



O modelu Λ CDM pisał Szymon Charzyński w Δ_{23}^2

Nazwa Λ CDM pochodzi od składników Wszechświata. Λ to oznaczenie stałej kosmologicznej (ciemnej energii), a CDM to skrót od „Cold Dark Matter” – Zimna Ciemna Materia.

O rozbieżnościach pomiędzy różnymi metodami wyznaczania stałej Hubble’a pisał Krzysztof Turzyński w Δ_{19}^{11} .

Warto zaznaczyć, że mimo prostoty założenia Timescapes prowadzą do znacznie trudniejszych obliczeń niż w przypadku Λ CDM.

W klasycznej kosmologii fotony też są przesunięte do czerwieni w wyniku rozszerzania się przestrzeni – dlatego na przykład spada temperatura Mikrofalowego Promieniowania Tła. Timescapes zakłada dodatkowe przesunięcie, wynikające z opisanej dystrybucji materii.

„Tylko trochę dokładniejsze” oznacza w tym wypadku ok. 2σ , gdzie σ to miara tego, z jak dużym błędem statystycznym mamy do czynienia. Standardem w fizyce jest ogłaszanie odkryć naukowych przy wartości 5σ . Timescapes osiąga je tylko dla bardzo bliskich supernowych.

Timescapes – struktura Wszechświata a ciemna energia

Czy kosmologia stoi właśnie w obliczu przełomu? Czy ciemna energia jest tylko iluzją? Czy jeden z filarów współczesnej fizyki chwieje się w posadach? Tego typu pytania mogli zadawać sobie miłośnicy naukowych sensacji na przełomie ubiegłego roku, czytając nagłówki w mediach popularnonaukowych. Czy naprawdę jest się czym ekscytować? I o co właściwie chodzi? Poniżej krótko wyjaśniamy, co tak naprawdę się wydarzyło.

Na początek warto przypomnieć, że obecnie obowiązującym modelem kosmologicznym jest **model Λ CDM**. Wychodzi on od faktu, że dynamikę rozszerzania się Wszechświata wyznaczają jego składniki, w tym przede wszystkim: widzialna materia ($\sim 5\%$), ciemna materia ($\sim 27\%$) i ciemna energia ($\sim 68\%$). Następnie zakłada ich ogólne własności i (co ważne) stałą gęstość w przestrzeni. Innymi słowy, rozważa się tylko uśrednioną gęstość poszczególnych składników i pomija wszelkie fluktuacje gęstości materii, takie jak supergromady galaktyk czy puste przestrzenie pomiędzy nimi. To pozwala dość prosto opisać tempo rozszerzania się Wszechświata.

Choć teoria Λ CDM jest obecnie dość mocno ugruntowana w środowisku kosmologów i astrofizyków, to cały czas podejmowane są próby znalezienia alternatywy – szczególnie takiej, która nie potrzebowałaby istnienia ciemnej materii lub ciemnej energii. Istnienie tych ostatnich postuluje się właśnie po to, żeby pogodzić modele z obserwacjami, ale ciemna materia i ciemna energia jak dotąd umykają naszym próbom ich bezpośredniej detekcji. Innym powodem szukania alternatywnych modeli są pewne problemy z przewidywaniami samego Λ CDM, z których najbardziej istotna jest rozbieżność w pomiarach stałej Hubble’a. Stała ta mierzona za pomocą świec standardowych daje inny wynik, niż gdy wyznacza się ją przez analizę Mikrofalowego Promieniowania Tła.

Wymienione problemy, nad którymi pracowano przez lata, pozwoliły stworzyć peleton potencjalnych kandydatów na nową podstawową teorię kosmologii. Na czoło tego peletonu wysunęła się hipoteza **Timescapes**. Jej założeniem jest – przeciwnie do Λ CDM – uwzględnienie lokalnych niejednorodności materii. Dzieli ona Wszechświat na dwa obszary: *pustki* i rozdziela je *ściany* materii, odwzorowując w ten sposób obserwowaną strukturę Wszechświata. Ponieważ pustki zawierają znacznie mniej materii, więc zgodnie z ogólną teorią względności czas płynie w nich szybciej niż w gęstszych regionach. To oznacza, że rozszerzają się szybciej niż obszary, w których znajdują się galaktyki.

Kluczowa w modelu Timescapes jest obserwacja, że światło z odległych galaktyk, zanim do nas dotrze, musi przebyć wiele obszarów pustki, gdzie – w związku z szybszym rozszerzaniem się przestrzeni – odczuwa wydłużenie fali. W efekcie obserwujemy je jako bardziej przesunięte ku czerwieni, i tworzy to złudzenie, jak gdyby odległe galaktyki się od nas oddalały szybciej niż w rzeczywistości. W skrócie Timescapes sugeruje, że to struktura Wszechświata, a nie ciemna energia, powoduje pozorne przyspieszanie ekspansji.

Paliwem dla zwolenników tej teorii okazał się jednak najnowszy wynik z grudnia 2024 roku, w którym dokonano analizy dużego zbioru Pantheon+ zawierającego obserwacje supernowych typu 1a. Wyniki analizy wskazują, że Timescapes radzi sobie w ich przewidywaniach lepiej niż Λ CDM.

Czy to jednak rzeczywiście może oznaczać przewrót we współczesnej kosmologii? Niekoniecznie. Po pierwsze model działa zdecydowanie lepiej dla bliskich supernowych. Na większych odległościach, gdzie Λ CDM powinien działać lepiej (biorąc pod uwagę założenie o jednorodności Wszechświata), Timescapes okazuje się tylko trochę dokładniejsze.

Przede wszystkim jednak Λ CDM jest dużo bardziej ugruntowaną teorią, a potwierdzają ją nie tylko obserwacje supernowych. Potrafi ona wyjaśnić istnienie Barionowych Oscylacji Akustycznych czy opisać proces tworzenia się wielkoskalowych struktur Wszechświata. Aby osiągnąć pełen sukces, hipoteza Timescapes powinna zmierzyć się również z tymi zjawiskami, a także zaproponować własne przewidywania – na przykład tam, gdzie Λ CDM radzi sobie słabo.

Krytycy Timescapes twierdzą, że przewidywane przez teorię efekty są zbyt małe, aby mogły wytłumaczyć obserwowane zjawiska bez odwoływania się do ciemnej energii. Nie zmienia to jednak faktu, że warto obserwować postępy przedstawionych prac. Kosmologia wciąż stawia wiele pytań, na które brakuje odpowiedzi.

Wiktor MATYSZKIEWICZ