

Adonis – świadek nagłej śmierci masywnej, pyłowej Astarte

* Narodowe Centrum Badań Jądrowych

Mahmoud HAMED*

Wszechświat u początków swojego istnienia, niecałe 3 miliardy lat po Wielkim Wybuchu, był zupełnie inny niż ten, w którym żyjemy teraz. Próbujemy zrozumieć, w jaki sposób tworzyły się i umierały galaktyki w tym wczesnym Wszechświecie. Najciekawsze są te największe – ultramasywne galaktyki, bogate w pył i gwiazdy. Jak zdołały powstać w tak krótkim czasie? Czy procesy gwiazdotwórcze zachodziły w nich gwałtownie, czy też gwiazdy tworzyły się stopniowo, wykorzystując bogate w wodór środowisko?

Postęp technologiczny ostatnich dwóch dekad umożliwił powstanie instrumentów astronomicznych, które pozwalają obserwować nawet najodleglejsze galaktyki. Do takich instrumentów należy interferometr ALMA, o którym piszemy w lipcowym numerze (Δ_{21}^7), czy radioinstrument LOFAR (zobacz Δ_{21}^8). Nie możemy zapomnieć też o wielkich teleskopach optycznych naziemnych (jak VLT czy Keck), jak również podczerwonych teleskopach umieszczonych na okrążających Ziemię satelitach (np. Herschel oraz Spitzer). Dzięki obserwacjom dowiedzieliśmy się, że galaktyki nie są niezmiennymi tworamami, zastygłymi w czasie i przestrzeni, ale przypominają żywe organizmy – rodzą się, starzeją i umierają. Za długość ich życia odpowiada prędkość procesów gwiazdotwórczych. W galaktyce gwiazdy mogą się tworzyć jedynie do wyczerpania wodoru – głównego budulca gwiazd. Gdy wodoru zaczyna brakować, nowe gwiazdy nie mogą powstawać i galaktyka umiera.

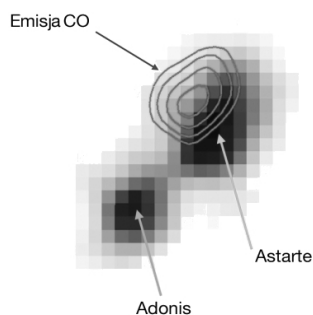
Z wieloletnich obserwacji wynika, że w dawnym Wszechświecie galaktyki tworzyły więcej gwiazd niż obecnie. Najwięcej gwiazd powstawało w czasach tzw. Kosmicznego Południa (*Cosmic Noon*), kiedy Wszechświat miał zaledwie 3 miliardy lat, czyli około 10 mld lat temu. Astronomów intryguje m.in. fakt, że niektóre z galaktyk żyjących w czasie Kosmicznego Południa były nawet kilkakrotnie bardziej masywne niż dzisiejsze znacznie starsze galaktyki, takie jak nasza Droga Mleczna. Są to tzw. galaktyki ultramasywne. Dzięki danym zebranych w szerokim zakresie pasma elektromagnetycznego w czasach Kosmicznego Południa możliwe stało się śledzenie losów takich ultramasywnych galaktyk. Możliwe stało się poszukiwanie odpowiedzi na nasuwające się pytanie, w jaki sposób ultramasywne galaktyki uzyskały swoją masę? Czy utworzyły swoje gwiazdy w krótkim okresie bardzo intensywnej aktywności gwiazdotwórczej, czy też w po prostu w dłuższym czasie bardziej wydajnie niż ich starsze koleżanki zamieniały wodór w gwiazdy?

Aby na te pytania odpowiedzieć i zbadać naturę ultramasywnych obiektów, należy dokładnie przeanalizować procesy fizyczne zachodzące w ośrodku międzygwiazdowym tych olbrzymów. Ponieważ informacje na temat galaktyki zawarte są w różnych długościach fal elektromagnetycznych, dlatego w przypadku dokładnej analizy obiektów astronomicznych takie globalne spojrzenie na właściwości fizyczne jest niezwykle istotne. W taki też sposób „przebadano” dwie ultramasywne galaktyki z epoki Kosmicznego Południa: Astarte i Adonisa. Okazało się, że Astarte jest nie tylko ultramasywna, ale też ultrapyłowa. Jest bardzo jasna w podczerwieni, czyli w zakresie promieniowania ciepłego emitowanego przez pył w ośrodku międzygwiazdowym. Astarte jest tak zapyłona, że ledwo widać ją w świetle widzialnym! Jest to powszechna cecha pyłu w galaktykach – pochłania on fotony o krótszej długości fal i emituje ich energię w podczerwieni. Jest to tak zwane zjawisko tłumienia, o którym pisaliśmy już na łamach *Delty* (Δ_{20}^6). Adonis z kolei nie jest tak silnie zapyłony i w przeciwieństwie do Astarte widoczny jest w ultrafiolecie i świetle widzialnym, natomiast niknie w podczerwieni. Razem z Astarte tworzą interesujący układ przeciwieństw, który może powiedzieć wiele o ich ewolucji i być może w niedalekiej przyszłości pomóc rozwiązać zagadkę, w jaki sposób rzadkie masywne galaktyki zdołały stać się bardziej masywne niż ich sąsiadki.

Polecamy serię trzech artykułów autorstwa Miguela Figueiry na temat wodoru i formowania się gwiazd w galaktykach: Δ_{20}^4 , Δ_{20}^{12} oraz Δ_{21}^2 .

Od Redakcji: to właśnie Autor tego artykułu nadał imiona obu galaktykom. Pochodzą one od imion greckich bogów i funkcjonują obecnie w świecie astrofizyki.

Nieodłącznym elementem kultu Astarte były akty seksualne spełniane pomiędzy wyznawcami odwiedzającymi świątynię a specjalnymi kapłankami zwanymi kedesza. Cześć oddawano również, paląc kadzidła, składając w ofierze produkty spożywcze, zwierzęta, a niekiedy także małe dzieci.



Astarte – wiek 3 miliardy lat, 40 razy cięższa od Drogi Mlecznej,
Adonis – wiek 3 miliardy lat, 10 razy cięższa od Drogi Mlecznej

Ultramasywna Astarte została zaobserwowana za pomocą interferometru *Atacama Large Millimeter Array* (ALMA), który rejestruje zimny pył i emisję ze wzbudzonych cząsteczek w ośrodku międzygwiazdowym. Dzięki obserwacjom ALMA wykryto emisję pochodzącą od tlenku węgla (CO) z obłoków molekularnych Astarte. Umożliwiło to oszacowanie masy wodoru w tej galaktyce. Okazało się, że poziom zawartości gazu w Astarte jest znacznie niższy niż w typowych galaktykach gwiazdotwórczych obserwowanych w okresie Kosmicznego Południa. Podstawowe parametry fizyczne tego interesującego układu: ilość obecnych w nich gwiazd i tempo powstawania nowych, są równie ciekawe. Okazało się, że tempo powstawania gwiazd w Astarte jest znacznie wyższe, niż można wyjaśnić na podstawie jej zasobów wodoru. Jeśli Astarte nadal będzie tworzyć gwiazdy w tym tempie, to wyczerpie cały swój gaz w ciągu najbliższych 220 milionów lat. Okres 220 milionów lat dla galaktyki to bardzo niewiele w porównaniu do zwykłych skal czasowych, z jakimi mamy do czynienia w przypadku procesów zachodzących w galaktykach. Adonis jest również nietypowy: tworzy zbyt wiele gwiazd w stosunku do swojej masy – taki proces nazywamy silnym wybuchem gwiazdotwórczym.

Jednym z najważniejszych wniosków z tych obserwacji jest to, że ultramasywna Astarte, 40 razy bardziej masywna niż nasza o wiele starsza, ale wciąż młodo wyglądająca Droga Mleczna, umiera; Astarte nadal zmienia swój wódór w gwiazdy, kontynuując proces rozpoczęty w trakcie wybuchu aktywności gwiazdotwórczej, jaki przechodzi właśnie jej sąsiad Adonis. Wynik ten motywuje do jeszcze dokładniejszych badań nad ewolucją galaktyk.



Jak się nie pomylić, czyli potęga matematycznego myślenia

Jak się nie pomylić? Zapewne wszyscy zgadliśmy odpowiedź – należy sięgnąć po zdrowy rozsądek wzmocniony krytycznym myśleniem matematycznym. Ale i to nie zawsze wystarcza, o czym opowiada w swojej książce Jordan Ellenberg. Autor prowadzi nas od starożytnych początków matematyki przez perypetie pionierów teorii prawdopodobieństwa w XVII wieku aż po kryzys replikacji we współczesnych naukach eksperymentalnych.

Atutem książki jest jej aktualność. Na co dzień jesteśmy bombardowani danymi liczbowymi, które pomimo swojej pozornej ścisłości (a może nawet dzięki niej) są w stanie wprowadzić nas w błąd. Ellenberg sięga po medialnie znane przykłady błędów w nauce i publicystyce, a następnie w prosty sposób pokazuje, jak się nie dać zwieść na manowce. Oprócz wnioskowania statystycznego znalazło się też miejsce na wycieczki w stronę filozofii matematyki, geometrii rzutowej, teorii informacji czy teorii liczb.

Przed jedną rzeczą muszę tylko przestrzec. O ile żywy język oryginału został dobrze oddany w polskim tłumaczeniu, to matematyczna precyzja autora niestety nie. W kwestiach rozróżnienia między sumą a iloczynem, ciągiem a szeregiem, cyfrą a liczbą Czytelnik musi więc miejscami liczyć sam na siebie.

A na koniec reklama: w maju ukazała się nowa książka Ellenberga pt. *Shape* o geometrii ukrytej w problemach, w których byśmy się tego nie spodziewali. Jako geometra algebraiczny (człowiek widzący geometrię nawet w równaniach diofantycznych) autor z pewnością ma tu dużo do powiedzenia.

M. M.

