizuje się w wykonywaniu obserwacji na odległość. Z chwilą gdy uzyskaliśmy możliwość przyjrzenia się planetom Układu Słonecznego z bliska za pomocą sond międzyplanetarnym, a nierzadko bezpośredniego ich „dotknięcia” za pomocą próbników i lądowników mówimy już raczej o osiągnięciach z dziedziny planetologii niż astronomii.

Już w 1937 r. amerykański astronom holenderskiego pochodzenia Piet van de Kamp, dyrektor Sproul Observatory w Pensylwanii, zapoczątkował pionierski projekt poszukiwania planet wokół najbliższych gwiazd. Każdego miesiąca poświęcał 2-3 noce na fotografowanie tych fragmentów sfery niebieskiej, na których znajdowały się wybrane cele obserwacyjne. Otrzymane klisze fotograficzne były poddawane drobiazgowej analizie astrometrycznej polegającej na rejestracji zmiany położenia pobliskich gwiazd względem tych odległych, a więc nieruchomych. Po 26 latach systematycznej i benedyktyńskiej pracy ogłosił, że zauważył fluktuacje w ruchu Gwiazdy Barnarda, czerwonego karła odległego od nas o 6 lat świetlnych, i że te fluktuacje można wytłumaczyć obecnością planety o masie dwukrotnie mniejszej od naszego Jowisza obiegającej gwiazdę w podobnej odległości. Gwiazda Barnarda jest mniej

masywna od naszego Słońca, więc jeden pełny obieg planety trwa blisko 25 lat ziemskich.

Wynik van de Kampa wywołał olbrzymie zainteresowanie, a Gwiazda Barnarda stała się jedną z najczęściej obserwowanych gwiazd. Niestety, inni obserwatorzy nie potwierdzili rewelacji astronoma. Znaleźli też prawdopodobne przyczyny obserwowanych przez niego fluktuacji: konserwacja teleskopu wykorzystywanego w obserwacjach i zmiana położenia jednej z gwiazd odniesienia, która była uważana za nieruchomą. Van de Kamp nadal prowadził swoje obserwacje i do 1981 r. co kilka lat zaskakiwał nowymi rewelacjami; najpierw jego planeta ponad trzykrotnie przybrała na wadze, a następnie zamieniła się na dwa odrębne byty różniące się masą, odległością od gwiazdy macierzystej i okresem obiegu.

Astronom zmarł w 1995 r. w przekonaniu, że należy mu się miano odkrywcy pierwszej pozasłonecznej planety. Do dzisiaj nie ma jednak powszechnie akceptowanego dowodu, że Gwiazda Barnarda posiada układ planetarny.

Właściwy początek drugiej ery planet, związanej z odkryciami tych ciał niebieskich poza Układem Słonecznym, otwiera więc dopiero publikacja Alexa Wolszczana i Dale Fraila z 1992 r. Od tego momentu liczba egzoplanet, tworzących pozasłoneczne układy planetarne, rośnie wykładniczo i według stanu na 27 IX br. wynosi 3532. Liczba ta nie jest może szczególnie imponująca w krainie wielkich liczb, jaką jest astronomia, ale obserwowany trend pozwala wierzyć, że znajdujemy się u progu kolejnych fascynujących odkryć. W odróżnieniu od wielu innych obiektów będących przedmiotem badań astronomicznych, zainteresowanie opinii publicznej egzoplanetami jest wyjątkowo żywe. Pobrzmiwa w nim odwieczne pytanie ludzkości: „Czy jesteśmy sami w Kosmosie?”

Uczciwa odpowiedź na tak postawione pytanie jest taka sama jak przed laty: „Nie wiadomo”. Różnica polega na tym, że możemy już teraz powiedzieć, że Układ Słoneczny nie jest jednorazowym wybrykiem natury i że liczba wszystkich planet np. w naszej Galaktyce może przekraczać nawet ogólną liczbę gwiazd. Dlaczego więc te odkrycia nastąpiły tak późno i dlaczego tak mało jeszcze wiemy o tych innych światach. Główną barierą jest oczywiście odległość. Średnica kątowa wspomnianej już Proximy Centauri wynosi mniej więcej jedną milisekundę łuku. Taki byłby rozmiar kątowy człowieka obserwowanego na powierzchni Księżycy z Ziemi! W przypadku nowoodkrytej planety, Proximy Centauri b, podane wartości należałoby dodatkowo pomniejszyć piętnastokrotnie. Jeszcze większy problem to olbrzymia dysproporcja w jasności pomiędzy gwiazdą i planetą, powodująca że ta druga zupełnie zatraca się w blasku gwiazdy rodzimej.

Pomimo tak niekorzystnych rokowań udało się astronomom wypracować kilka metod detekcji egzoplanet. Metody te wykorzystują zazwyczaj prawo Newtona, a w jednym przypadku jego einsteinowskie rozszerzenie, a tak późne ich praktyczne zastosowanie wiązało się z koniecznością budowy odpowiednio czułej aparatury obserwacyjnej. Skoro z dwójga ciał niebieskich gwiazda – planeta z niemałym trudem możemy bezpośrednio obserwować zwykle tylko te pierwsze, zadanie polega na wyszukaniu takich gwiazd, których zachowanie wskazuje na obecność niewidocznego towarzysza. Wbrew obiegowym skrótom myślowym, że to planeta obiega gwiazdę, w rzeczywistości obydwie te ciała krążą wokół wspólnego środka ciężkości. Oznacza to, że w każdym przypadku, gdy środek gwiazdy nie pokrywa się za środkiem układu gwiazda – planeta, mamy szansę zaobserwować pewien rodzaj anomalii, niewystępujący w przypadku samotnej gwiazdy:

1. Gwiazda może cyklicznie „zataczać się” w swoim prostoliniowym ruchu własnym na sferze niebieskiej (ten rodzaj detekcji planet określamy metodą astrometryczną, zastosował ją wspomniany wcześniej van de Kamp).
2. Linie widmowe emitowane przez gwiazdę mogą cyklicznie zmieniać długość fali zgodnie z efektem Dopplera (metoda spektroskopowa).
3. Jeśli orbita układu gwiazda – planeta jest tak usytuowana względem Ziemi, że planeta przejściowo zakrywa fragment powierzchni gwiazdy, możemy wówczas obserwować cykliczny spadek jasności gwiazdy (metoda tranzytów).
4. W układzie pulsar (młoda gwiazda neutronowa) – planeta oddziaływanie grawitacyjne planety wprowadza cykliczne zaburzenia w niezwykle regularnych odstępach pomiędzy kolejnymi impulsami radiowymi emitowanymi przez gwiazdę (metoda chronometrażu pulsarowego, zapoczątkowana przez Wolszczana).
5. Zjawisko ugięcia czasoprzestrzeni spowodowane przez koncentrację materii jaką jest planeta, zgodnie z przewidywaniami ogólnej teorii względności Einsteina, również znalazło zastosowanie w detekcji egzoplanet. Taki obiekt może stać się soczewką grawitacyjną, jeżeli ustawi się dokładnie na linii między nami a odległą gwiazdą. Skupiając jej promienie świetlne spowoduje krótkotrwały wzrost jasności tejże gwiazdy, który łatwo jest odróżnić od innych mechanizmów zmiany blasku gwiazd (metoda mikrosoczewkowania grawitacyjnego).

Warto podkreślić, że żadna z zaprezentowanych metod nie jest uniwersalna, tj. nie pozwala na detekcję dowolnej egzoplanety. Nasze poszukiwania tych obiektów wciąż można zrekapitulować odwołując się do starego dowcipu, w którym człowiek skrupulatnie poszukujący

czegoś pod latarnią w nocy tłumaczy pytającemu, iż zguba faktycznie nastąpiła daleko od latarni, a szuka w jej pobliżu, bo tutaj jest jaśniej! Oddziaływanie grawitacyjne pomiędzy planetą i gwiazdą zwiększa się wraz ze spadkiem kwadratu odległości pomiędzy nimi i wraz ze wzrostem stosunku mas. Nic więc dziwnego, że najłatwiej jest odkryć stosunkowo masywną planetę w niedużej odległości od gwiazdy. W ten sposób oznajmiła nam o swoim istnieniu całkiem liczna populacja gorących jowiszów, które wzbudziły konsternację swoją całkowitą nieprzystawalnością wobec realiów Układu Słonecznego.

To, że czegoś nie widać, nie jest dowodem na to, że to coś nie istnieje. Jeśli chcemy szukać mniejszych planet w większej odległości od ich rodzimych gwiazd, musimy nieustannie poprawiać dokładność stosowanych metod detekcji. I tak się dzieje. Pierwsze egzoplanety odkryte metodą spektroskopową w I. 90 XX w. wykazywały amplitudę zmian wartości składowej radialnej wektora prędkości ruchu względem gwiazdy na poziomie kilkuset metrów na sekundę. Po latach detekcja stała się możliwa dla amplitudy zmian na poziomie kilkudziesięciu metrów na sekundę. O odkryciu Proximy Centauri b przesądziły pomiary amplitudy zmian na poziomie kilku metrów na sekundę!

Stosowane obecnie metody pozwalają zazwyczaj odtworzyć podstawowe elementy orbity planety (okres obiegu, odległość od gwiazdy, mimośród) oraz jej masę. Na tej podstawie, przy często dosyć mocnych i niekoniecznie uzasadnionych założeniach, wnioskuje się o ich składzie chemicznym, budowie wewnętrznej, posiadaniu bądź braku atmosfery, obecności w obrębie strefy życia zdefiniowanej temperaturą pozwalającą na występowanie wody w stanie ciekłym, itd. Takie zaawansowane rozważania, w których zapomina się często, że dane obserwacyjne bywają obciążone błędami względnymi sięgającymi kilkudziesięciu procent, w

połączeniu z impresjami artystycznymi jak taka planeta być może wygląda, stwarzają iluzję, że o tych odległych światach wiemy już prawie wszystko.

Prawda jest zupełnie inna. Zrobiliśmy dopiero pierwszy krok w poznaniu egzoplanet. O ile w przypadku gwiazd potrafimy już powiedzieć co jest regułą, a co jest wyjątkiem, a kierując wzrok na wybraną gwiazdę opisać z grubsza jej dotychczasowe dzieje i zaplanować jej przyszłość, o tyle znajomość reguł rządzących planetami jest ciągle fragmentaryczna. Dalszy rozwój infrastruktury obserwacyjnej i metod badawczych z pewnością wydatnie wzbogaci listę egzoplanet. Bogata statystyka badanych obiektów pozwoli dokładniej zrozumieć proces formowania się układów planetarnych i ich dalszą ewolucję. Dokładnie wytypowane, najbardziej obiecujące cele obserwacyjne zostaną szczegółowo przebadane, a finalne wyniki nie będą już zależały od niedoskonałości zastosowanej aparatury, czy zwyczajnego pecha.

Można zaryzykować twierdzenie, że ciągu kilkunastu najbliższych lat powstanie obszerna lista „drugich Ziemi”, umiejscowionych w pobliżu spokojnych gwiazd gwarantujących odpowiednią podaż światła i ciepła, planet krążących po stabilnych i trwałych orbitach, na których warunki do życia nie będą odbiegały od tych, z jakimi mamy do czynienia na Ziemi. Czy to oznacza, że odnajdziemy tam życie? Na pewno tak ukierunkowany nasłuch Kosmosu będzie dawał większe szanse sukcesu, niż nadstawianie ucha we wszystkich kierunkach z desperackim pytaniem: „Czy ktoś tam jest?” Na razie odkrycie egzoplanet doprowadziło już do jednego przełomu. Zagadnienie życia poza Ziemią przestało być tematem tabu wśród astronomów. W dzisiejszych czasach miejsce ufologów coraz częściej zajmują astrobiologowie.

Co jeszcze? Pokolenia wychowane na star trekach, gwiazdnych wojnach, obcych, predatorach i avatarach chętnie słuchają miraży o kosmicznej konkwiście. Również należę do tego pokolenia, ale muszę przypomnieć w tym miejscu, że sonda międzyplanetarna Voyager 1 po prawie 40 latach podróży oddaliły się od Ziemi na 136 AU i jest to rekordowe osiągnięcie ludzkiej techniki. Tymczasem odległość do najbliższej egzoplanety, Proxima Centauri b, wynosi ponad 268 tysięcy jednostek astronomicznych, a więc do pokonania jest odległość prawie 2 tysiące razy większa!

Jesteśmy dopiero na początku drugiej ery planet. Nie wiemy w jaki sposób potoczy się dalsza historia ludzkości, ale na pewno jeszcze nie jeden raz będziemy zaskakiwani przez sensacyjne wiadomości ze świata egzoplanet.

Michał Tomczak

(wykład immatrykulacyjny z 28 września 2016 r.)