

Jadwiga BIAŁA<sup>1</sup>

**DYSKI PROTOPLANETARNE – KILKA PRZYKŁADÓW**  
THE PROTOPLANETARY DISKS – SOME EXAMPLES

**Abstract:** Protoplanetary disks have been observed around several young stars. Enclosed examples present the various phases of disk evolution.

**Keywords:** protoplanetary disks,  $\beta$  Pic, AU Mic, HD 107146, Vega, Fomalhaut, BD +20307, CoKu Tau/4

WSTĘP

Dyski protoplanetarne reprezentują etap formowania się gwiazd i planet, pośredni między kolapsującymi obłokami gazowo-pyłowymi, a gwiazdami ciągu głównego otoczonymi przez planety.

W ostatnich dwóch dekadach kompleksowe obserwacje w zakresie optycznym, podczerwonym i milimetrowym, i to zarówno przez wielkie teleskopy naziemne jak i teleskopy umieszczone w przestrzeni kosmicznej: HST (Hubble Space Telescope), IRAS (Infrared Astronomical Satellite) i SST (Spitzer Space Telescope), prowadzą do niekwestionowanego wniosku, że młode gwiazdy otoczone są przez dyski akrecyjne (Backwith & Sargent 1996).

PIERWSZY ODKRYTY DYSK -  $\beta$  PICTORIS

Dysk protoplanetarny wokół gwiazdy  $\beta$  Pictoris odkryto dzięki obserwacjom z satelity IRAS w 1983 roku. Ponieważ jest to obiekt stosunkowo bliski, znajduje się w odległości około 65 lat świetlnych, to można badać jego strukturę. Po dwudziestu latach obserwacji można sensownie modelować ten dysk (Vidal-Madjar et al. 1998).

$\beta$  Pic jest młodą (12-20 mln lat) gwiazdą typu A5, o masie 2,5 razy większej niż Słońce. Dysk wokół gwiazdy ma ogromne rozmiary około 1000 j.a. Jest on stosunkowo młody (około 100 000 lat) i asymetryczny w odniesieniu do rozmiarów, jasności oraz nachylenia. Asymetrie mogą świadczyć o obecności planet perturbujących materię dysku. W rozkładzie pyłu w dysku są obserwowane pewne anomalie, które mogą być skutkiem spadku planetoid i komet na planetę znajdującą się w odległości 52 j.a. od gwiazdy. Widoczne są również zagęszczenia w odległościach: 6.4, 12, 16 i 30 j.a. interpretowane jako pierścienie planetozymali (Kalas et al. 2000).

NAJBLIŻSZY DYSK - AU MICROSCOPII

Najbliższym obserwowanym dyskiem protoplanetarnym jest dysk wokół gwiazdy AU Microscopii (Kalas et al. 2004). Gwiazda AU Mic, karzeł M1 o masie 0,5 masy Słońca, znajduje się w tym samym rejonie tworzenia się młodych gwiazd, co  $\beta$  Pic, lecz jest dwa razy bliżej, bo w odległości 33 lat świetlnych. Jej dysk rozciąga się od 7,5 do 150 j.a. Ma on różną grubość w różnych odległościach od gwiazdy. W odległościach mniejszych od 50 j.a. grubość dysku zawiera się w przedziale 2,5-3,5 j.a., zaś dalej niż 75 j.a. dysk jest

---

<sup>1</sup> Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne, ul. Piłsudskiego 38, 10-450 Olsztyn, Poland. [biala@planetarium.olsztyn.pl](mailto:biala@planetarium.olsztyn.pl)

grubszy: 6,5-9 j.a. Brak w nim pierścieni, ale wyraźniej niż w dysku  $\beta$  Pic widoczne są zagęszczenia i obszary wolne od pyłu, co sugeruje obecność w nim planetozymali lub tworzących się planet (Liu 2004).

#### DYSK WOKÓŁ GWIAZDY PODOBNEJ DO SŁOŃCA – HD 107146

Oglądając dysk wokół gwiazdy typu G2 V, takiej jak Słońce, mamy nieodparte wrażenie, że oglądamy powstawanie naszego Układu Słonecznego. Wiek gwiazdy HD 107146 szacuje się na 20 – 250 mln lat, co odpowiadałoby wczesnemu dzieciństwu Słońca. Odległość do gwiazdy wynosi 94 lat świetlnych. Wewnętrzna granica dysku jest w odległości 60 j.a. od gwiazdy, zaś zewnętrzna 185 j.a. Maksymalna koncentracja pyłu występuje w odległości 130 j.a. Masę dysku szacuje się na 0,1 – 0,4 masy Ziemi, a temperaturę jego pyłu na 40 – 50 K (Ardila et al. 2004).

#### ZGĘSZCZENIA W DYSKU – WEGA

Ozdoba letniego nieba – Wega z gwiazdozbioru Lutni – posiada również swój dysk. Wega jest gwiazdą typu A0 V, około trzy razy większą od Słońca. Znajduje się w odległości 25 lat świetlnych. Wiek gwiazdy ocenia się na 350 mln lat. W rozległym dysku wokół gwiazdy obserwowane są dwa obszary zgęszczenia materii w odległościach: 60 i 75 j.a. Przypuszcza się, że zgęszczenia mogą być efektem oddziaływania rezonansowego planety o masie 3 razy większej niż Jowisz o ekscentrycznej orbicie (Wilner et al. 2002). Może to być również efekt oddziaływania planety wielkości Neptuna w czasie 56 mln lat migracji na ekscentrycznej orbicie 40-65 j.a. (Wyatt 2003).

#### DYSK Z ODPOWIEDNIKIEM PASA KUIPERA – FOMALHAUT

Widoczna u nas nisko nad horyzontem, jasna gwiazda nieba południowego – Fomalhaut (HD 216956), posiada dysk, w którym obserwujemy strukturę analogiczną do Pasa Kuipera w Układzie Słonecznym. Jest to gwiazda typu A3 V, a znajduje się w odległości 25 lat świetlnych. Jej wiek szacuje się na 200 mln lat, a masę na 2 masy Słońca. W odległości między 50 a 70 j.a. od gwiazdy krąży duża planeta o masie 5 razy większej niż jowiszowa.

Odpowiednik Pasa Kuipera znajduje się w odległości rzędu 133-158 j.a. Co ciekawe, geometryczny środek pasa nie pokrywa się z położeniem gwiazdy, lecz jest przesunięty o 15 j.a. (Kalas et al. 2005).

#### DYSK Z ODPOWIEDNIKIEM ŚWIATŁA ZODIAKALNEGO – BD +20307

Gwiazda BD +20307 jest w odległości 300 lat świetlnych. Jej typ widmowy G0 zbliżony jest do słonecznego. Wiek gwiazdy ocenia się na 300 mln lat. Dysk otaczający gwiazdę zawiera milion razy więcej pyłu niż Układ Słoneczny. Przypuszcza się, że tak wielkie ilości pyłu są wytwarzane w małej odległości od gwiazdy przy zderzeniach ciał wielkości planet (Song et al. 2005).

#### DYSK Z OCZYSZCZONYM WNĘTRZEM – CoKu Tau/4

Dysk wokół gwiazdy CoKu Tau/4 możemy określić jako dysk z „dziurą”. W odróżnieniu od wcześniej prezentowanych przykładów dysków ten jest „pusty” wewnątrz. Rozpoczyna się dopiero w odległości 10 j.a. od gwiazdy od razu „ścianą” o wysokości około 4 j.a.

Gwiazda centralna jest gwiazdą typu T Tau odległą o 420 lat świetlnych. Parametry gwiazdy to: masa 0,5 masy słonecznej, typ widmowy M1, temperatura 3700 K, wiek około 1,2 mln lat.

Za wyczyszczenie wewnętrznych obszarów dysku odpowiedzialna może być planeta typu jowiszowego mająca wiek około 1 mln lat (Quillen et al. 2004).

#### WNIOSKI

W efekcie obserwowania kilkuset dysków na różnych etapach ewolucji wyróżniono trzy główne etapy życia tych obiektów: dysk pierwotny, dysk przejściowy i dysk skalny. Dysk pierwotny to spłaszczony obłok molekularny; są w nim cząstki pierwotnego pyłu i dużo gazu. Na etapie dysku przejściowego tworzą się i rosną planetozymale. W dysku skalnym nie ma już gazu. Pierwotny pył opada na gwiazdę, a w wyniku zderzeń planetozymali powstaje druga generacja pyłu.

Do opracowania pełnej teorii dysków protoplanetarnych wokół różnych typów gwiazd potrzebny jest dużo większy materiał obserwacyjny. Dotąd zarejestrowano najbliższe dyski, w których za pomocą współczesnych technik obserwacyjnych wykryto prawdopodobne ślady istnienia planetozymali, planet, odpowiedników pasów planetoid oraz pyłu powstałego w wyniku zderzeń. Inne gwiazdy z dyskami są zbyt odległe, by w ich obrazach można było wykryć takie szczegóły.

Chociaż badając dyski protoplanetarne wokół młodych gwiazd coraz lepiej poznajemy historię formowania się Układu Słonecznego, to jednak w dalszym ciągu jest w niej wiele zagadek. Sukcesy w ich rozwiązywaniu zależeć będą głównie od rozwoju technik obserwacyjnych.

#### LITERATURA

- ARDILA D. R. et al., 2004. A Resolved Debris Disk around the G2 V Star HD107 146. *Ap J* 617. L147-L150.
- BACKWITH S. V. W., SARGENT A. I., 1996. Circumstellar disks and the search for neighbouring planetary systems. *Nature* 383. 139-144.
- KALAS P., LARWOOD J., SMITH B. A., 2000. Rings in the Planetesimal Disk of Beta Pictoris. *Ap J* 53., 2. L133-L137.
- KALAS P., LIU M.C., MATTHEWS B.C., 2004. Discovery of a large dust disk around the nearby star AU Microscopii. *Science* 303(5666). 1990-1992.
- KALAS P., GRAHAM J.R., CLAMPIN M., 2005. A planetary system as the origin of structure in Fomalhaut's dust belt. *Nature* 435(7024). 1067-1070.
- LIU M.C., 2004. Substructure in the Circumstellar Disk Around the Young Star AU Microscopii. *Science* 305(5668). 1442-1444.
- QUILLEN A. C. et al, 2004. On the Planet and the Disk of CoKu TAURI/4. *Ap J* 612. 2. L137-L140.
- SONG I. et al., 2005. Extreme collisions between planetesimals as the origin of warm dust around sun-like star. *Nature* 436(7025). 363-365.
- VIDAL-MADJAR A., LECAVELIER DES ETANGS A., FERLET R., 1998. Beta Pictoris, a young planetary system? *Planetary & Space Science* 46. 629.
- WILNER D. J. et al., 2002. Structure in the Dusty Debris around Vega. *Ap J* 569.: L115-L119.
- WYATT M. C., 2003. Resonant Trapping of Planetesimals by Planet Migration Debris Disk Clumps and Vega's Similarity to the Solar System. *Ap J* 598. 1321-1340.