

Wszechświat się rozszerza, a tempo jego ekspansji od kilku miliardów lat wzrasta. W kosmicznym bilansie materii-energii dominują obecnie dwa tajemnicze składniki: ciemna materia i ciemna energia. Ta pierwsza odpowiedzialna jest za powstanie struktury wielkoskalowej Wszechświata: sieci kosmicznej galaktyk, ich gromad i supergromad, przedzielonych ogromnymi pustkami. Ta druga zaś jest czynnikiem powodującym przyspieszanie ekspansji – bez niej Wszechświat rozszerzałby się coraz wolniej w wyniku spajającej siły grawitacji.

Te kilka zdań podsumowuje naszą wiedzę o kosmosie w największych skalach, zdobywaną od wielu dekad poprzez różnorodne jego obserwacje. Obserwacje te doprowadziły do opracowania standardowego modelu kosmologicznego, zamykającego w kilku parametrach przeszłe i przyszłe losy Wszechświata. Model ten oparty jest na znanych nam prawach fizyki, a w szczególności najlepszej znanej nam teorii grawitacji – ogólnej teorii względności. Matematycznie elegancki i zgodny z większością różnorodnych pomiarów astronomicznych, nie odpowiada jednak na pytanie: czym są ciemne składniki Wszechświata, a w szczególności ciemna energia, odpowiedzialna za coraz szybszą jego ekspansję.

Celem niniejszego projektu jest zbliżyć się do rozstrzygnięcia tej ostatniej kwestii, korzystając z dwóch niezależnych, lecz ściśle ze sobą powiązanych, rodzajów obserwacji astronomicznych. Pierwszym jest rozkład galaktyk w największych skalach, o którym dowiadujemy się z ogromnych przeglądów nieba. Drugim jest pozostałość po bardzo wczesnym, gorącym etapie rozwoju naszego Wszechświata: mikrofalowe promieniowanie tła, wyemitowane gdy gwiazd i galaktyk jeszcze nie było, a kosmos wypełniony był mieszaniną gorącego gazu i cząstek światła – fotonów. Badanie własności statystycznych tych dwóch próbników pozwala nam precyzyjnie mierzyć większość parametrów kosmologicznych, a w szczególności, ile jest ciemnej materii i energii, mających kluczowy wpływ na ewolucję Wszechświata.

Własności struktury wielkoskalowej i promieniowania, o których dowiadujemy się korzystając z bardzo odmiennych technik obserwacyjnych, są ze sobą nierozzerwalnie związane. Fotony promieniowania tła, podróżujące przez kosmos od momentu ich emisji prawie 14 miliardów lat temu, oddziałują na wiele sposobów z materią tworzącą strukturę wielkoskalową. Jedną z tych interakcji jest zmiana energii fotonów, gdy przelatują w pobliżu dużych mas, takich jak supergromady galaktyk, a także ich „przeciwieństw” – kosmicznych pustek. Te same struktury powodują również minimalne ugięcia torów fotonów, w wyniku relatywistycznego efektu soczewkowania grawitacyjnego. Skala tych efektów jest zależna od globalnej ilości ciemnej materii i tempa ekspansji Wszechświata, a więc i własności ciemnej energii. W szczególności, efekt zmiany energii netto fotonów promieniowania tła na ich drodze od momentu emisji do nas – zwany efektem Sachs-Wolfe’a – nie zachodziłby, gdyby ciemnej energii nie było.

W niniejszym projekcie oba te efekty – Sachs-Wolfe’a i soczewkowania promieniowania tła – zostaną wykorzystane do badania własności ciemnej energii w funkcji czasu kosmicznego. Podstawową metodą jest tu bezpośrednie porównanie własności statystycznych rozkładu promieniowania tła z rozkładem galaktyk, i „ślada” tego drugiego w tym pierwszym, powstałego w wyniku wyżej wymienionych interakcji. Użyte przez nas dane pochodzą z precyzyjnych pomiarów satelity Planck, który dostarczył mapy promieniowania tła z całego nieba, oraz największych dostępnych katalogów galaktyk, liczących obecnie setki milionów obiektów. Prawidłowość pomiarów będzie zagwarantowana dzięki uważnemu przygotowaniu map i katalogów, a uzyskane wyniki porównamy z wieloma modelami teoretycznymi, które przewidują różne własności ciemnej energii, a czasem nawet postulują odstępstwa od teorii względności w największych skalach.