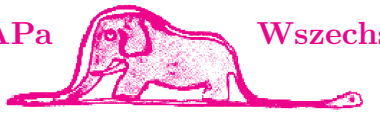
MAPa Wszechświata



Wszyscy chyba pamiętamy rysunki węża boa zamkniętego i otwartego oraz rysunek baranka, który zadowolił Małego Księcia:

– *Ça c'est la caisse. Le mouton que tu veux est dedans.*†

Rysunek w prawym dolnym rogu tej strony jest podobny do rysunku „zamkniętego węża boa". Nie wszyscy widzą, że zawiera on „większą połowę" naszej wiedzy na temat ewolucji Wszechświata. A wydaje się, że wiemy całkiem dużo i to dość zaskakujących rzeczy.

Wykres ten został przygotowany przez zespół eksperymentu Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) [1] działającego w ramach NASA. Eksperyment ten polega na mierzeniu anizotropii reliktowego promieniowania tła za pomocą instrumentu umieszczonego w cieniu Ziemi (w punkcie Lagrange'a L2).

O wynikach tego eksperymentu było dość głośno w marcu tego roku. Na pierwszych stronach wielu gazet pojawiła się zielono-niebieska mapa anizotropii. Wszyscy dowiedzieli się nie tylko, co to jest promieniowanie reliktowe, jak i kiedy je odkryto, ale przed wszystkim, że Wszechświat w ćwierci wypełniony jest nieznanej natury ciemną materią, w aż 70% jeszcze bardziej tajemniczą ciemną energią, a zaledwie kilka procent stanowi znana nam materia, nazywana przez kosmologów materią barionową.

„Wszystko to i więcej jeszcze" w zasadzie wynika z zamieszczonego wykresu, a dokładniej z dopasowania tej kolorowej krzywej do punktów doświadczalnych, gdyż jej przebieg zależy od parametrów ewolucji Wszechświata.

Spróbujmy tego „zamkniętego węża" trochę otworzyć. Można powiedzieć, że punkty doświadczalne odpowiadają zmierzonym wartościom stopnia korelacji temperatury promieniowania reliktowego dla danej odległości kątowej. Im więcej dla danego „rozstawu cyrkla" znajdziemy par kierunków wykazujących odchylenie temperatury w tę samą stronę, tym wyżej „wzniesie się" dany punkt doświadczalny. Rozkład płaski odpowiadałby niezależności korelacji od skali. Jest on taki dla „rozstawów" większych od około 10° (czyli na lewo od głównego maksimum), co dokładnie zmierzył eksperyment COBE ponad 10 lat temu. Od tamtego czasu rozpoczęto poszukiwania pokazanej na wykresie, a wcześniej przewidywanej, struktury maksimów dla mniejszych skal kątowych.

Wygląd tej struktury zależy właśnie od parametrów kosmologicznych. Bardzo wiele eksperymentów stacjonarnych i balonowych przeprowadzono w ostatnich latach. Trzeba wspomnieć przynajmniej eksperymenty ACBAR i CBI, które są w stanie mierzyć skale kątowe mniejsze niż WMAP. Część wyników tych zespołów jest pokazana na wykresie (całość wychodzi poza skalę rysunku z prawej strony). Wszystkich przebił jednak WMAP dzięki bardzo dobrej dokładności pomiaru pierwszych dwóch maksimów.

Dlaczego jednak ma to tak wielkie znaczenie?

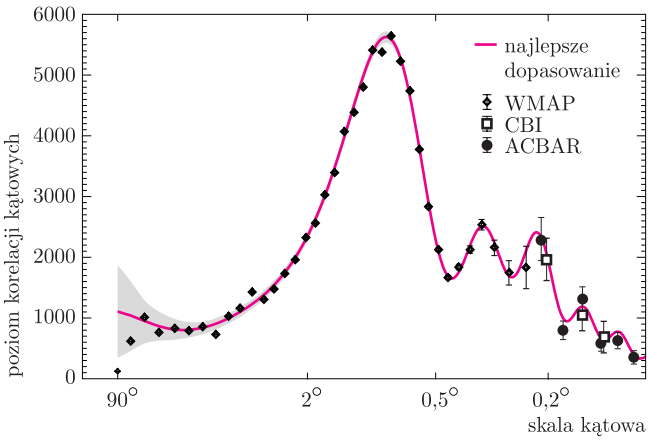
Prezentowany wykres jest obrazem tłumionej fali akustycznej uchwyconej w momencie rekombinacji plazmy w neutralne atomy. Zdarzyło się to niecałe 400 k lat po Wielkim Wybuchu i spowodowało przezroczystość Wszechświata dla fotonów, które teraz, ostygnięte do około 2,7 K, obserwujemy. Nie jest możliwe niezależne przypisanie określonej zmiany kształtu funkcji na prezentowanym wykresie konkretnemu parametrowi kosmologicznemu. Mocno upraszczając, można jednak powiedzieć, że położenie pierwszego maksimum pozwala na powiązanie wieku Wszechświata, tempa jego ekspansji i krzywizny (od krzywizny zależy suma kątów w trójkątach) z gęstością materii, od której zależy również wysokość maksimum, a sposób tłumienia kolejnych oscylacji jest związany ze składem materii [1].

Otrzymywane wyniki sugerują, że krzywizna jest zerowa, ale materii jest za mało, żeby to osiągnąć – potrzebne jest ujemne ciśnienie samej przestrzeni, czyli ciemna energia. Wyniki te są zgodne z pomiarami stałej Hubble'a za pomocą teleskopu HST, obserwacją przyspieszającej ekspansji Wszechświata za pomocą supernowych typu Ia i analizą przestrzennego rozkładu galaktyk. Dodanie którejkolwiek z tych trzech informacji pozwala na stwierdzenie, że gęstość energii we Wszechświecie jest z dokładnością do 3 % równa gęstości krytycznej, a to pociąga za sobą stwierdzenie, że ciemna energia stanowi 73 ± 4 % energetycznego bilansu Wszechświata. Zwykłej materii jest tylko $4{,}4 \pm 0{,}4$ %, a resztę powinna stanowić zimna ciemna materia, czyli materia w postaci nieodkrytych jeszcze masywnych cząstek.

Będzie można to samemu sprawdzić, gdyż wszystkie dane WMAPa mają być publicznie dostępne [2]. Każdy (z odpowiednią wiedzą – to nie takie proste) będzie mógł w ofiarowanej skrzynce poszukać ukrywającego się w niej baranka.

Piotr ZALEWSKI

† „To jest skrzynka. Baranek, którego chcesz, jest w środku." Antoine de Saint Exupéry, *Le petit prince*.

[1] http://map.gsfc.nasa.gov

[2] http://lambda.gsfc.nasa.gov