

Kiedy ukształtowały się galaktyki?

Małgorzata SIUDEK*

* Centrum Fizyki Teoretycznej PAN,
Narodowe Centrum Badań Jądrowych

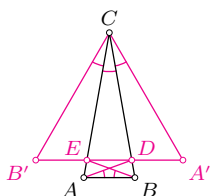
Na początku XX wieku obserwacje przeprowadzone przez E.P. Hubble'a doprowadziły do odkrycia, że Droga Mleczna jest tylko jedną z miliardów galaktyk. Niektóre, jak nasza rodzima Galaktyka, przypominają kształtem płaski dysk ze spiralnymi ramionami, inne zaś są niemal kuliste. Jednak galaktyki obok wielu różnic wykazują również istotne podobieństwa, które stają się podstawą systemów klasyfikacji. Powszechnie przyjętym i stosowanym systemem jest klasyfikacja oparta na różnicach morfologicznych, zaprezentowana przez E.P. Hubble'a w 1936 roku i wyróżniająca galaktyki (1) eliptyczne, (2) spiralne i (3) nieregularne, czyli te, które nie pasują do żadnej z pierwszych dwóch grup. Galaktyki eliptyczne to obiekty niemal kulistego kształtu wypełnione niewielką ilością pyłu i gazu, zawierające stare gwiazdy, które nadają im czerwoną barwę. Ich przeciwieństwem są galaktyki spiralne zbudowane z dysku i ramion wypełnionych młodymi, gorącymi, a zatem niebieskimi gwiazdami. Choć o galaktykach wiemy już całkiem dużo, historia ich powstawania nadal skrywa wiele tajemnic. Astronomowie wciąż poszukują szczegółowego i wyczerpującego wyjaśnienia mechanizmu prowadzącego do formowania się galaktyk spiralnych i eliptycznych wśród radykalnie różnych ścieżek ewolucyjnych. Jednym z głównych czynników uniemożliwiającym opisanie tego procesu są niezwykle złożone mechanizmy fizyczne regulujące ten cykl.



Rozwiązanie zadania M 1579.
Odpowiedź: $\sphericalangle ACB = 20^\circ$.

Niech A' i B' będą punktami symetrycznymi do punktów A i B odpowiednio względem prostych BC i AC . Z danych w treści zadania równości kątów wynika, że punkty A' , D , E , B' leżą na jednej prostej, a zatem

$$\begin{aligned} A'B' &= A'D + DE + EB' = \\ &= AD + DE + EB = AC. \end{aligned}$$



W połączeniu z $AC = A'C = B'C$ oznacza to, że trójkąt $A'B'C$ jest równoboczny. W konsekwencji, wobec równości kątów $\sphericalangle A'CB = \sphericalangle ACB = \sphericalangle ACB'$, uzyskujemy

$$\sphericalangle ACB = \frac{\sphericalangle A'CB'}{3} = 20^\circ.$$



Rozwiązanie zadania M 1580.
Odpowiedź: -23 .

Zauważmy, że dla każdego $x \in \mathbb{R}$
 $x^5 + x^2 + 1 =$
 $= (x - x_1)(x - x_2)(x - x_3)(x - x_4)(x - x_5).$

W szczególności dla $x = \sqrt{2}$ oraz $x = -\sqrt{2}$:
 $(\sqrt{2} - x_1)(\sqrt{2} - x_2)(\sqrt{2} - x_3) \cdot$
 $\quad \cdot (\sqrt{2} - x_4)(\sqrt{2} - x_5) = 3 + 4\sqrt{2},$
 $(-\sqrt{2} - x_1)(-\sqrt{2} - x_2)(-\sqrt{2} - x_3) \cdot$
 $\quad \cdot (-\sqrt{2} - x_4)(-\sqrt{2} - x_5) = 3 - 4\sqrt{2}.$

Wymnażając stronami powyższe dwie równości, uzyskujemy po lewej stronie żądany iloczyn, a po prawej liczbę

$$(3 + 4\sqrt{2})(3 - 4\sqrt{2}) = 9 - 32 = -23.$$

Podstawową ideą narodzin galaktyk są niewielkie fluktuacje gęstości materii wypełniającej wczesny Wszechświat. Na skutek grawitacyjnej niestabilności lokalne fluktuacje wzrastały, doprowadzając do powstawania gęstych obłoków (protogalaktyk), w których zaczęły się tworzyć gwiazdy. W protogalaktykach eliptycznych potencjał grawitacyjny był na tyle silny, że bardzo szybko ściągnął większość materii, z której powstały gwiazdy. Niemalże cały gaz został zużyty w tym procesie, a jego resztki były wymiatane przez silne wiatry galaktyczne, blokując dalszą aktywność gwiazdotwórczą. W protogalaktykach spiralnych o dużym momencie pędu siła odśrodkowa przeciwdziałała przyciąganiu grawitacyjnemu i materia skupiała się wolniej. Gwiazdy początkowo powstawały tylko w centralnej części obłoku, pozostawiając zapasy gazu do produkcji kolejnych pokoleń gwiazd, a na skutek wirowania materia skupiała się w jednej płaszczyźnie, tworząc dysk. Jednak ten scenariusz nie uwzględnia oddziaływań między galaktykami. Tak jak u ludzi inteligencja zostaje ukształtowana nie tylko przez geny, ale i przez otoczenie, tak i na proces formowania się galaktyk prócz opisanego w scenariuszu ma również wpływ środowisko, w jakim się znajdują. Galaktyki mogą występować na tyle blisko, że ich siły grawitacyjne zaburzają wzajemnie swoje struktury, prowadząc nawet do zderzeń i powstania jednej, większej galaktyki. Obserwacje galaktyk eliptycznych głównie w centralnych obszarach gromad, zaś galaktyk spiralnych na zewnątrz, potwierdzają, że otoczenie mogło mieć znaczący wpływ na powstawanie galaktyk.

Prawdopodobnie oba mechanizmy miały wpływ na ukształtowanie się galaktyk (jak również inne czynniki, tj. aktywne jądra galaktyk), jednak do tej pory nie powstał pełny obraz ich formowania się. Jedną z możliwości poznania tego procesu jest porównanie właściwości galaktyk starszych z młodszyimi. Dorastanie galaktyk, czyli ich zmiany ewolucyjne, trwają miliardy lat, więc musimy spojrzeć daleko w przeszłość, by uzyskać odpowiednie informacje. Niedawno zakończony przegląd VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey (VIPERS, vipers.inaf.it), który dostarczył astronomii unikalną mapę Wszechświata z czasów, gdy był on dwa razy młodszy, zmienił odrobinę tę sytuację. Dzięki niemu wiemy, że kilka miliardów lat temu galaktyki eliptyczne były już ukształtowane i występowały, podobnie jak te obserwowane w lokalnym Wszechświecie, głównie w gromadach galaktyk. Unikatowe obserwacje VIPERS-a udowodniły, że podział na galaktyki eliptyczne i spiralne ukształtował się znacznie wcześniej niż 7-8 miliardów lat temu. Miejmy nadzieję, że kolejne, jeszcze głębsze przeglądy, pozwolą zaobserwować ich przemianę i opisać proces ich powstania.