

Prosto z nieba: Idąc przez galaktyczną dolinę śmierci

Mniej więcej połowa galaktyk we współczesnym Wszechświecie, w tym nasza własna Droga Mleczna, aktywnie tworzy gwiazdy. Obserwując te aktywne galaktyki, widzimy mocne, niebieskie światło pochodzące z młodych gwiazd. Druga połowa galaktyk jest już mniej żywotna. W pewnym momencie swojego życia przestały one tworzyć gwiazdy, czyli można powiedzieć, że wygasły. Teraz wypełnione są tylko starymi dogasającymi gwiazdami, przez co zyskały ponurą etykietę galaktyk „czerwonych i martwych”. I tutaj oczywiście powstaje pytanie: jak, kiedy i dlaczego galaktyki wygasają?

Aby odpowiedzieć na to pytanie, musimy znaleźć galaktyki w stanie przejściowym, pomiędzy „życiem a śmiercią”. Astronomowie romantycznie nazwali je galaktykami zielonej doliny (patrz rys. 1). Przechodząc przez zieloną dolinę, galaktyki tracą swoje niebieskie kolory (pochodzące głównie od młodych gwiazd) i stają się coraz bardziej czerwone. Takich galaktyk o pośrednich barwach obserwuje się stosunkowo mało, dlatego jak dotąd sądzono, że przejście „przez dolinę” następuje szybko (oczywiście w skali życia galaktyk).

Naturalnie chcielibyśmy wiedzieć, od czego zależy tempo umierania galaktyk. Problemem tym zajęli się naukowcy z Uniwersytetu Saint Mary w Kanadzie. Wykorzystali oni do badań stosunkowo rzadką populację galaktyk „zielonej doliny” sprzed 4–8 miliardów lat (o przesunięciu ku czerwieni $z = 1-2$). Wybrali szczególnie bogatą próbkę (bo aż 10 000!) galaktyk obserwowanych w wielu pasmach, od podczerwieni do ultrafioletu, za pomocą Kosmicznego Teleskopu Hubble’a, Kosmicznego Teleskopu Spitzera i wielu teleskopów naziemnych.

Autorzy pracy byli najbardziej zainteresowani oszacowaniem, jak długo trwa proces transformacji galaktyki od niebieskiej i aktywnej do czerwonej i martwej, czyli jak długo trwa przejście przez zieloną dolinę. Aby łatwiej zmierzyć czas przejścia, zdefiniowali oni „dno” zielonej doliny i przekształcili diagram w stosunku do tej linii (rys. 2). W ten sposób uzyskano nowy parametr – odległość do dna zielonej doliny, Δ_{ZD} . Ma on jedną podstawową zaletę: jest stosunkowo łatwy do obliczenia i interpretacji.

Oczywiście nie możemy obserwować ewolucji pojedynczej galaktyki przechodzącej przez zieloną dolinę. Możemy jednak mierzyć wiek każdej z takich galaktyk oraz odtworzyć ich wspólną, uśrednioną historię tworzenia gwiazd – czyli współczynnik tempa tworzenia się gwiazd w funkcji czasu od momentu powstania galaktyki aż do momentu obserwacji. Na podstawie tego współczynnika wyróżniono trzy rodzaje galaktyk: szybkie, pośrednie i powolne. Szybkie galaktyki osiągają maksimum tworzenia gwiazd krótko po uformowaniu, galaktyki pośrednie osiągają szczyt po 1 Gyr, a galaktyki powolne formują gwiazdy przez kilka Gyr przed osiągnięciem szczytu.

Na podstawie tych wszystkich pomiarów naukowcy stwierdzili, że o ile galaktyki pośrednie i powolne potrzebują bardzo długiego czasu, żeby przejść przez dolinę (kilka do kilkunastu miliardów lat), to galaktyki szybkie wręcz przez nią biegną – osiągając graniczną wartość dna zielonej doliny w ciągu miliarda lat! I to właśnie te galaktyki, które w przeszłości szybko przeszły przez zieloną dolinę, stanowią zdecydowaną większość martwych galaktyk obserwowanych we współczesnym Wszechświecie.

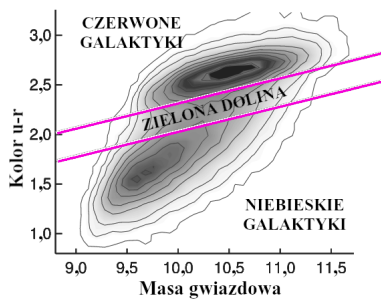
Morał z tej historii? Jeżeli jesteś galaktyką i chcesz cieszyć się długim życiem, twórz gwiazdy powoli i z rozwagą.

Anna DURKALEC

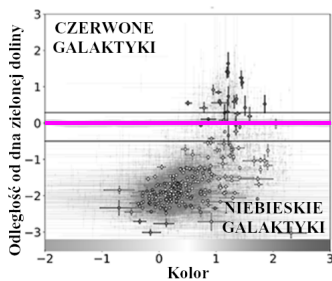
Narodowe Centrum Badań Jądrowych

Artykuł napisany na podstawie pracy Gael Noirot et al., 2022 *Across the Green Valley with HST grisms: colour evolution, crossing time-scales and the growth of the red sequence at $z=1.0-1.8$* i artykułu Lizy Sazonovej [*Galaxies sprinting*] through the valley.

Może się zdarzyć, że czerwona galaktyka w wyniku jakiegoś zdarzenia, które nagle spowoduje wznowienie procesów gwiazdotwórczych, przejdzie przez zieloną dolinę w odwrotną stronę, do królestwa galaktyk niebieskich, ale są to przypadki bardzo rzadkie.



Rys. 1. Diagram kolor-masa gwiazdowa przedstawiający różne typy galaktyk. Kolor tworzy różnicę energii zaobserwowanej w pasmach obserwacyjnych u oraz r. Galaktyki gwiazdotwórcze są niebieskie i znajdują się głównie w lewym dolnym rogu diagramu, natomiast galaktyki martwe i czerwone znajdują się w górnej połowie diagramu. Zielona dolina, zaznaczona liniami, jest obszarem przejściowym, w którym znajduje się stosunkowo niewiele galaktyk. Wykres zaadaptowany z pracy Schawinski et al., 2014.



Rys. 2. Odległość od dna zielonej doliny, Δ_{ZD} , jako funkcja koloru. Dno zielonej doliny oznaczone jest linią $\Delta_{ZD} = 0$ (zielona linia). Wykres zaadaptowany z pracy Noirot et al., 2021.