

Rys. 2. Wykres pokazujący relację promień-masa dla równań stanu gwiazd neutronowych. Pochodzi z publikacji Paerels, F., Mendez, M., Agueros, M. i inni, 2009, „The Behavior of Matter under Extreme Conditions”, White paper submitted to the Astro2010 Decadal survey of Astronomy and Astrophysics

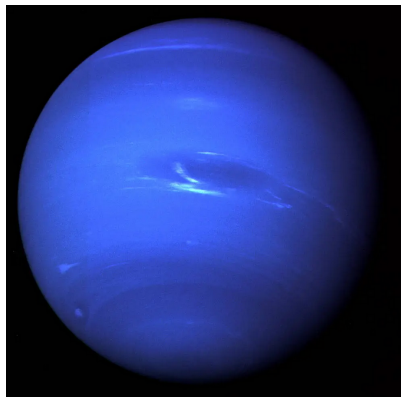
co najlepiej widać na rysunku 2: czarnymi liniami zaznaczono równanie stanu dla zimnej supergęstej materii (czyli dla modelu zwykłej gwiazdy neutronowej), z kolei liniami zielonymi zaznaczono równanie stanu dla tzw. gwiazd dziwnych, czyli zbudowanych z samych kwarków. Poniżej oraz powyżej tych krzywych zaznaczono znane ograniczenia teoretyczne oraz obserwacyjne pozwalające na odrzucenie modeli niemieszczących się w dopuszczalnych zakresach. Do pozostałych badanych modeli należą m.in. model gwiazdy kwarkowo-hybrydowej, model gwiazdy neutronowej z kondensatem pionów, model gwiazdy nukleonowej czy model gwiazdy hyperonowej.

Więcej o pulsarach można przeczytać m.in. w artykule L. Błaskiewicza i W. Lewandowskiego „Zakręcone gwiazdy” opublikowanym w *Uranii – Postęпах Astronomii* nr 2/2019.

Mam nadzieję, że Wasze kosmiczne fartuchy są już wyjęte z szafy i w przyszłości spotkamy się w pulsarowym laboratorium!



Prosto z nieba: Różne odcienie niebieskiego



Zdjęcie Neptuna, do jakiego przywykliśmy, wykonane przez sondę Voyager 2 i opublikowane w 1989 roku

Pod koniec lat 80. zeszłego stulecia sonda Voyager 2 przeleciała w pobliżu Neptuna i wykonała jego zdjęcie. Po prawie 35 latach jest to wciąż jedno z najbardziej rozpoznawalnych zdjęć tej planety. Zdjęcie to jest najczęściej wykorzystywane w mediach i różnego rodzaju prezentacjach Układu Słonecznego. Może więc zaskoczy Cię, drogi Czytelniku, wiadomość, że intensywny niebieski kolor planety nie jest „prawdziwy”. Wzmocniono go po to, aby lepiej uwidocznić drobne detale, w szczególności *chmury* i różne odcienie atmosfery planety. Fakt, że zdjęcie nie przedstawia rzeczywistego koloru Neptuna, był zakomunikowany bardzo wyraźnie w czasie jego publikacji w 1989 roku. Problem w tym, że... zapomnieliśmy o tym „drobnym szczególe”.

Jak to się stało?

Wszystkie zdjęcia wykonane przez sondę Voyager 3 (tak naprawdę wszystkie zdjęcia wykonywane przez jakiegokolwiek teleskopy, nawet współczesne) są w rzeczywistości czarno-białe, a dokładniej – w odcieniach szarości. Detektory rejestrują światło o danej długości fali, a ich natężenie reprezentowane jest właśnie przez różne odcienie szarości. Miejsca, w których tego światła nie ma, pozostają puste, czy też czarne. Sztuczka polega na tym, że to samo zdjęcie wykonywane jest jednocześnie na różnych długościach fal – mówimy, że zdjęcie robi się w określonym filtrze, czyli w ustalonym zakresie długości fali elektromagnetycznej, a zdjęcie końcowe to złożenie wszystkich lub części tych zdjęć. W ten sposób uzyskiwana jest pełna paleta kolorów. Na tej samej zasadzie działa aparat cyfrowy w telefonie. W astronomii nie robimy tego tylko po to, by uzyskać ładne obrazy, ale też po to, aby zaobserwować struktury widoczne w różnych pasmach promieniowania elektromagnetycznego, często poza pasmem widzialnym (np. pył w podczerwieni czy światło pochodzące od młodych jasnych gwiazd w ultrafiolecie).

W kamerze sondy Voyager 2 było pięć filtrów: ultrafioletowy, fioletowy, niebieski, zielony i pomarańczowy. Popularny obraz Neptuna powstał w wyniku złożenia zdjęć z tylko dwóch filtrów: zielonego i pomarańczowego, ponieważ w tych filtrach najlepiej były widoczne chmury i charakterystyczna „niebieska plama”.

Zapewne słyszeliście o systemie RGB (ang. *red-green-blue*, czerwony-zielony-niebieski), w jakim działają aparaty cyfrowe. Zasada jest ta sama. Światło rozszczepiane jest na trzy składowe odpowiadające kolorowi czerwonemu, zielonemu i niebieskiemu. Trzy zdjęcia rejestrowane są osobno, a obraz wynikowy jest ich złożeniem.

Na tej samej zasadzie wszystkie zdjęcia powierzchni Marsa są „czerwone”. W rzeczywistości kamienie Marsa są brązowo-szare, ale ludzie przyzwyczaili się do łączenia wszystkiego, co związane z Marsem, z kolorem czerwonym, dlatego nawet najnowsze zdjęcia modyfikuje się tak, aby były bardziej czerwone, a przez to bardziej zbliżone do naszych wyobrażeń.

Oryginalna publikacja opisująca wyniki obserwacji Neptuna przez sondę Voyager 2: Smith, B. A. et al. (1989) „Voyager 2 at Neptune: Imaging Science Results”. *Science*, 246(4936), 1422–1449. doi:10.1126/science.246.4936.142.

Niebieski kolor przypisany sumie sygnału z tych dwóch filtrów, był głównie kwestią wyboru artystycznego. Ponadto podkreślono trochę jego intensywność.

Co ciekawe, na konferencji prasowej towarzyszącej publikacji zdjęć Neptuna przedstawiono dwa zdjęcia: jedno w naturalnych kolorach, a drugie w zafalszowanych (to, które najlepiej znamy). Problem w tym, że do prasy dostarczono tylko to drugie zdjęcie, prawdopodobnie jako bardziej chwytliwe. Pamiętajmy, że było to na długo przed powstaniem Internetu w formie, w jakiej istnieje dzisiaj, dlatego kopie zdjęć musiały zostać wydrukowane i w wersji papierowej dostarczone do wydawców gazet. Ponadto publikacja naukowa z 1989 roku, towarzysząca ujawnieniu zdjęć (też oryginalnie wydrukowana na papierze), zawierała głównie zdjęcia czarno-białe, gdyż czasopisma naukowe pobierały dodatkowe wysokie opłaty za druk w kolorze. Kilka kolorowych zdjęć w tej publikacji to właśnie zdjęcia w zafalszowanym kolorze, przedstawiające szczegóły nowo odkrytych struktur w atmosferze Neptuna (co jest wyraźnie zaznaczone w opisach). Wszystkie te okoliczności razem przyczyniły się do tego, że informacja o fałszywych kolorach zaginęła w czasie. Do świadomości publicznej przebiła się tylko informacja: „To jest zdjęcie Neptuna”.

To jakiego koloru jest Neptun naprawdę?

Na początku musimy zdefiniować, co to jest ten „prawdziwy kolor”. Koncepcja kolorów – tak jak my, ludzie, je postrzegamy – jest prawie całkowicie arbitralna. Ale przyjmijmy, że „prawdziwe” kolory to takie, jakie widzą nasze oczy. Pozostawmy otwartą kwestię, czy każdy człowiek z kompletem 3 rodzajów czopków w oczach postrzega kolory tak samo, i skupmy się na długości fali. Aby uzyskać dokładną informację o ilości światła o określonej długości fali odbitego od powierzchni Neptuna, jaka do nas dociera, musimy zarejestrować widmo spektroskopowe tego światła. Ale nie możemy tego zrobić tylko raz dla całej planety, ponieważ wiemy, że kolor powierzchni Neptuna jest różny w różnych miejscach (i ma chmury w różnych odcieniach „niebieskiego”). Dlatego potrzebujemy osobnego widma na każdy piksel obrazu Neptuna. Szczęśliwie się składa, że mamy urządzenie, które potrafi przeprowadzić takie obserwacje – Bardzo Duży Teleskop w Chile (*Very Large Telescope*, VLT) wyposażony w multispektrograf MUSE (*Multi Unit Spectroscopic Explorer*). Przedrostek multi oznacza, że urządzenie to jest w stanie rejestrować duże ilości widm jednocześnie. Naukowcy z Uniwersytetu w Oxfordzie przeprowadzili w ten sposób pomiary widm spektroskopowych każdego piksela zdjęć Urana i Neptuna. Wynik został przedstawiony w lutym 2024 roku. Uzyskano prawdziwy odcień niebieskiego Neptuna, który okazał się... bardzo podobny do koloru Urana. (Zdjęcia obu planet w niezafalszowanych barwach publikujemy na ostatniej stronie okładki).

Anna DURKALEC

Zakład Astrofizyki, Departament Badań Podstawowych, Narodowe Centrum Badań Jądrowych



Niebo w sierpniu

Ósmy miesiąc roku jest pierwszym na półkuli północnej z wyraźnie skracającym się dniem. Przez cały sierpień Słońce obniży wysokość swojego górowania o ponad 10°, co na naszych szerokościach geograficznych spowoduje, że czas jego przebywania nad horyzontem zmniejszy się o prawie dwie godziny. Na teren całej Polski stopniowo wraca noc astronomiczna i po ponad dwumiesięcznej przerwie znowu można obserwować najśłabsze obiekty astronomiczne.

Na początku sierpnia na niebie porannym można obserwować zbliżający się do nowiu Księżyc oraz kilka planet Układu Słonecznego. Srebrny Glob spotka się ze Słońcem 4 sierpnia, a dzięki wysoko nachylonej

ekliptyce da się go obserwować przez pierwsze trzy dni miesiąca. 1 sierpnia Księżyc zaprezentuje tarczę w fazie 11%, wędrując na pograniczu gwiazdozbiorów Byka, Woźnicy i Bliźniąt. Tego ranka Księżyc utworzy trójkąt prostokątny z Jowiszem i Capellą, najjaśniejszą gwiazdą Woźnicy, z kątem prostym przy Księżycu. Dwa dni później już naprawdę cienki sierp Księżycyca w fazie 2% pokaże się na wysokości zaledwie 5°, 3,5° pod Polluksem.

W sierpniu na niebie porannym widoczne są dwie grupy planet Układu Słonecznego: rano niezbyt wysoko nad wschodnią częścią nieboskłonu łatwo widoczne gołym okiem Jowisz z Marsem oraz widoczny przez lornetkę