

Jak starzeją się galaktyki?

# Młodość gwiazdnych wysp



## AGNIESZKA POLLO

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej  
Uniwersytet Jagielloński, Kraków  
Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Warszawa  
Magazyn „Academia”, Polska Akademia Nauk  
apollo@fuw.edu.pl

Dr hab. Agnieszka Pollo jest kosmologiem obserwacyjnym, zajmuje się badaniami grupowania i ewolucji galaktyk.



## KATARZYNA MAŁEK

Department of Particle and Astrophysical Science  
Nagoya University  
Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Warszawa  
Katarzyna.Malek@ncbj.gov.pl

Dr Katarzyna Małek jest astrofizykiem, zajmuje się zagadnieniami klasyfikacji, modelowaniem widm oraz badaniem ewolucji galaktyk.



## JANUSZ KRYWULT

Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Uniwersytet Jana  
Kochanowskiego, Kielce  
krywult@ujk.edu.pl

Dr Janusz Krywult jest astrofizykiem, bada kształty i ewolucję własności galaktyk różnych typów.



## ALEKSANDRA SOLARZ

Department of Particle and Astrophysical Science  
Nagoya University  
ola@solarz.com.pl

Dr Aleksandra Solarz jest absolwentką Uniwersytetu Jagiellońskiego, obroniła doktorat i obecnie jest na stażu podoktorskim na Uniwersytecie w Nagoi. Zajmuje się klasyfikacją i badaniem grupowania galaktyk.

**Czym galaktyki przypominają ludzi? Może tym, że każda jest inna. Różnią się kształtem, wielkością, masą, kolorami. Niektóre lubią towarzystwo, inne żyją samotnie. Czy zróżnicowanie kształtów i własności tych obiektów zależy od wieku? Czy można mówić o starych i młodych galaktykach? Dojrzałość i zaawansowany wiek u galaktyk, podobnie jak w przypadku ludzi, niekoniecznie oznacza to samo**

Odkąd Edwin Hubble wykazał, że znaczna część mgławic, widocznych na nocnym niebie już przez niewielki teleskop, to nie zagęszczenia gwiazd w naszej rodzimej Drozdzie Mlecznej, ale podobne do niej, niekiedy znacznie większe, odrębne, odległe „gwiazdne wyspy” – galaktyki, systemów klasyfikacji tych obiektów powstało co najmniej kilka. Jednak po dziś dzień najpowszechniejszym pozostaje – zaproponowany przez Hubble’a i tylko w niewielkim stopniu zmodyfikowany – tzw. diagram kamertonowy, który dzieli galaktyki na trzy główne grupy: eliptyczne, spiralne oraz takie, które nie pasują do żadnej z tych grup, czyli nieregularne. Chociaż w późniejszych systemach badacze uwzględnili wiele dodatkowych cech morfologicznych, podstawowymi dwoma typami galaktyk pozostały galaktyki eliptyczne: jajowatego albo prawie sferycznego kształtu, bez wyróżnionej struktury, oraz dyskowe, najczęściej z zaznaczoną strukturą spiralną.

## Dyski i elipsoidy

Galaktyki spiralne i eliptyczne różnią się między sobą nie tylko kształtem. Eliptyczne są przeważnie większe, jaśniejsze, pozbawione pyłu i gazu, mają kolor bardziej czerwony dzięki temu, że wypełniają je stare populacje gwiazd. Po angielsku często mówi się, że są *red and dead* – czerwone i martwe, bo nie rodzą się w nich już młode gwiazdy. Galaktyki spiralne z kolei są zazwyczaj aktywne gwiazdotwórczo, co przekłada się na ich bardziej niebieski kolor (młode gwiazdy są gorętsze od starych i dlatego świecą w krótszych – a więc bardziej niebieskich – falach). Są przy tym zazwyczaj mniejsze i świecą słabiej.

Skojarzenie z wiekiem narzuca się na tychmiast – galaktyki eliptyczne są dojrzałe, stare. A spiralne to wciąż rozwijające się młódki. Czy rzeczywiście? Koncepcja od początku wydawała się kusząca, ale pojawił się zasadniczy problem: żeby galaktyka spiralna mogła „pasywnie”, czyli bez ingerencji z zewnątrz, zmienić się w galaktykę eliptyczną,



Galaktyka spiralna NGC 1232. Nasza kosmiczna sąsiadka – dzieli ją od nas tylko 100 milionów lat świetlnych. Czerwony obszar w centrum to macecznik starych gwiazd, ale w niebieskich obszarach wciąż rodzą się nowe

potrzebny jest okres znacznie dłuższy niż wiek Wszechświata. Z kolei galaktyki spiralne zawierają nie tylko gwiazdy młode, ale także bardzo stare, co sugeruje, że proces ich formowania musiał zacząć się równie dawno jak w przypadku galaktyk eliptycznych. Co więc sprawiło, że jedne galaktyki zachowały – choćby tylko pozorną – młodość, a inne osiągnęły już pełną dojrzałość?

### Natura czy wychowanie?

Zagadnienie pochodzenia różnych typów galaktyk często sprowadza się do alternatywy, opisywanej zaczerpniętym z nauk o człowieku pytaniem „*nature or nurture?*” – „natura czy wychowanie” (w przypadku galaktyk raczej otoczenie). Oba scenariusze mają swoje mocne strony.

„Natura”, pochodzenie – to warunki, w jakich galaktyka się narodziła, a w szczególności masa halo ciemnej materii, w którym powstała. Potencjał grawitacyjny najmaszywniejszych halo był na tyle silny, żeby na samym początku ściągnąć szybko materię ze wszystkich stron. Tej materii było wystarczająco dużo, żeby od razu powstało mnóstwo młodych gwiazd. Najmaszywniejsze z nich szybko kończyły żywot jako supernowe, a ich wybuchy powodowały silny wiatr galaktyczny, wymiatający

z galaktyki pozostały gaz i pył, w ten sposób pozbawiając ją możliwości produkcji dalszych pokoleń gwiazd.

W przypadku mniej masywnych halo akrecja materii na młodą galaktykę przebiegała wolniej, co umożliwiło z jednej strony – nakreślenie dysku galaktycznego, a z drugiej – wolniejszą, ale trwającą długo, aż do dziś, produkcję gwiazd.

A wychowanie? Galaktyki, jak wiadomo, nie żyją samotnie. Różnego typu oddziaływania między nimi nie są rzadkością, a obserwacje dalekiego Wszechświata pokazują, że w przeszłości były nawet znacznie częstsze. Ekstremalnym przypadkiem jest zderzenie dwóch obiektów, które prowadzi do powstania jednej, większej galaktyki. Jednak wystarczy już bliskie przejście koło sąsiadki, żeby wpływ jej grawitacji zaburzył strukturę galaktyki albo odarł ją z części materii. Galaktyki eliptyczne występują niemal wyłącznie w gromadach, gdzie galaktyki upakowane są gęsto – a więc może to częste zderzenia i oddziaływania z innymi galaktykami przyspieszyły ich ewolucję i doprowadziły do przybrania obecnej formy?

Oba scenariusze dobrze tłumaczą zarówno fakt, że galaktyki eliptyczne są zazwyczaj większe i maszywniejsze od spiralnych, jak i to, że występują tam, gdzie zagęszczone

## Jak starzeją się galaktyki?

nia ciemnej materii najprawdopodobniej od początku były większe.

Gdzie leży prawda? Przypuszczalnie pośredku – obecnie uważa się, że do uformowania dzisiejszych typów galaktyk doprowadziło połączenie obu tych mechanizmów. Jednak nie do końca jeszcze wiemy, jaki był ich wkład na różnych etapach ewolucji galaktyk. Nie całkiem też rozumiemy wpływ innych czynników, np. aktywnych jąder galaktyk.

### Coraz głębiej, coraz dalej...

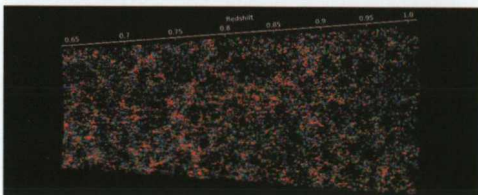
Żeby zrozumieć historię galaktyk, trzeba obserwacjami sięgnąć bardzo daleko – najlepiej aż do okresu, kiedy zaczynały powstawać pierwsze skupiska świecącej materii. Obecnie względnie dobrze znamy Wszechświat w naszym najbliższym otoczeniu, który możemy nazwać „kosmosem współczesnym”, w promieniu jakichś 2-3 miliardów lat świetlnych wokół nas. Dużo? Tylko pozornie, zważywszy, że Wszechświat liczy sobie ok. 13 miliardów lat. By wyjaśnić zagadkę pochodzenia galaktyk, musimy patrzeć głębiej w przestrzeń i jednocześnie w przeszłość.

Nie jest to łatwe. Odległe obiekty są wprawdzie liczne, ale bardzo słabe – ich obserwacje wymagają potężnych teleskopów i długich czasów obserwacji. Sprawdzenie, które źródło jest naprawdę odległą galaktyką, wymaga kosztownych i czasochłonnych pomiarów spektroskopowych. Na obrazach z kamer CCD galaktyki te jawią się jako niewielkie rozmazane plamki – badanie ich własności fizycznych jest trudniejsze niż w przypadku źródeł z naszego bliższego otoczenia.

Głębokie katalogi nieba, w których odległe galaktyki można liczyć nie na sztuki lecz na tysiące, co dopiero umożliwia poważnie statystyczne badania, zaczęły na dobre powstawać dopiero w ostatniej dekadzie.

### W pół drogi do Wielkiego Wybuchu

Największym obecnie katalogiem odległego Wszechświata jest VIPERS (*VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey* – Publiczny Przegląd Przesunięć ku Czerwieni Prowadzony



VIPERS team/ESO



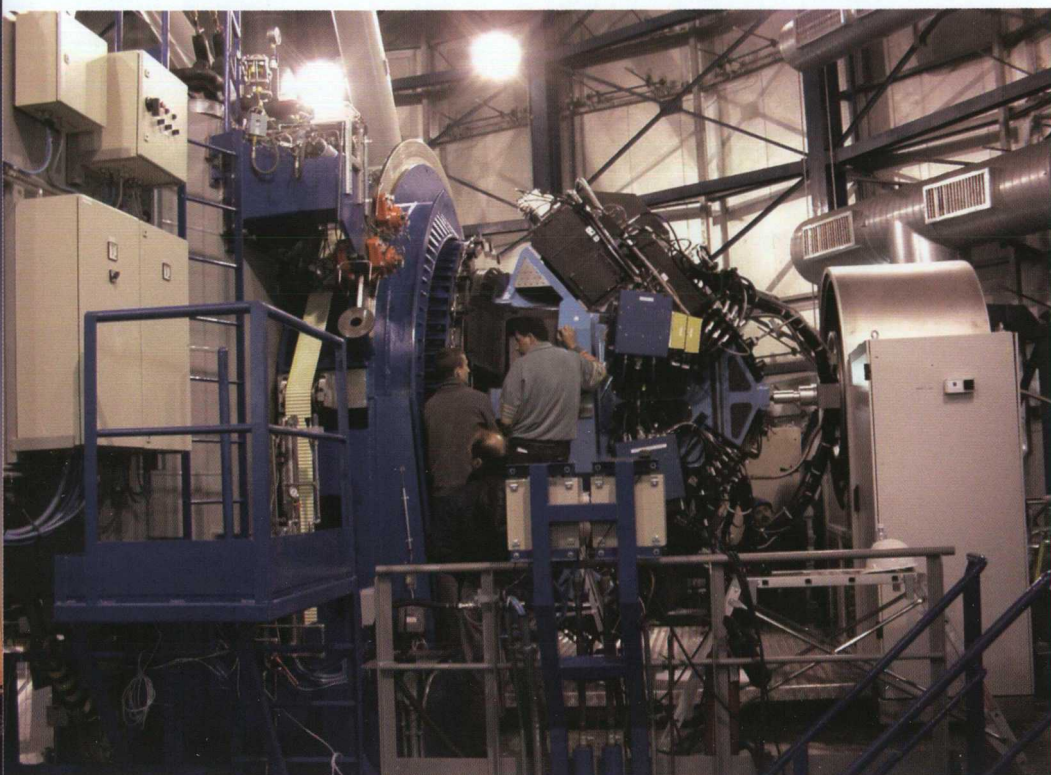
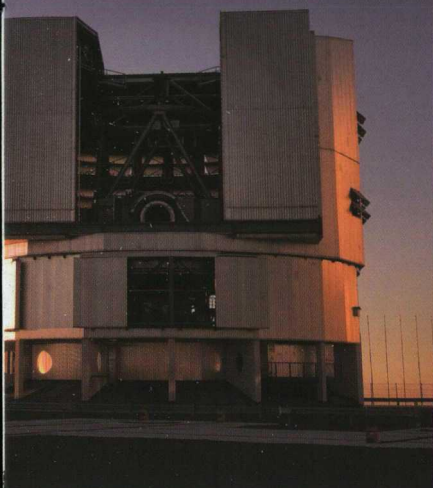
na Multispektrografie VIMOS), którego celem jest stworzenie największej w historii trójwymiarowej mapy Wszechświata sprzed 7-8 mld lat. Przegląd docelowo ma zmierzyć dokładne położenia i własności 100 tysięcy galaktyk. W ubiegłym roku VIPERS opublikował trójwymiarową mapę Wszechświata dwa razy młodszego niż dziś, opartą na przeprowadzonych już pomiarach 55 tysięcy galaktyk. Jest to największa i najdokładniejsza jak dotąd mapa tak odległego Wszechświata. W roku 2013 zespół VIPERS udostępnił międzynarodowej społeczności astronomicznej pomiary przesunięć ku czerwieni tych galaktyk, a w roku 2014, po zakończeniu żmudnego procesu redukcji danych, ich widma.

VIPERS jest jednym z Wielkich Programów Europejskiego Obserwatorium Południowego (ESO). Jego obserwacjom poświęconych będzie w sumie 440 godzin pracy Melipala – jednego z 8,2-metrowych teleskopów VLT. Realizuje go zgrany międzynarodowy zespół, w którego skład wchodzi też aktywna „polska komórka”, do której należą m.in. astronomowie z Narodowego Centrum Badań Jądrowych, Uniwersytetu Jagiellońskiego i Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach.

Mapa Wszechświata dwa razy młodszego niż obecnie, oparta na danych VIPERS, wygląda zaskakująco podobnie do map dzisiejszego Wszechświata. W szczególności widzimy na niej wyraźnie, że obserwowana dzisiaj segregacja typów galaktyk istniała już w czasach, gdy Wszechświat był dwa razy młodszy. W potężnych zagęszczeniach – węzłach kosmicznej sieci – widzimy zgrupowania czerwonych galaktyk, bardzo podobnych do dzisiejszych galaktyk eliptycznych. Niebieskie galaktyki, w których tworzą się gwiazdy – przodkinie

Fragment nieba w gwiazdozbiornie Wieloryba, obserwowany przez przegląd Canada-France-Hawaii Telescope Legacy Survey. Spośród tych obiektów wybrano galaktyki, które badał VIPERS. Ich światło leciało do nas przez 8 miliardów lat

**Struktura Wszechświata dwa razy młodszego niż obecnie, wylaniająca się z danych przeglądu VIPERS. Każda kropka oznacza galaktykę, a kolory odpowiadają różnym typom galaktyk. Już 8 miliardów lat temu czerwone „wypalone” galaktyki okupowały centra gromad, a aktywne gwiazdotwórczo galaktyki niebieskie były bardziej rozproszone – podobnie jak dziś**



VIPERS

Melipal – jeden z czterech teleskopów VLT należących do Europejskiego Obserwatorium Południowego (ESO) na Cerro Paranal w Chile.

W październiku 2014 roku Polska przystąpiła do ESO – teraz to jest także nasze obserwatorium!

dzisiejszych galaktyk spiralnych – rozproszone są w mniej zagęszczonych obszarach. Badania ich kształtu dowodzą, że czerwone galaktyki już wtedy były sferoidalne, a niebieskie – przybrały kształt dysku. Podstawowe typy galaktyk musiały się zatem ukształtować w znacznie wcześniejszych epokach.

### Młode karzełki

Wszystko wskazuje więc na to, że rozmaite typy galaktyk, jakie dziś obserwujemy, wiewkowo niewiele się od siebie różnią. Wszystkie powstały na stosunkowo wczesnych etapach ewolucji struktury Wszechświata, a młody wygląd niektórych to zasługa wewnętrznych i zewnętrznych okoliczności, najprawdopodobniej związanych głównie z masą lokalnego halo ciemnej materii.

Czy nie ma we Wszechświecie galaktyk naprawdę młodych – nie tylko wyglądem, ale też wiekiem? Być może są. Astronomowie uważają, że kandydatek na takie obiekty należy szukać wśród niepozornych galaktyk karłowatych. Większość z nich ma już za sobą długą historię, ale niektóre mogą tkwić w tak mało masywnych halo, że dopiero niedawno uzbierały dość materii, żeby zapalić pierwsze gwiazdy. Takich galaktyk w naszym niedalekim otoczeniu astronomowie poszukują z dużym zapałem – m.in. dlatego, że mogą one stanowić laboratoria,

pozwalające śledzić procesy, jakie zachodziły w młodych galaktykach we wczesnym Wszechświecie. Podobieństwa są jednak ograniczone. Karzełki, które dopiero niedawno rozpoczęły przygodę z tworzeniem gwiazd, nie mają przed sobą bogatej przyszłości. Przy ich znikomej masie wystarczy kilka supernowych, żeby wiatr gwiazdowy całkowicie wywiał pozostały pył i gaz poza zasięg ich pola grawitacyjnego. Dla tych galaktyk pierwszy epizod aktywności gwiazdotwórczej może okazać się ostatnim. Chyba że bliskie spotkanie z inną galaktyką ożywi je na nowo. ■

Opisane badania wspierane są przez granty Narodowego Centrum Nauki: UMO-2012/07/B/ST9/ i UMO-2013/09/D/ST9/04030.

**Multispektrograf VIMOS zainstalowany na Melipalu pozwala na rejestrowanie widm nawet 1000 galaktyk jednocześnie. Dzięki temu instrumentowi możliwe jest prowadzenie tak wielkich przeglądów jak VIPERS**

### Chcesz wiedzieć więcej?

[vipers.inaf.it](http://vipers.inaf.it)

- Guzzo L. et al. (2014). The VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey (VIPERS). An unprecedented view of galaxies and large-scale structure at  $0.5 < z < 1.2$ . *Astronomy & Astrophysics*, 566, A108, 1-21.
- Garilli B. et al. (2013). The VIMOS Public Extragalactic Survey (VIPERS). First Data Release of 57 204 spectroscopic measurements. *Astronomy & Astrophysics*, 562, A23, 1-18.
- Malek K. et al. (2013). The VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey (VIPERS). A support vector machine classification of galaxies, stars, and AGNs. *Astronomy & Astrophysics*, 557, A16, 1-16.