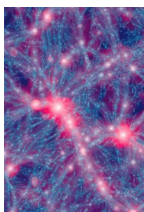




Françoise Combes
Observatorium Paryskie



Wszystko w mojej kieszeni



Odpowiedzi na
odwrocie strony

Quiz

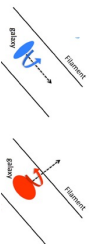
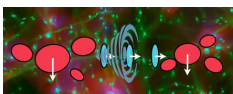
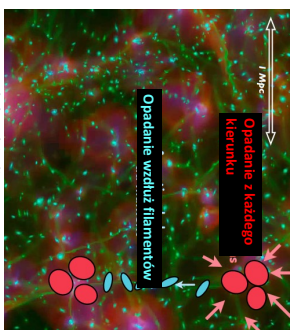
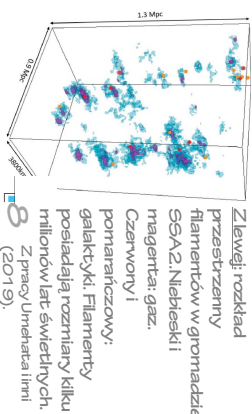
Które z tych obrazów pokazują:

- Ułożenie galaktyk?
- Filamenty kosmiczne?
- Pajęczynę?



Gaz w filamentach

Do niedawna filamenty kosmiczne były wykrzywiane jedynie za pomocą zakrzywionych w nich galaktyk. Jednakże w ich sądach dochodzi również rozprzeczony gaz i ciemna materia. Atomy wodoru w tym gazie pochłaniają światło z oddległych kwazarów. Można zatem odzworować rozkład obiętościowy filamentów (zobacz str. 5). Gaz w filamentach może być również detektowany za pośrednictwem swojej emisji, gdy jest wzbudzany przez gorące gwiazdy i kwazary. Halo gazowe zostało wykryte wokół 270 galaktyk między przesunięciami ku czerwieni od 2 do 6. Odkrycia tego dokonała grupa europejskich astronomów, dzięki ekstramalej czułości instrumentu MUSE zaistniałego na Barzo Dużym Teleskopie (VLT) należącego do ESO.

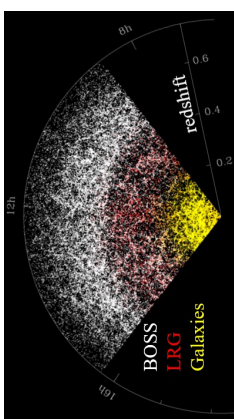


Osie rotacji galaktyk spiralnych są skierowane wzdłuż filamentów. Galaktyki eliptyczne, które powstają w wyniku zderzenia się galaktyk spiralnych, mają osie rotacji skierowane prostopadle do filamentów.

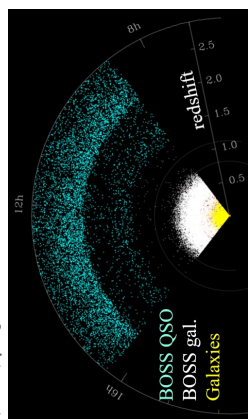
Orientacja galaktyk

Różne galaktyki bywają znajdowane w różnych miejscach. W gromadach, zwykle znajdujemy masywne galaktyki eliptyczne na przecięciu filamentów. Te galaktyki zawierają tylko stare gwiazdy (dlatego są czerwone). Wewnątrz samych filamentów znajdujemy galaktyki spiralne. Galaktyki te akreują zimny gaz, z którego powstają gwiazdy; to daje im ich charakterystyczny niebieski kolor. Gaz opadający na niebieskie galaktyki pochodzi z zewnętrznych części filamentów, a oś rotacji tych galaktyk zwykle jest skierowana równoległe do filamentów. W przypadku czerwonych galaktyk eliptycznych, które są często wynikiem zderzenia dwóch galaktyk dyskowych, jest wprost przeciwnie. Na stronie 12 pokazano to za pomocą symulacji numerycznej.

75



Główna próbka galaktyk SDSS została zaznaczona na żółto. Jasne galaktyki czerwone (LRG) zaznaczono na czerwono, galaktyki projektu BOSS na biało. Kwazary (QSO) projektu BOSS oznaczono na zielono.



Głębsze przeglądy

Średnie przesunięcie ku czerwieni głównej próbki galaktyk SDSS to $z=0.1$. Odpowiada ono odległości 1,5 miliarda lat świetlnych. Probką jasnych czerwonych galaktyk sięga do $z=0.7$. Projekt BOSS sięga do $z=1$ (2,2 miliardy lat świetlnych). Z wykorzystaniem kwazarów, które są jaśniejsze od galaktyk, można sięgnąć nawet do $z=5$ (15,5 miliardów lat świetlnych).

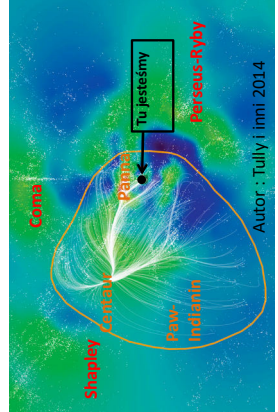
Tak jak należało się spodziewać, Wszechświat jest mniej uporządkowany na większych przesunięciach ku czerwieni, czyli wówczas gdy był młodszy*. Gromady galaktyk powstają na $z=2(3,5)$ miliardy lat po Wielkim Wybuchu). Filamenty oraz struktura przypomniająca ser szwajcarski istniała już wówczas, ale była mniej wyraźna, niż obecnie.

* Zobacz TUIMP 125

Pobliski Wszechświat jest uporządkowany

W 1925 roku odbyła się wielka debata, z której wynikało, że istnieją galaktyki poza naszą Droga Mleczną. Wkrótce przeprowadzono duże przeglądy takich galaktyk. Odkryto, że „pobliski” Wszechświat nie jest jednolity, ale składa się z mniejszych lub bardziej splecionych skupisk galaktyk o strukturze przypominającej szwajcarski ser, zawierający duże puste przestrzenie. Struktura ta nazywa się siecią kosmiczną. Pierwszym przeglądem, objętościowo, podającym pozycje galaktyk wraz z ich odległościami (mierzonymi przesunięciem ku czerwieni) był przeprowadzony pod koniec XX wieku przegląd CFA2. Obserwacja 18 000 galaktyk zajęła dziesięć lat. Spektrografy XXI wieku umożliwiają, jednocześnie, obserwację setek galaktyk i przeglądanie milionów galaktyk. Takie badania obejmują 2df wykonane w Australii SDSS z USA.

** patrz TUIMP 2 i 12. 3*



Odwzorowanie lokalnej supergromady Laniakea, co w języku hawajskim znaczy „ogromne niebo”. Została ona tak nazwana na cześć Polinezyjskich nawigatorów, którzy wykorzystywali swoją wiedzę o niebie do nawigacji na Oceanie Spokojnym.

Nasza Galaktyka znajduje się w pobliżu tego dużego ciemnego punktu w centrum. Galaktyki zostały zaznaczone jako białe punkty. Białe linie oznaczają kierunek w jakim poruszają się te galaktyki. Niebieskie obszary oznaczają pustkę kosmiczną. Pomarańczową linią zakreślono obszar super-gromady Laniakea. Zatem gromady Coma i Perseusz-Ryby nie są częścią Laniakea.

Tamarażka Anna Wójciewicz
TUIMP Creative Commons

Aby dowiedzieć się więcej o tej serii oraz tematyce przedmiotowej w tej książeczce, zapraszamy na stronę <http://www.tuimp.org>

Wszechświat w mojej Kieszce Nr 13

Książeczka ta została napisana przez Françoise Combes z Obserwatorium Paryskiego (Francja) w 2020 roku.

Opis: Symulacja numeryczna rozkładu ciemnej materii w sieciach kosmicznych. Im jaśniejszy kolor, tym większa gęstość. Galaktyki formują się wzdłuż filamentów, a gromady galaktyk na przecięciach się filamentów. Symulacja ta jest częścią projektu Millenium. Autor: Springel i inni (2005).

Barjony w filamentach

W przeciwieństwie do tego czego należałoby się spodziewać najbardziej rozpowszechniona materia (barjony) nie jest w galaktykach. Wszechświat jest złożony z 5% barjonów, 25% ciemnej materii i 70% ciemnej energii. Zatem frakcja barjonów w materii wynosi $5/(25+5) = 17\%$. Jak zostało zmierzono frakcja barjonów w galaktykach nie przekracza 3%.

Ponad 80% barjonów znajduje się zatem na zewnątrz galaktyk. Uważa się, że te barjony zostały wyrzucone przez supernowe w galaktykach o jądra* w bardziej masywnych galaktykach. Wyrzuty materii wzbogacają przestrzeń międzygalaktyczną w ciężkie pierwiastki powstające w gwiazdach, takie jak węgiel, tlen czy żelazo.

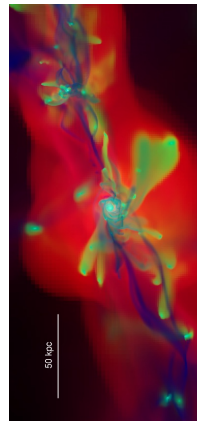
** Zobacz TUIMP 6 i 11*

Symulacja sieci kosmicznej

Pajęczyna

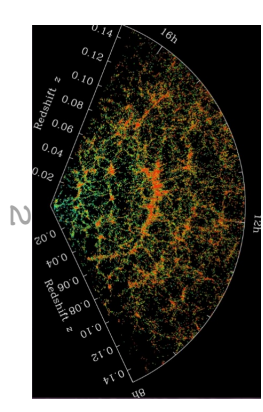
Odpowiedzi

Ułożenie galaktyk w gromadzie MACS J0416.1+2403 pokazane przez Kosmiczny Teleskop Hubble'a



Wynik symulacji numerycznych* Agertz'a i innych (2009) pokazuje opadanie zimnego gazu na galaktyki wzdłuż kosmicznych filamentów oraz wyrzuty gazu wzbogaconego w ciężkie pierwiastki wyprodukowane w gwiazdach. **Na niebiesko, zimny gaz. Na czerwono, gaz podgrzany do bardzo dużych temperatur. Na zielono, wzbogacony gaz wyrzucany przez galaktyki.**

* Symulacje numeryczne to obliczenia wykonane na komputerze, które mają na celu odwzorowanie rzeczywistych układów uwzględniając prawa fizyki. Na przykład, można symulować przepływ rzeki, powstawanie galaktyki itp. Symulacje wykonywane nawet na najszybszych komputerach mogą liczyć się z błędami.



Wychinek wszechświata odzwierciedlony przez CFA2. Każdy punkt oznacza galaktykę. Widoczna jest ogromna „ściana” galaktyk. Autor: Richard Gott

Laniakea : nasza supergromada

Nasza galaktyka znajduje się na obszarach supergromady galaktyk, odkrytej w 2014 roku i nazwanej Laniakea. Struktura ta powoli się rozpada. Ma ona średnicę 500 milionów lat świetlnych i zawiera ponad sto tysięcy galaktyk. Aby wykryć Laniakea, koniecznym było zmierzenie odległości do galaktyk z metodami, które nie wykorzystują prędkości radialnych lub prawa Hubble-Lemaître*. W rzeczy samej, prędkości radialne galaktyk oprócz składowej związanej z kosmologiczną ekspansją, posiadają zaburzenia wynikające z ich wzajemnego oddziaływania grawitacyjnego. Dzięki temu możliwe jest stwierdzenie czy galaktyka jest dynamicznie związana z innymi, a zatem czy przynależy do tej samej grupy.

** Zobacz TUIMP 12*