Droga Mleczna w trzech wymiarach

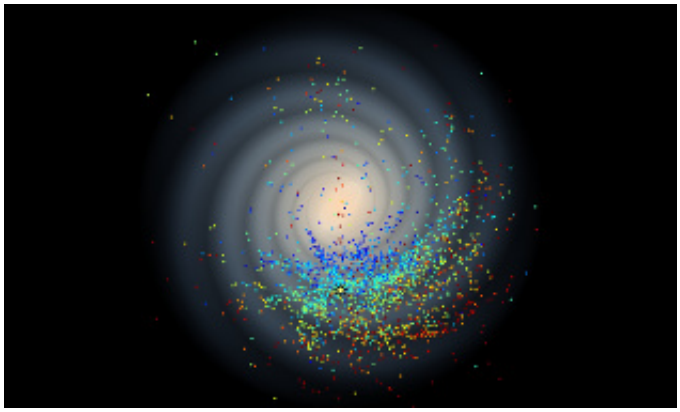
2019-08-01

Informacja za serwisem Obserwatorium Astronomicznego UW

Teleskop Warszawski i cefeidy w Drodze Mlecznej odkryte przez przegląd nieba OGLE (K. Ulaczyk / J. Skowron / OGLE / Obserwatorium Astronomiczne UW)

Gdy Galileusz skierował swój pierwszy teleskop w kierunku Drogi Mlecznej, dostrzegł, że składa się ona z niezliczonej liczby gwiazd. Od tego czasu badania historii i własności Galaktyki pochłaniały wiele pokoleń naukowców. W najnowszym numerze amerykańskiego tygodnika Science *zespół polskich astronomów z Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego, pracujący w ramach projektu* The Optical Gravitational Lensing Experiment *(OGLE), prezentuje unikalną, trójwymiarową mapę Drogi Mlecznej. Mapa przedstawia precyzyjny obraz naszej Galaktyki i dostarcza wielu nowych informacji dotyczących budowy i historii systemu gwiazdowego, w którym mieszkamy.*

Od XVII wieku astronomowie zdawali sobie sprawę, że Ziemia, Słońce i inne planety z Układu Słonecznego wraz z miliardami gwiazd widocznych przez teleskopy tworzą naszą Galaktykę. Światło tych gwiazd, obserwowane z dala od świateł cywilizacji, zlewa się przybierając kształt rozlanego na niebie mleka tworząc Drogą Mleczną. Opisanie rzeczywistego kształtu oraz budowy i struktury Galaktyki na podstawie obserwacji pochodzących z jej wnętrza nie jest zadaniem łatwym.



Wiek cefeid w Drodze Mlecznej. Najstarsze gwiazdy (czerwone) powstały 400 milionów lat temu,

najmłodsze (niebieskie) – 30 milionów lat temu (J. Skowron / OGLE / Obserwatorium Astronomiczne UW)

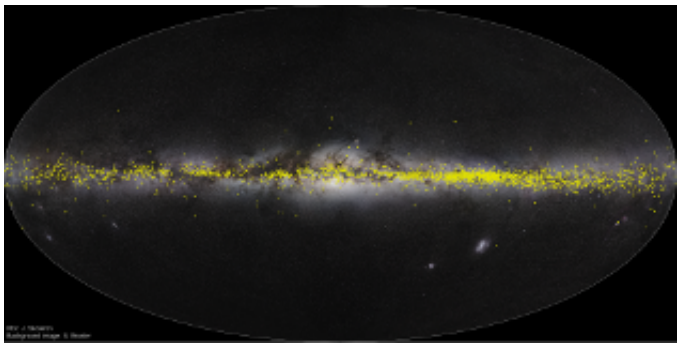
Astronomowie wyobrażają sobie Galaktykę jako typową galaktykę spiralną z tzw. poprzeczką, składającą się z centralnego zgrubienia zawierającego owalną poprzeczkę otoczonego płaskim dyskiem zbudowanym z gazu, pyłu i gwiazd. Dysk składa się z czterech ramion spiralnych, a jego średnica wynosi około 120 tys. lat świetlnych. Układ Słoneczny znajduje się wewnątrz dysku w odległości około 27 tys. lat świetnych od centrum Galaktyki. Dlatego gwiazdy dysku oglądane z tego miejsca wyglądają na niebie jak cienka, blada poświata – pas Drogi Mlecznej.

Aktualna wiedza dotycząca budowy Galaktyki opiera się m. in. na zliczeniach gwiazd, radiowych badaniach rozmieszczenia cząsteczek gazu w Galaktyce, a także analizie obrazów innych galaktyk, które widzimy z zewnątrz. Jednak zawsze dotąd odległości do badanych obiektów mających opisać budowę Galaktyki wyznaczane były pośrednio oraz były mocno zależne od przyjętych modeli. Najdokładniejszą metodą poznania struktury Galaktyki byłoby więc wyznaczenie precyzyjnych odległości do dużej grupy gwiazd o podobnych własnościach, dzięki czemu zobaczylibyśmy bezpośrednio ich rozmieszczenie w Galaktyce w trzech wymiarach.

Cefeidy zmieniają jasność w bardzo regularny sposób wskutek pulsacji gwiazdowych (P. Mróz / OGLE / Obserwatorium Astronomiczne UW)

Obiektami idealnymi do mapowania Drogi Mlecznej są stosunkowo młode (młodsze niż 250 mln lat) gwiazdy zwane cefeidami klasycznymi. Są to pulsujące nadolbrzymy, których jasność zmienia się w bardzo regularny sposób z okresem od kilkunastu godzin do kilkudziesięciu dni.

Na podstawie okresu pulsacji możemy wyznaczyć jasność rzeczywistą cefeidy i porównując ją z jasnością obserwowaną gwiazdy obliczamy precyzyjnie jej odległość – objaśnia dr Dorota Skowron, liderka zespołu przygotowującego mapę Galaktyki, pierwsza autorka pracy. *Pewnym utrudnieniem w uzyskaniu dokładnych wyników jest pochłanianie światła na drodze od gwiazdy do obserwatora ziemskiego, ale astronomowie radzą sobie z tym problemem przez wykonywanie obserwacji w zakresie promieniowania podczerwonego, gdzie pochłanianie jest bardzo małe. Odległości do cefeid można wyznaczyć z dokładnością lepszą niż 5%* – dodaje Dorota Skowron.



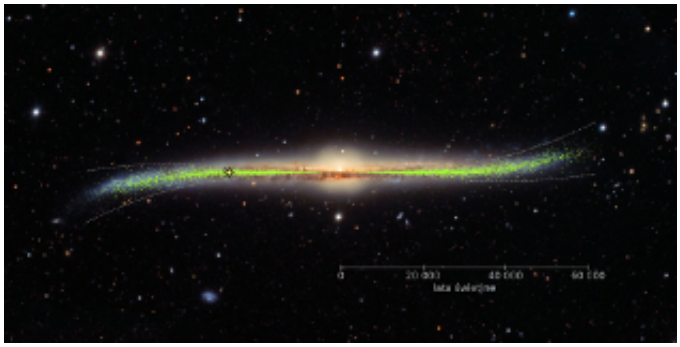
Cefeidy w Drodze Mlecznej (J. Skowron / OGLE, mapa Drogi Mlecznej autorstwa S. Brunier)

Najnowsza mapa Galaktyki zespołu OGLE prezentowana w czasopiśmie *Science* powstała na podstawie danych dotyczących ponad 2400 cefeid. Większość z nich to nowo odkryte obiekty dzięki obserwacjom

prowadzonym w ramach projektu OGLE, w Obserwatorium Las Campanas w Chile.

Projekt OGLE to jeden z największych na świecie przeglądów fotometrycznych nieba, obserwuje regularnie ponad dwa miliardy gwiazd. Kolekcje różnorodnych typów gwiazd zmiennych, w tym cefeid z Galaktyki i sąsiednich Obłoków Magellana, należą do największych we współczesnej astrofizyce i są podstawą do różnorodnych badań Wszechświata – wyjaśnia kierownik projektu OGLE, prof. Andrzej Udalski.

Skonstruowana na podstawie analizowanych cefeid mapa pokazuje rzeczywiste rozmieszczenie młodej populacji gwiazdowej w Galaktyce. Jest to pierwsza trójwymiarowa mapa stworzona na podstawie bezpośrednich odległości wyznaczonych do poszczególnych obiektów. Precyzyjnie wyznaczone odległości cefeid wypełniających dysk galaktyczny, aż po jego krańce umożliwiają dokładną analizę budowy dysku galaktycznego. Słońce znajduje się około 50 lat świetlnych powyżej płaszczyzny dysku. Mapa pokazuje, że dysk galaktyczny jest płaski do odległości 25 tys. lat świetlnych od centrum Galaktyki, a w dalszych odległościach ulega zakrzywieniu (*disk warp*).


Obraz galaktyki z zakrzywionym dyskiem. Kropki odpowiadają położeniom cefeid w Drodze Mlecznej (J. Skowron / OGLE / Obserwatorium Astronomiczne UW)

Zakrzywienie dysku podejrzewano już wiele lat temu, ale dopiero teraz po raz pierwszy możemy użyć indywidualnych obiektów do badania jego kształtu w trzech wymiarach – wyjaśnia Przemek Mróz, doktorant UW, badający parametry dysku Galaktyki. Gwiazdy w zewnętrznych częściach dysku Drogi Mlecznej mogą być przesunięte nawet o 4.5 tys. lat świetlnych od płaszczyzny dysku wyznaczonej w centralnych rejonach Galaktyki. Zakrzywienie dysku może być spowodowane oddziaływaniami z innymi galaktykami, wpływem gazu międzygalaktycznego lub tzw. ciemnej materii.

Dysk galaktyczny nie ma stałej grubości. Rozszerzanie dysku (*disk flaring*) zostało w przypadku młodej populacji gwiazd Galaktyki po raz pierwszy tak dokładnie scharakteryzowane. Grubość dysku galaktycznego wynosi około 500 lat świetlnych w odległości Słońca i osiąga ponad 3 tys. na samych krańcach dysku.

Trójwymiarowa struktura Drogi Mlecznej wyznaczona na podstawie odległości do ponad 2000 cefeid (J. Skowron / OGLE / Obserwatorium Astronomiczne UW)

Wyznaczenie precyzyjnych odległości do tak licznej próbki cefeid w połączeniu z pomiarami ich prędkości z satelity *Gaia* umożliwiły również skonstruowanie dokładnej krzywej rotacji Galaktyki – zależności prędkości orbitalnej gwiazd wokół centrum Galaktyki od ich odległości od środka.

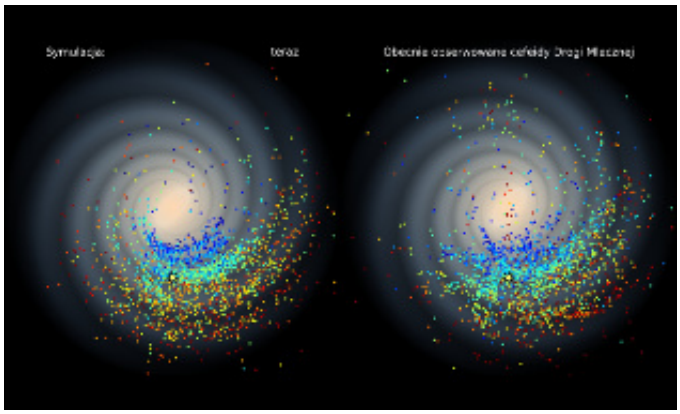
Nasza krzywa rotacji Galaktyki sięga daleko poza zakres dotychczasowych badań i potwierdza stałą

prędkość orbitalną gwiazd, praktycznie aż do granic dysku – dodaje Przemek Mróz. Taki jej kształt jest jednym z podstawowych argumentów na rzecz istnienia tzw. ciemnej materii w Galaktyce.

Powstawanie cefeid w ramionach spiralnych Galaktyki (J. Skowron / OGLE / Obserwatorium Astronomiczne UW)

Wiek cefeid skorelowany jest z ich okresem pulsacji. Na tej podstawie można wykonać tomografię wieku cefeid z Galaktyki. Okazuje się, że szereg wyraźnych struktur widocznych na mapie ma podobny wiek. Cefeidy młodsze znajdują się bliżej centrum Galaktyki, a najstarsze na jej krańcach.

Zbliżony wiek struktur wskazuje, że musiały one powstać w podobnym momencie w przeszłości, w jednym z ramion spiralnych Galaktyki. Ich dzisiejsze rozmieszczenie w dysku i częściowe rozmycie jest wynikiem różnej prędkości rotacji w Galaktyce ramion spiralnych (gazowych struktur, w których młode gwiazdy, m. in. cefeidy, powstają) oraz rotacji gwiazd – zauważa dr Jan Skowron, współautor pracy w tygodniku *Science*.



Porównanie obserwowanych cefeid i wyników symulacji formowania się gwiazd w ramionach spiralnych Galaktyki. Najstarsze zaznaczone gwiazdy (czerwone) powstały 400 milionów lat temu, najmłodsze (niebieskie) – 30 milionów lat temu (J. Skowron / OGLE / Obserwatorium Astronomiczne UW)

Aby przetestować tę hipotezę skonstruowany został prosty model powstawania poszczególnych struktur. W ramiona spiralne Galaktyki wstawiono epizody formowania się gwiazd w różnych momentach w przeszłości i powstającym gwiazdom przypisano typowe ruchy własne oraz prędkość rotacji. Sprawdzano jak powstające miliony lat temu we fragmentach ramion spiralnych cefeidy będą usytuowane w dzisiejszej Galaktyce.

Symulowane i obserwowane struktury w Galaktyce są uderzająco podobne. Możemy więc stwierdzić, że nasz model historii dysku galaktycznego jest możliwy i jest w stanie objaśnić dzisiejsze struktury jakie w nim widzimy – podsumowuje wyniki modelowania Jan Skowron.

Praca prezentująca trójwymiarową mapę Galaktyki oraz opisująca wyniki zespołu OGLE ukazała się w tygodniku *Science*:
A three-dimensional map of the Milky Way using classical Cepheid variable stars, **D.M. Skowron, J. Skowron, P. Mróz, A. Udalski, P. Pietrukowicz, I. Soszyński, M.K. Szymański, R. Poleski, S. Kozłowski, K. Ulaczyk, K. Rybicki i P. Iwanek** 2019, *Science*, doi: 10.1126/science.aau3181.

Praca opisująca krzywą rotacji Galaktyki w oparciu o badania cefeid:
Rotation Curve of the Milky Way from Classical Cepheids, **P. Mróz, A. Udalski, D.M. Skowron, J.**

Skowron, I. Soszyński, P. Pietrukowicz, M.K. Szymański, R. Poleski, S. Kozłowski i K. Ulaczyk
Astrophysical Journal Letters, 870, L10, doi: 10.3847/2041-8213/aaf73f.

Kolekcja cefeid galaktycznych projektu OGLE:
OGLE Collection of Galactic Cepheids, **A. Udalski, I. Soszyński, P. Pietrukowicz, M.K. Szymański, D.M. Skowron, J. Skowron, P. Mróz, R. Poleski, S. Kozłowski, K. Ulaczyk, K. Rybicki, P. Iwanek i M. Wrona** *Acta Astronomica*, 68, 315, doi: 10.32023/0001-5237/68.4.1.

Materiały graficzne:

Materiały graficzne znajdują się na stronie internetowej:
http://www.astrouw.edu.pl/~jskowron/ogle/PR/galactic-cepheids-u8sR2o/

Kontakt:

Dr Dorota Skowron
e-mail: dszczyg@astrouw.edu.pl
Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Warszawskiego, Al. Ujazdowskie 4, 00-478 Warszawa
Tel: +48 22 5530507 w. 133

Dr Jan Skowron
e-mail: jskowron@astrouw.edu.pl
Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Warszawskiego, Al. Ujazdowskie 4, 00-478 Warszawa
Tel: +48 22 5530507 w. 133

Przemek Mróz
e-mail: pmroz@astrouw.edu.pl
Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Warszawskiego, Al. Ujazdowskie 4, 00-478 Warszawa
Tel: +48 22 5530507 w. 134

Prof. Andrzej Udalski
e-mail: udalski@astrouw.edu.pl
Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Warszawskiego, Al. Ujazdowskie 4, 00-478 Warszawa
Tel: +48 22 5530507 w. 116

OA190801a - Galaktyka 3D.pdf (78.5 kB)