

i Japonia, według danych ogłoszonych przez Światową Organizację Zdrowia (WHO).

Spodziewana długość życia Kanadyjek w momencie urodzenia w 2009 roku, była oceniana na 83 lata, czyli o rok więcej w stosunku do danych pochodzących z 2000 roku. Dla mężczyzn w Kanadzie, spodziewana długość życia została ustalona na 79 lat w 2009 roku, w porównaniu do 77 lat w roku 2000. Podobne są prognozy w Stanach Zjednoczonych, gdzie kobiety mogą się spodziewać, iż przeżyją 81 lat (dane na 2009 rok), podczas gdy ich średni wiek został ustalony na 80 lat w roku 2000. Mężczyźni amerykańscy z kolei mogą zakładać, iż przeżyją 76 lat (dane na 2009 rok), co oznacza wzrost spodziewanej długości życia o 2 lata, w stosunku do danych odnoszonych dziewięć lat wcześniej.

Od lat Japonia dzierży rekord spodziewanej długości życia kobiet, ustalony na 86 lat w roku 2009. Mężczyźni z tego samego roku żyjący w San Marino, mogli spodziewać się długości życia przewidywanej na 82 lata.

W przeciwieństwie do powyższych danych, dziewczęta urodzone w Republice Środkowej Afryki oraz

w Czadzie, mogły spodziewać się w roku 2009, iż przeżyją 48 lat, podczas gdy średnia długość życia obliczona dla mężczyzn w Malawi została określona na 44 lata i była najniższą z odnotowanych. Światowa Organizacja Zdrowia donosi, że w większości regionów świata, różnica pięciu lat oddziela średnie spodziewane długości życia dla obu płci.

Niezależnie od osiągnięć współczesnej nauki, długość życia obecnego pokolenia osób w średnim wieku nie zwiększy się znacząco. Należy jednak wyciągnąć wnioski z przedstawionych powyżej możliwości i zaleceń. Przestrzeganie higienicznego trybu życia, troska o zdrowie, unikanie używek, właściwe odżywianie, odpowiednia aktywność fizyczna, dostosowana do możliwości organizmu, to zalecenia o których warto pamiętać. Mamy na nie wpływ, możemy sami o wielu z nich decydować. Jesteśmy zatem kowalami nie tylko własnego losu, ale także odpowiednio postępując możemy decydować o własnym zdrowiu i dzięki temu o potencjalnej długowieczności.

■ Prof. dr hab. Bohdan Achremowicz (Technologia Żywności i Żywnienie, Uniwersytet Rzeszowski). E-mail: rrachrem@cyf-kr.edu.pl.

## PLANETY POZASŁONECZNYCH UKŁADÓW PLANETARNYCH; PLANETY WOLSZCZANA

*Marek S. Żbik (Brisbane, Australia)*

Największy na świecie radioteleskop Arecibo o największej pojedynczej czaszy na świecie, mającej średnicę 305 metrów znajduje się w okolicach miejscowości Arecibo w Portoryko. Jest wykorzystywany przez Cornell University we współpracy z National Science Foundation w badaniach radioastronomicznych, atmosferycznych i radarowych. Dostęp do teleskopu jest udzielany jednostkom naukowym przez niezależną komisję naukową na podstawie składanych podań.

Radioteleskop ten jest bardzo silnie wykorzystywany przez astronomów zjeżdżających się tu z całego świata, by prowadzić obserwacje w konkretnych przez nich zarządzanych projektach naukowych. Każdy z uczonych stara się o czas na instrumencie, a konkurencja jest silna, bo chętnych do prowadzenia badań jest dużo. Dostęp do instrumentu nie jest łatwo uzyskać, a jeśli już ktoś go dostanie, to na bardzo ograniczony czas i musi się spieszyć by zdążyć zebrać jak najwięcej danych, zanim następny czekający w kolejce badacz wejdzie na jego miejsce.



Ryc. 1. Radioteleskop w Arecibo, Portoryko.

Teleskop zatem działa bez ustanku, a jedynie jego użytkownicy się zmieniają. Instrument ten, jak każde urządzenie powoli zużywa się i wymaga od czasu do czasu remontu. Tak się właśnie złożyło, że w 1990 roku zauważono w konstrukcji teleskopu istotne usterki mogące prowadzić do jego katastrofalnej awarii. Nie pozostało zatem nic innego, jak wyłączyć teleskop z rutynowego użytkowania i w przeciągu kilku tygodni wykonać niezbędny remont.

Radioteleskop został zatem wyłączony z użytkowania, ale mógł w czasie remontu pracować w ograniczonym zakresie, to znaczy mógł być „zaparkowany” raz dziennie na konkretną pozycję wycelowaną w nieboskłon. Takiej okazji nie mógł nie wykorzystać astrofizyk polskiego pochodzenia, pracujący obecnie w Stanach, Alex Wolszczan który zajmował się w tym czasie badaniami pulsarów.

Alex Wolszczan jest astrofizykiem wykształconym w Polsce, gdzie w 1975 roku w Uniwersytecie Toruńskim im. Mikołaja Kopernika obronił doktorat. Niedługo później, bo w 1982 roku przeniósł się do Stanów Zjednoczonych, by pracować w Cornell and Princeton University. Następnie objął stanowisko profesora w Pennsylvania State University. Jest również członkiem Polskiej Akademii Nauk.

Alex nie krył swojego szczęścia, kiedy udało mu się otrzymać wyłączność użytkowania teleskopu na cały miesiąc, co nie byłoby do pomyślenia w normalnych warunkach pracy tego urzędu. Jego projektem było prowadzenie obserwacji starych gwiazd neutronowych położonych z dala od płaszczyzny równika Galaktyki, by stwierdzić, czy ich rozkład przestrzenny jest równomierny. Takie obserwacje wymagają zbierania danych radiowego źródła przez relatywnie długi czas.

Typowymi danymi uzyskiwanymi z takich badań są zazwyczaj informacje o prędkości rotacji gwiazdy (spin) oraz opóźnienie sygnału zależne od jego częstotliwości a powodowane przechodzeniem sygnału przez zjonizowane gazy przestrzeni międzygwiazdnej. Trzecią informacją, którą można uzyskać z radioteleskopowych obserwacji pulsara, jest przyspieszenie pulsara wynikające z jego poruszania się na orbicie w systemie podwójnym. Dane zebrane z powierzchni 150 stopni kwadratowych sklepienia niebieskiego w czasie reperacji teleskopu zostały zapisane na taśmie magnetyczną i przesłane do Cornell Theory Center dla komputerowej analizy, która trwała przez następnych kilka miesięcy. W czerwcu wyniki były przeanalizowane i okazało się, że odkryte zostały dwa nieznane dotąd pulsary, między innymi jeden o nazwie PSR B1257+12 o bardzo prędkiej rotacji wyrażonej pulsem o częstotliwości 6,2 milisekundy.

W czasie przeglądania wyników Alex nie podejrzewał w odkrytym ciele kosmicznym niczego szczególnego, a jego milisekundowy period drgań włożył na karb istnienia blisko pulsara jego gwiazdnego współtowarzysza charakterystycznego dla systemu podwójnego gwiazd. Przystąpił więc do obserwacji spinu pulsara w funkcji czasu, by obliczyć parametry orbity jego gwiazdnego towarzysza. Na bazie analizy danych ze spinu oraz innego parametru

zwanego TOA (ang. *topocentric time-of-arrival*), starał się opracować parametry tego systemu gwiazdnego. Mając na uwadze wysoką częstotliwość pulsacji nie jest bowiem trudno ustalić dokładnie takie parametry. Z tym jednak przyszło się zmagać, bo wyniki nie układały się według planu. Model nie składał się i wymagał częstych pomiarów i uwzględniania parametru TOA w analizie nadchodzących danych, co samo w sobie było dosyć niezwykle. Nie było wyjścia i w maju 1991 roku Alex prowadził dokładne monitorowanie TOA w czasie trzech kolejnych tygodni. Dało to możliwość śledzenia drobnych nieścisłości pomiędzy przewidywaniem modelu a rzeczywistym czasem nadejścia pulsu w mierzonych w sposób ciągły. Okazało się, że w pomiarach występuje element powtarzalny odpowiedzialny za niezwykle zachowanie się gwiazdy.



Ryc. 2. Obraz kompozytowy pulsara w mgławicy Kraba w konstelacji Oriona.

Po dokładnym przyjrzeniu się wynikom stało się jasne, że nieregularności powtarzają się co dwa do trzech miesięcy. Efekt był z jednej strony zbyt wielki, by nie wpłynął na modelowe własności pulsara, a jednocześnie zbyt mały, by zauważyć te regularności bez monitorowania parametrów pomiarowych (TOA) w sposób ciągły. Te subtelności orbitalne pulsara okazały się również zbyt małe, by obarczyć nimi wpływ towarzyszącej mu karłowatej gwiazdy, a jedynym wytłumaczeniem było przyjęcie hipotezy o istnieniu dużo mniejszego towarzysza, którym może być planeta czy system planet. We wrześniu 1991 roku, Alex zrozumiał, że badany przez niego pulsar posiada przynajmniej dwie planety.

Początkowo idea ta wydawać by się mogła nazbyt egzotyczna, by traktować ją na serio. Jednak nie była

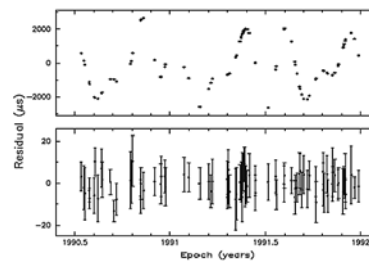
to pierwsza tego typu idea, a podobne były już wcześniej wysuwane jak przykładowo, w 1970 roku przy zarejestrowaniu nieregularności w pomiarze parametrów znanego pulsara w mgławicy Kraba gwiazdozbioru Oriona, a także w 1979 roku w przypadku pulsara PSR B0329+54 któremu Demiański i Pruszyński przypisywali wspomniane nieregularności istnieniu planety. Okazało się później, że udało się wyjaśnić problem w bardziej konwencjonalny sposób. Występowanie planet wokół pulsarów było już teoretycznie wysuwane jako możliwe i planety mogłyby powstawać na różnych stadiach ewolucyjnych gwiazdy neutronowej. Również w lipcu 1991 roku inny badacz, Bailes wraz z zespołem opublikowali rewelacyjne odkrycie planety o masie dziesięciu mas Ziemi obiegającej inny pulsar po orbicie w okresie około sześciu miesięcy. Pomimo, jak się później okazało, błędów w ocenach i wycofania się Baileisa z tego sensacyjnego odkrycia (Lyne i Bailes, 1992), idea możliwości występowania planet dookoła gwiazdy neutronowej została zasygnalizowana i jakkolwiek by ona nie była egzotyczna, to nie była teoretycznie niemożliwa.

Bardzo ważnym było, aby niezwykle precyzyjnie określić położenie pulsara. Udało się to przy pomocy innego astronoma, kolegi Alexa, Dale'a Fraila, który dokonał niezbędnych pomiarów. Teraz wystarczyło modelować otrzymane dane, a model w którym pulsara obiegały dwie planety okazał się bardzo obiecujący. Drobną nieścisłość ( $\sim 30 \mu\text{s}$ ) dało się wyjaśnić ekscentrycznością orbit tych planet. Teraz wszystko pasowało „jak ulał”. Ostatecznie w połowie września model określający parametry gwiazdy neutronowej i obiegających ją dwóch planet o masach trzykrotnie i czterokrotnie większych od masy Ziemi, okrążających pulsara na lekko ekscentrycznych orbitach o okresach obiegu dookoła gwiazdy 65 i 98 dni był gotów. Po dodatkowych trzech miesiącach sprawdzania zgodności założonego modelu z nadchodzącymi obserwacjami, odkrycie zostało ogłoszone i opublikowane w Styczniu 1992 roku w „Nature”.

Ogłoszenie odkrycia miało miejsce na specjalnej sesji American Astronomical Society w Atlancie i zostało zaaranżowane jako prezentacja wspólna z rzekomym odkryciem zespołu Baileisa. Niewątpliwie wywołało to rodzaj szoku, jako że planety poszukiwano przede wszystkim jako towarzyszące gwiazdom podobnym do Słońca, a znalezione zostały najpierw w gwiazdnych szczątkach jakimi są gwiazdy neutronowe – pozostałości po wybuchu supernowych.

Alex przyjechawszy do Atlanty nie spodziewał się dramatu jaki się rozgrywa, oto poinformowano go, że zespół który odkrył planetę wokół pulsara jako pierwszy (Bailes i współpracownicy), teraz wycofał

się z tego przedwcześnie uczynionego oświadczenia. Okazało się, że nieregularności zauważone w nieregularnościach czasowych tego pulsara, a wzięte za wynikające z orbitującej dookoła niego planety, powstały na skutek nieuwzględnienia ekscentryczności orbity ziemskiej i stąd wziął się błąd. Brak rzetelnego sprawdzenia danych i nadmierny pośpiech owocował teraz wstydem wycofania się z tak sensacyjnego odkrycia. Aleks zrozumiał, że jego odkrycie przejmuje teraz palmę pierwszeństwa, a jego wystąpienie w Atlancie nabiera całkiem nowego charakteru. Zamieszanie spowodowane wycofaniem się Lyne i Baileisa z odkrycia wzmogło podejrzliwość uczestników spotkania, ale argumenty przedstawione w wystąpieniu Alexa były na tyle przekonujące, że nie spotkał się on z ocenami krytycznymi.



Ryc. 3. Rezultaty modelowania parametru TEO z pierwotnych wyników badań na radioteleskopie Aracibo w paśmie 430 MHz. Górny diagram – standardowe czasokresy modelowane bez uwzględnienia planet. Dolny diagram – to samo po uwzględnieniu w modelu dwóch planet o masie zbliżonej do ziemskiej.

Zespół dalszych danych o czasokresie pulsara PSR B1257+12, zebranych do tak ważnego oznajmienia o odkryciu pierwszego systemu planetarnego poza słonecznym, pozwoliły na dokładne oceny parametrów odkrytych planet i ich orbit. W przeciągu kilku następnych lat postęp w rozwiązaniach teoretycznych i analizie danych doprowadził do uściślenia masy i parametrów orbitalnych planet. Okazało się, że planety mają podobne do ziemskiej masy, które wynoszą 4,3 oraz 3,9 masy Ziemi. Ich orbity leżą w płaszczyźnie ekliptyki gwiazdy centralnej, a ich powstanie wiązać można zatem z akrecją materii dysku protoplanetarnego formującej się gwiazdy neutronowej.

Pomimo tego niewątpliwego sukcesu, jakim było odkrycie pierwszego systemu dwóch planet obiegających gwiazdę neutronową, Alex od czasu do czasu sprawdzał dane, czy czasami nie znajdzie w nich jeszcze czegoś ciekawego. Okazało się, że w danych dotyczących periodu nieregularności czasowych pulsara, a związanych z okresem 66 i 98 dniowym wynikającym z czasu, w którym planety dokonywały pełnego okrążenia wokół gwiazdy centralnej, kryje się jeszcze jedna bardzo niewielka i regularna nieregularność wskazująca na czasokres dwudziestopięć dniowy.

Czyżby to nowa planeta o tak krótkim okresie obiegu dookoła gwiazdy centralnej? Dla Alexa wyniki były na tyle przekonujące, że opublikował je w 1994 roku. Spotkał się przy tym z krytycznymi uwagami ze strony Scherera z zespołem (1997), według których nieregularności te mogą wynikać z periodycznych zakłóceń spowodowanych przez wiatr słoneczny, a związanych z rotacją Słońca. Niezbędne dodatkowe obserwacje pulsara prowadzone przez Alexa w Arecibo potwierdziły rzeczywistą naturę występujących nieregularności i brak ich związku z zakłóceniami mogącymi pochodzić od Słońca. Efektem była publikacja w 2000 roku gdzie potwierdzono odkrycie trzeciej planety o małej masie, bo jedynie równej dwóm masom Księżyca, obiegającej gwiazdę centralną po orbicie w przeciągu 25 dni. Jest to pewnie najmniejsza planeta odkryta w układzie pozasłonecznym.

Prowadzone w późniejszym czasie badania wskazywały się wskazywać na występowanie dookoła tej gwiazdy jeszcze jednej, czwartej planety o masie zbliżonej do Plutona w odległości około 2,4 jednost-

ki astronomicznej od gwiazdy i orbitującej gwiazdę w czasie 4,6 roku. Wyniki te jednak były niepewne i udało się wyjaśnić, że anomalie te można wytłumaczyć zmianami własności samego pulsara.

Następujące po odkryciu Wolszczana poszukiwania planet przy innych gwiazdach neutronowych jak i poszukiwania pozostałości przy nich dysków protoplanetarnych przy pomocy badań w podczerwieni za pomocą teleskopu kosmicznego Spitzera nie przyniosły przekonujących rezultatów. Może to prowadzić do wniosku, że planetarne układy towarzyszące gwiazdom neutronowym nie są tak częste, jak towarzyszące zwykłym gwiazdom. Jednak statystyka w tym zakresie nie posiada wystarczająco reprezentacyjnej próby i zbyt wcześnie jest teraz wyrokować w tej materii.

Artykuł oparto częściowo na publikacji: Alex Wolszczan, Discovery of pulsar planets, *New Astronomy Reviews* 56 (2012) 2–8.

Dr Marek S. Żbik. School of Chemistry, Physics and Mechanical Engineering, Science and Engineering Faculty, Queensland University of Technology, 2 George Street, GPO Box 2434, Brisbane Qld 4001, Australia. E-mail: marek.zbik@uw.edu.pl.

## PODSTAWY FIZYCZNE I HISTORIA OBRAZOWANIA METODĄ REZONANSU MAGNETYCZNEGO

*Paweł Pęczkowski (Warszawa)*

Na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych XX wieku Allan Cormack i Godfrey Hounsfield, późniejsi laureaci Nagrody Nobla, stworzyli fizyko-matematyczne podstawy tomografii komputerowej. Kilkadziesiąt lat po wynalezieniu tomografii komputerowej do badań klinicznych wprowadzono niezwykle skuteczną metodę diagnostyczną – rezonans magnetyczny. Podstawy rezonansu magnetycznego opracowali niezależnie od siebie Bloch i Purcell, laureaci Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki w 1952 roku. Tomografia komputerowa i technika rezonansu magnetycznego spowodowały przewrót w medycynie, umożliwiły uzyskanie dokładnych obrazów wnętrza ciała ludzkiego.

### Fizyczne podstawy obrazowania metodą MR

Zjawisko rezonansu magnetycznego daje się wyjaśnić jedynie na gruncie mechaniki kwantowej. W obrazowaniu metodą jądrowego rezonansu

magnetycznego (MR) wykorzystuje się kwantowo-mechaniczne własności magnetyczne jąder atomowych. Aby to wyjaśnić, spróbujmy znaleźć tu analogię klasyczną. Wyobraźmy sobie naładowaną cząstkę krążącą po zamkniętym torze. Cząstka krążąca po zamkniętej orbicie stanowi rodzaj elementarnego magnesu. Ruch takiej cząstki jest równoważny z przepływem prądu elektrycznego. Jednym ze skutków przepływu prądu elektrycznego jest wytworzenie pola magnetycznego. W mechanice kwantowej nie mówimy, że cząstki krążą po ustalonych orbitach lub że wirują wokół jakiejś osi, ale mówimy, że mają pewien moment pędu. Cząstka mająca ładunek elektryczny i moment pędu posiada moment magnetyczny, który oznaczamy symbolem  $\mu$ .

Jądro atomowe o nieparzystej liczbie protonów i neutronów mają własny wewnętrzny moment pędu zwany spinem jądra. Jądro atomowe mające spin staje się źródłem mikroskopijnego pola magnetycznego. Moment magnetyczny jądra  $\mu$  jest