

## Prosto z nieba: Jak powstały pierwsze galaktyki i jak przeistoczyły się w obiekty podobne do Drogi Mlecznej?

Najprostsza i najbardziej szczerą odpowiedź na to pytanie brzmi: nie wiemy, ale bardzo chcielibyśmy się tego dowiedzieć. Dlatego powstało wiele misji satelitarnych i dedykowanych przeglądów nieba. Każda z tych inicjatyw dostarczyła nowych informacji, ale niestety daleko nam do uzyskania pełnego obrazu – w szczególności brakuje nam informacji o tym, jak powstały i ewoluowały pierwsze galaktyki. Astronomowie mają nadzieję, że dzięki nowym obserwacjom w ramach przeglądu nieba ALMA-ALPINE (*ALMA Large Program to INvestigate [CII] at Early times*) uda się wreszcie przełamać ten impas.

*ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) to zespół 66 anten rejestrujących niewidzialne dla oka promieniowanie w zakresie milimetrycznym i krótszym niż milimetr długości fal. Sieć ALMA to 54 dwunastometrowe i 12 siedmiometrowych teleskopów radiowych, pracujących jako jeden, bardzo wydajny, instrument.*

Przegląd ALPINE to program obserwacyjny, którego celem jest zbadanie zawartości gazu i pyłu w młodych galaktykach, w czasie gdy Wszechświat liczył sobie niecały miliard lat (wartość przesunięcia ku czerwieni, tzw. redshiftu, dla obserwowanych galaktyk wynosi pomiędzy 4 a 6, więcej na temat redshiftu pisaliśmy w numerze  $\Delta_{19}^4$ ). Zadanie to nie jest łatwe i jak dotąd istnieje bardzo niewiele tego typu obserwacji. Wcześniej dla tak wysokich przesunięć ku czerwieni skupiano się głównie na bardzo jasnych i masywnych galaktykach (emitujących głównie promieniowanie UV), gdyż po prostu łatwiej je zobaczyć. W ramach przeglądu ALPINE zaobserwowano jednak aż 122 przeciętne galaktyki (znajdujące się w tzw. ciągu głównym) istniejące około 12 miliardów lat temu. Było to możliwe dzięki wykorzystaniu interferometru ALMA – zaobserwowano linie pojedynczo zjonizowanych atomów węgla [CII] występujących na długościach fal 158  $\mu\text{m}$ , a także widma energetyczne w dalekiej podczerwieni.

Połączenie tych nowatorskich obserwacji z pomiarami zebranymi wcześniej przez inne przeglądy nieba w krótszych zakresach długości fal (zakres optyczny, bliska i średnia podczerwień) umożliwiło bardzo dokładną analizę galaktyk typowych dla młodego Wszechświata. Okazało się bowiem, że pomiary linii [CII] to bardzo obiecujące narzędzie do wyznaczenia szybkości tworzenia się gwiazd w galaktykach na tak

wysokich przesunięciach ku czerwieni. Precyzyjny pomiar tej linii pozwala na oszacowanie gęstości obszarów tworzących gwiazdy, a co za tym idzie, mechanizmów odpowiedzialnych za przybieranie na wadze i rozszerzanie się galaktyk.

Główne pytania, na jakie chce odpowiedzieć zespół ALPINE, to: Jakie mechanizmy napędzały wzrost galaktyk? Jakie właściwości miał gaz i pył w młodych galaktykach? Jak zmieniał się ośrodek międzygwiazdowy galaktyk od początków ich istnienia do osiągnięcia „dorosłości”?

Zespół ALPINE opublikował już pierwsze wyniki swoich prac. Wykazano, że w młodych galaktykach obłoki gazu są gęstsze niż obserwujemy współcześnie, przez co efektywniej tworzą gwiazdy. Typowe młode galaktyki były jednak zdecydowanie mniejsze niż typowe galaktyki istniejące obecnie. Dlatego bardzo ciekawe są wyniki ALPINE, które pokazują, że młode galaktyki przez około dwa miliardy lat tworzyły gwiazdy w niezmiennie szybkim tempie – ilość gwiazd powstałych w danej jednostce objętości (*star formation rate density*) nie zmienia się dla przesunięć ku czerwieni pomiędzy 4 a 2, czyli pomiędzy 12–13 miliardów lat temu. Wynik ten jest o tyle zaskakujący, że wcześniejsze obserwacje sugerowały, że szybkość tworzenia gwiazd w takiej samej jednostce objętości powyżej redshiftu 2 systematycznie spada wraz z wiekiem Wszechświata. Przegląd ALPINE pokazał również, jak ważną rolę odgrywają interakcje pomiędzy galaktykami w procesie tworzenia gwiazd. Zaobserwowano, że im bliżej początków Wszechświata, tym więcej galaktyk oddziałuje ze sobą (często większe galaktyki pochłaniają mniejsze), co wpływa na szybkość tworzenia się gwiazd oraz wzrost galaktyk.

Dane zebrane z interferometru ALMA są nadal opracowywane, czekamy więc z niecierpliwością na dalsze wyniki. Może właśnie ALPINE będzie w stanie przełamać impas i przedstawić pełen scenariusz wzrostu galaktyk?

*Katarzyna MAŁEK*

Le Fèvre, O., et al. (2019), *The ALPINE-ALMA [CII] Survey: Survey strategy, observations and sample properties of 118 star-forming galaxies at  $4 < z < 6$* , arXiv e-prints, arXiv:1910.09517.

## Niebo we wrześniu

Dziewiąty miesiąc roku jest miesiącem, w którym na północnej półkuli Ziemi kończy się lato i zaczyna astronomiczna jesień. Dzień w dalszym ciągu się mocno skraca. W trakcie miesiąca wysokość górowania Słońca zmniejsza się o kolejne 11°, a co za tym idzie, czas jego przebywania na nieboskłonie zmniejsza się o kolejne dwie godziny. Astronomiczna jesień rozpocznie się 22 września o 15:31 naszego czasu, w momencie gdy Słońce przetnie równik niebieski w drodze na południe. Jednak ze względu na zjawisko refrakcji atmosferycznej obiekty blisko linii horyzontu wydają się wznosić wyżej

niż w rzeczywistości, stąd faktyczne zrównanie dnia z nocą nastąpi kilka dni później. Słońce zacznie wrzesień w gwiazdozbiornie Lwa, by 16 dnia miesiąca przejść do gwiazdozbiornu Panny, w którym pozostanie do końca października.

Planety **Jowisz** i **Saturn** we wrześniu są już dwa miesiące po opozycji i widać to w pogarszaniu się ich warunków obserwacyjnych. Obie planety nadal tworzą parę o rozwartości około 7°, w połowie miesiąca zaczynają znikać z nieboskłonu przed północą, choć wciąż jeszcze przechodzą przez południk lokalny sporo