

Osobliwe widma mi dzygwiazdowe

Jacek Krełowski
Centrum Astronomii Uniwersytetu M. Kopernika

Przestrze pomi dzy gwiazdami w Galaktyce nie jest pusta. Wypełnia j o rodek mi dzygwiazdowy w postaci oddzielnych obłoków o rozmiarach wielu lat wietlnych. rednia g sto tego o rodka to zaledwie 1 atom wodoru w centymetrze sze ciennym: w obłokach bywa zatem po kilkadziesi t lub wi cej takich atomów, a pomi dzy obłokami to zwykle zaledwie 0.01 atomu na cm³. Obłoki, te nieco g stsze od redniej, s zwykle zbudowane głównie z gazu neutralnego, a o rodek pomi dzy nimi – ze zjonizowanego. Dzieje si tak dlatego, e w skrajnie niskich g sto ciach po jonizacji prawdopodobie stwo spotkania jonu z elektronem jest bardzo male. Obłoki neutralne zdradzaj si szeregiem zjawisk, które obserwujemy w widmach gwiazd, których wiatlo przez te obłoki przechodzi; nazywamy je półprzezroczystymi obłokami z ang. translucent interstellar clouds. Wspomniane zjawiska to:

- ci gła ekstynkcja (wygaszanie) promieniowania, inaczej selektywne (bo wi ksze dla promieni niebieskich, a mniejsze – dla czerwonych) osłabienie przechodz cego przez obłok wiatła; zale no wielko ci tego osłabienia od długo ci fali wiatła nazywamy prawem lub krzyw ekstynkcji. Uwa amy, e j wywołuj ziarna pyłu o rozmiarach poni ej długo ci fali wietlnej
- linie widmowe (absorpcje w w skich zakresach barw) atomów mi dzygwiazdowych pierwiastków. Niesłychana rzadko zderze atomów w obłokach mi dzygwiazdowych powoduje, e obserwujemy jedynie linie pochodz ce z podstawowego poziomu energetycznego atomów. Wi kszo takich linii widoczna jest w satelitarnym ultrafiolecie. Ich analiza prowadzi do wniosku, e tzw. ci kie pierwiastki (np. znane nam metale) wykazuje istotne zubo enia, tzn. ich obfito ci wzgl dem wodoru s znacznie ni sze ni np. w Sło cu. Wynika to z faktu, e ci kie pierwiastki to główny budulec ziaren pyłu
- pasma prostych molekuł (rodników) takich jak CH, CN, CH+, OH, NH, C₂ czy C₃. Molekuły takie s wysoce reaktywne i istniej w obłokach tylko dzi ki niezmiernie rzadkim zderzeniom. Moje ostatnie prace, wspólne z kolegami z Sackler Laboratorium w holenderskiej Lejdzie doprowadziły do wykrycia takich zwi zków jak SH czy OH+. Ostatnie odkrycia wymagały niesłychanie wysokiej jako ci widm (stosunku sygnału do szumu); u yto do nich widm z Very Large Telescope na Paranalu (Chile) – aktualnie najwi kszego optycznego teleskopu na Ziemi
- rozmyte linie mi dzygwiazdowe (z ang. diffuse interstellar bands): stosunkowo szerokie struktury widmowe znane od 1922, ale po dzi dzie niezidentyfikowane. Identyfikacja substancji, które za te linie odpowiadaj to najbardziej długowieczna zagadka w historii spektroskopii. Uwa a si powszechnie, e za bogatym (ponad 400 struktur) widmem linii rozmytych kryj si zło one molekuły, najpewniej zwi zki w gła. Ani jedna wszak e próba identyfikacji nie zako czyła si sukcesem.

Obłoki mi dzygwiazdowe to tak e surowiec na nowe generacje gwiazd wraz z układami planetarnymi, które, jak ju dzi wiemy, wyst puj powszechnie wokół gwiazd. Zrozumienie chemii półprzezroczystych obłoków to zrozumienie pierwszych kroków w kierunku powstania gwiazd wraz z układami planetarnymi, a tak e ycia na nich, bo wi kszo obserwowanych molekuł, to zwi zki w gła, a wi c – organiczne. Stosunki obfito ci poszczególnych molekuł to najwa niejsze obserwacyjne ograniczenie dla modeli obłoków. Tu warto doda , e modele atmosfer i wn trz gwiazd powstały ju bardzo dawno – w du ej mierze dlatego, e dysponowali my du ymi zbiorami danych o indywidualnych obiektach. Kiedy powstaje gwiazda, to dla jej stanu fizycznego i przyszło ci otoczenie nie ma adnego znaczenia. Nasze Sło ce yje własnym yciem i to, co dzieje si w otoczeniu nie wpływa na jego ewolucj . Inaczej jest z obłokami mi dzygwiazdowymi. Stan takiego obłoku silnie zale y od na wietlenia promieniowaniem pobliskich gwiazd i wcale nie musz to by gwiazdy, które obserwujemy jako prze wietlaj ce obłok, a np. usytuowane gdzie z boku. Co gorsza, w wi kszo ci przypadków obserwujemy gwiazdy nie przez jeden, a przez cały szereg obłoków, a wiadomo, e warunki fizyczne znacznie si od obłoku do obłoku ró ni . W rezultacie to, co widzimy, to pewna rednia (ang. ill-defined average) której rozło y na składowe si nie da. Obserwujemy na ogół takie wła nie rednie, które wygl daj podobnie, ale do interpretacji fizycznej si nie nadaj . O wiele ciekawsze s przypadki, które jawi nam si jako osobliwe, bo one wła nie zdradzaj pojedyncze obłoki na linii widzenia, a wi c powstaj w rodowiskach stosunkowo jednorodnych fizycznie.

Celem projektu jest zgromadzenie danych o takich wła nie „osobliwych” przypadkach, a wi c o pojedynczych obłokach. Jedynie ich widma nadaj si do fizycznej interpretacji. Podstawowym parametrem obserwacyjnym winny by stosunki obfito ci wspomnianych wy ej molekuł. Wiadomo ju , e zmiany tych wzgl dnych obfito ci s jako skorelowane z kształtem prawa ekstynkcji. Zamierzam zatem obj obserwacjami obiekty, w których prawo ekstynkcji jest osobliwe wedle niedawnego atlasu Fitzpatricka i Massy. Obserwacje b d przeprowadzone dla półkuli północnej w Obserwatorium na Terskole (północny Kaukaz) i najpewniej w Shamakhy (południowy Kaukaz) a dla półkuli południowej z Europejskiego Obserwatorium Południowego, do którego Polska wła nie przyst piła. Osobliwe przypadki powinny ujawni reakcje rozmytych linii mi dzygwiazdowych na zmiany warunków fizycznych zdradzane przez zmiany wzgl dnych obfito ci znanych molekuł. Powinno to stworzy solidne podstawy do rozwikłania najstarszej zagadki spektroskopii – identyfikacji no ników rozmytych linii mi dzygwiazdowych.

Identyfikacja ta wymaga jednak nie tylko obserwacji. Rozmaitych molekuł chemia zna tysi ce; samych zwi zków w gła jest znanych prawie 11 000. Naturalnie widma znakomitej wi kszo ci z nich pozostaj nieznanne. Aby je pozna trzeba wykona odpowiednie eksperymenty laboratoryjne. Szereg lat temu nawi załem współprac z Sackler Laboratorium Uniwersytetu w Lejdzie (Holandia). Laboratorium tym kieruje Harold Linnartz, nast pca Mayo Greenberga – twórcy astrofizyki laboratoryjnej. Plonem tej współpracy s ju prace opisuj ce mi dzygwiazdow molekuł C₃ i wykrycie kolejnych - SH i OH+. Laboratorium posiada unikaln aparatur do bada widm molekularnych (za 6 000 000.- €). Aparatura ta ma znacznie przy pieszy zbieranie danych o widmach molekuł w pełnym zakresie widma widzialnego. Liczymy na to, e wspólny wysiłek obserwatorów (z u yciem najlepszej, dost pnej aparatury) i eksperymentatorów (podobnie) doprowadzi nas w ci gu kilku najbli szych lat do zidentyfikowania no ników przynajmniej niektórych rozmytych linii mi dzygwiazdowych oraz do wymodelowania zjawisk, jakie zachodz w translucent interstellar clouds.