

Pas Goulda

Krzysztof CZART

Historia

Pas Goulda to struktura złożona z gwiazd znajdująca się w pobliżu Słońca, która jest wyróżniana spośród pozostałych gwiazd należących do dysku Galaktyki na podstawie rozmieszczenia w przestrzeni, wieku i cech kinematycznych. Historia zaczyna się w połowie XIX wieku, kiedy to kilku astronomów dokonało jego pierwszych obserwacji. Jednym z nich był W. Herschel, znany jako odkrywca Urana. W 1847 r. ustalili, że wiele jasnych gwiazd w otoczeniu Słońca wydaje się tworzyć pas nachylony do płaszczyzny równika galaktycznego pod kątem około 20° . Około roku 1880 Benjamin Gould przeprowadził dokładne badania tego podsystemu gwiazd. Ponieważ strukturę nazwano później jego imieniem, kilka słów o tym astronomie.

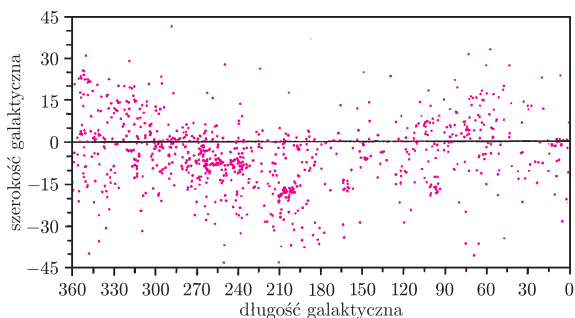


Benjamin Apthorp Gould

Benjamin Apthorp Gould żył w latach 1826–1896. Był pierwszym Amerykaninem, który otrzymał doktorat z astronomii. Dokonał tego pod opieką samego Gaussa na uniwersytecie w Getyndze. W roku 1849 założył czasopismo *The Astronomical Journal*. Był pionierem fotografii astronomicznej. Jego największą pracą stał się atlas gwiazd nieba południowego. Prace nad nim zaczął w roku 1870 w Argentynie i po kilku latach opublikował pt. *Uranometria Argentina*, wraz z dokładnymi pomiarami pozycji ponad 50 000 gwiazd. Podczas pobytu w Argentynie Gould odkrył południową część struktury zwanej dziś jego imieniem. W czasie swojego życia zgromadził wielką kolekcję książek astronomicznych, której część znajduje się obecnie w Dudley Observatory (Schenectady, New York, USA), w którym to obserwatorium pracował przez pewien czas.

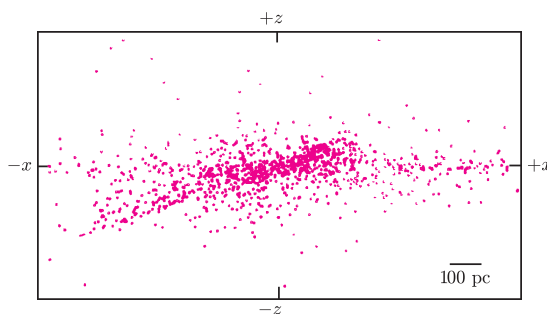
Rozmieszczenie gwiazd Pasa

Na rysunku 1 mamy przedstawione rozmieszczenie na sferze niebieskiej gwiazd jaśniejszych od 7 mag i typie widmowym wcześniejszym niż B6. Wyraźnie widać, że grupują się one w pasie nachylonym do równika Galaktyki. Rozmieszczenia takiego nie wykazują gwiazdy o typach późniejszych.



Rys. 1

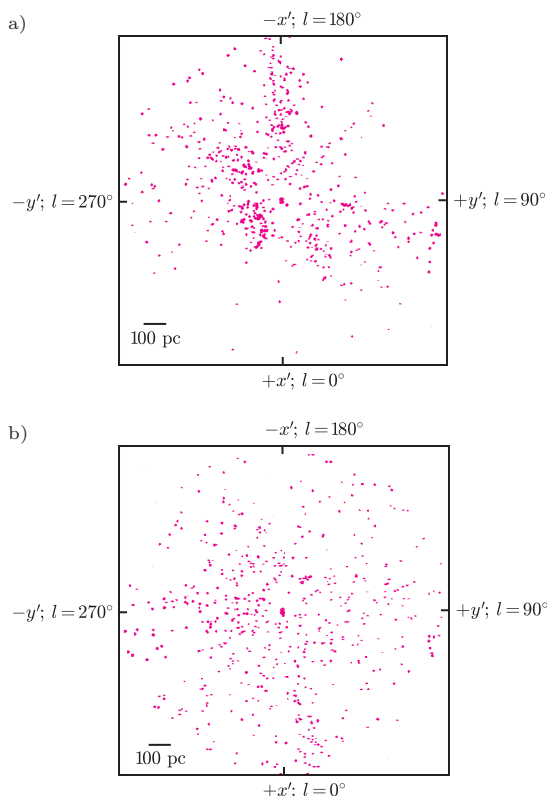
Pozwala to wysunąć przypuszczenie, iż istnieje grupa młodych gwiazd o typach widmowych O i B, która wyróżnia się spośród otoczenia. Jej istnienie najłatwiej stwierdzić, „popatrzwszy” na Galaktykę z boku. Na rysunku 2 naniesione są gwiazdy O–B5 znajdujące się w odległości do 800 pc od Słońca.



Rys. 2

Oś X leży w płaszczyźnie Galaktyki, a Słońce znajduje się na przecięciu osi X i Z . Sugerowałoby to centralne położenie naszej gwiazdy w Pasie Goulda. Jeżeli jednak wziąć pod uwagę wiek Słońca (5 mld lat) oraz wiek gwiazd O i B (rzędu 100 mln lat), najbardziej uzasadniony wydaje się wniosek, że związek Słońca z Pasem Goulda jest przypadkowy. Po prostu nasza gwiazda w swojej wędrówce wokół centrum Galaktyki znalazła się akurat w takim rejonie młodych gwiazd.

Różnice między rozmieszczeniem gwiazd Pasa Goulda i gwiazd dysku widać także na rysunku 3, na którym mamy przedstawione rzuty ich pozycji na płaszczyznę odpowiednio Pasa i Galaktyki.



Rys. 3. Pozycje gwiazd 0–B5 (w odległości do 800 pc) a) należących do Pasa Goulda rzutowane na jego płaszczyznę, b) należących do dysku galaktycznego rzutowane na płaszczyznę Galaktyki.

Można zauważyć, że gwiazdy dysku rozmieszczone są bardziej losowo, podczas gdy gwiazdy Pasa Goulda tworzą grupy, które można powiązać ze znanymi asocjacjami (rozbiegającymi się grupami młodych gwiazd), np. Sco-Cen, Per OB2, Ori OB1.

Można tu zapytać, w jaki właściwie sposób wyznaczono usytuowanie Pasa Goulda w przestrzeni. Otóż ogólne równanie płaszczyzny ma postać $Ax + By + Cz + D = 0$. Mając współrzędne xyz każdej z gwiazd, można obliczyć jej odległość od płaszczyzny reprezentowanej przez współczynniki A, B, C, D . Współczynniki te uznajemy za najlepiej pasujące do obserwacji, gdy suma kwadratów odległości gwiazd od przewidywanej płaszczyzny będzie najmniejsza. Nazywa się to dopasowaniem w sensie najmniejszych kwadratów. Właśnie ta metoda dała kąt nachylenia płaszczyzny Pasa do równika galaktycznego równy 20° . Analogiczne obliczenia pozwalają na ustalenie pozycji centrum Pasa Goulda, które znajduje się w odległości około 200 pc od Słońca.

Kinematyka

Równania Oorta opisują średni ruch orbitalny gwiazd w dysku Galaktyki. Dają teoretyczną zależność między składowymi prędkości gwiazdy względem Słońca (radialną v_r , w długości galaktycznej v_l i w szerokości v_b) a odległością r gwiazdy i jej współrzędnymi na niebie (długości galaktycznej l i szerokości b). W wersji uproszczonej równania Oorta wyglądają następująco:

$$\begin{aligned}v_r &= Ar \cos^2 b \sin 2l, \\v_l &= r \cos b (A \cos 2l + B), \\v_b &= -\frac{1}{2} Ar \sin 2b \sin 2l.\end{aligned}$$

A i B to tzw. stałe Oorta, wyznaczone na podstawie obserwacji i charakterystyczne dla okolicy Słońca. Różnica $B - A$ daje wartość kątovej prędkości rotacji, natomiast samo A jest pochodną tej prędkości względem odległości od osi rotacji. Okazało się jednak, że rotacja Galaktyki ma charakter bardziej skomplikowany, jest więc opisywana przez bardziej skomplikowane wzory Oorta, zawierające w pełnej wersji dodatkowe stałe C i K . Dominującym ruchem w otoczeniu Słońca jest rotacja wokół centrum Galaktyki (przy czym Słońce znajduje się w odległości 8,5 kpc od centrum i obiega je z prędkością około 200 km/s). Wyniki wyznaczeń stałych Oorta dla Pasa Goulda dają na K wartość niezerową, co sugeruje, że ta grupa młodych gwiazd ekspanduje.

Masa

Oszacowanie masy Pasa można wykonać, przyjmując, że składa się on z gwiazd B4 (o masie 6 mas Słońca) i gorętszych (masywniejszych). Do Pasa zalicza się ponad 400 gwiazd. Mniej lub bardziej drobiazgowo obliczenia dają jako masę gwiazd Pasa Goulda liczbę 5×10^4 mas Słońca. Ale Galaktyka składa się nie tylko z gwiazd, lecz i z materii międzygwiazdowej. Masę jej głównego składnika, chłodnego gazu zawartego w Pasie

Goulda, ocenia się na 8×10^5 mas Słońca. Znając jeszcze na podstawie modeli ewolucyjnych wiek gwiazd Pasa, można ocenić tempo formowania się tych gwiazd, które okazuje się porównywalne z otrzymywanym dla obłoków molekularnych i obszarów gwiazdotwórczych.

Gaz

Otoczająca Słońce materia międzygwiazdowa także wykazuje ekspansję, co prawdopodobnie jest rezultatem wydarzeń, które miały miejsce w niedalekiej przeszłości (w galaktycznej skali czasu). Podejrzewa się więc, że materia międzygwiazdowa również tworzy strukturę podobną do utworzonego przez gwiazdy Pasa Goulda. Strukturę tę nazwano Pierścieniem Lindblada, a jego centrum stanowi prawdopodobnie asocjacja Cas-Tau położona w odległości prawie 170 pc od Słońca. W odległości 315 pc obserwuje się wyraźny skok (spadek) prędkości gazu, zatem odległość ta może być traktowana jako promień Pierścienia Lindblada. Mając zaś prędkość ekspansji i odległość mas gazu, bez trudu można oszacować wiek całej struktury – wynikiem jest 85 mln lat, z błędem 20 mln lat. 85 mln lat temu centrum Pierścienia Lindblada znajdowało się w ramieniu spiralnym w gwiazdozbiórze Kila i można przypuszczać, że to wtedy rozpoczęła się ekspansja pewnego obszaru materii międzygwiazdowej, w którym później znalazło się Słońce.

Pochodzenie

Istnieje kilka hipotez na temat powstania Pasa Goulda:

- skutek oddziaływania materii międzygwiazdowej z ramieniem spiralnym,
- rozchodzenie się „fali gwiazdotwórczej” zapoczątkowanej przez wybuch supernowej,
- fragmentacja olbrzymiego obłoku molekularnego,
- spadek szybkiego obłoku z galaktycznego halo na dysk.

Jak dotąd, sprawa jest otwarta. Na wiele innych pytań też nie znamy jeszcze odpowiedzi, np. jaki jest związek (jeśli jest) między naszym Pasem Goulda a wielkimi obszarami gwiazdotwórczymi obserwowanymi w innych galaktykach? Jaka jest rola struktur tego typu w dysku galaktycznym? Czy podobne struktury występują w innych galaktykach? To tylko przykładowe pytania. Duża część niepewności w odpowiedziach na nie wynika z braku precyzyjnej definicji, czym jest Pas Goulda. Co gorsza, jego własności mogą być dostatecznie dokładnie obserwowane właściwie tylko z jego wnętrza. Nie ma też pewności, czy są one koniecznymi konsekwencjami hipotetycznych procesów prowadzących do powstania takich struktur. Wiedza o nich znacznie zwiększyłaby się, gdyby dało się je znaleźć w innych galaktykach. Takim kandydatem na „Pas Goulda” wydaje się być struktura znajdująca się w galaktyce M83, odległej od nas o 3,7 Mpc (patrz okładka). Zapewne nasz Pas Goulda wyglądałby podobnie, gdybyśmy mieli szansę obserwować go spoza jego granic.