

Spis powszechny ciemnej materii

Ludzie to nie jedyna populacja, której „spis powszechny” można przeprowadzić. W miarę pojawiania się możliwości technicznych liczba katalogowanych zbiorów wzbogaca się o coraz ciekawsze pozycje. Najlepiej znanym współczesnym przykładem jest chyba sekwencjonowanie genomu ludzkiego. Jednak samo skompletowanie takiej bazy danych nie powoduje automatycznie jej użyteczności porównywalnej do włożonej pracy. Prawdziwą sztuką jawi się dopiero umiejętność wyciągania z takiego katalogu nowych informacji.

Wśród spisywanych obiektów nie mogło, oczywiście, zabraknąć ciał niebieskich. Jednym z najbardziej ambitnych programów badawczych tego typu jest Sloan Digital Sky Survey, czyli Cyfrowy Przegląd Nieba Fundacji Alfreda P. Sloana (fundacja ta została założona w 1934 roku przez filantropa, którego imię nosi, m.in. ówczesnego prezydenta General Motors). Przegląd ten jest dokonywany za pomocą 2,5 metrowego teleskopu umieszczonego w Obserwatorium Apache Point w Górach Sacramento w Nowym Meksyku. Celem przeglądu jest uzyskanie wysokiej rozdzielczości zdjęć jednej czwartej całego nieba w pięciu kolorach. Na podstawie tych zdjęć będzie możliwe określenie jasności, koloru i kształtu milionów obiektów astronomicznych, takich jak galaktyki, kwazary, gwiazdy, asteroidy oraz różne obiekty egzotyczne. Wybrane galaktyki i kwazary badane są również za pomocą spektrografu umożliwiającego pomiar ich przesunięć ku czerwieni (zobacz tylną okładkę). Zbierane dane będą sukcesywnie udostępniane wszystkim chętnym [1]. Postępowanie takie staje się standardem we współczesnej astronomii. Zespoły badawcze zdają sobie sprawę, że z jednej strony nie są w stanie w pełni wykorzystać bogactwa zbieranych danych, a z drugiej strony, poprzez wzajemne udostępnianie informacji, otwierają sobie drogę do badań łączących unikalne możliwości różnych instrumentów.

Jednym z głównych celów omawianego przeglądu jest badanie rozkładu ciemnej materii. Historycznie pierwszą przesłanką za istnieniem nieświecącej materii o nieznanym charakterze były pomiary krzywych rotacyjnych galaktyk, czyli zależności prędkości gwiazd od ich odległości od centrum galaktyk. Gdyby świecąca materia stanowiła większość masy, to prędkość ta powinna spadać wraz z odległością, podobnie jak spadają prędkości planet w Układzie Słonecznym. Zamiast tego obserwuje się, że średnia prędkość orbitowania gwiazd ustala się na poziomie około 150 km/s. Można to wyjaśnić, przyjmując, że każda galaktyka jest zanurzona w, z grubsza sferycznie symetrycznym, halo ciemnej materii.

Nie jest to jednak jedyne możliwe wytłumaczenie. Konkurencyjnym może być np. MOND. Jest to skrót od *MOdified Newtonian Dynamics*, czyli „zmodyfikowanej dynamiki Newtona” zaproponowanej przez Moti Milgroma w 1983 roku [2]. Zmiana miałaby dotyczyć postaci prawa powszechnego ciężenia dla bardzo małych natężeń pola grawitacyjnego, którą można rozumieć jako odstępstwo od zasady równoważności utożsamiającej masę bezwładną i grawitacyjną. Choć na zasadzie tej opiera się Ogólna Teoria Względności, to MOND może współistnieć z OTW,

gdyż dotyczy przeciwnego zakresu natężeń pola do weryfikowalnego doświadczalnie w ramach OTW. Współistnienie takie, choć „filozoficznie” mało atrakcyjne, do niedawna nie było doświadczalnie wykluczone. MOND jest pomyślany tak, aby wyjaśnić krzywe rotacyjne galaktyk, a więc w tym samym celu, w którym wprowadzono do kosmologii ciemną materię. Z pozostałymi danymi modele te już powinny sobie radzić bez dalszych modyfikacji. W przypadku ciemnej materii dowolność polega na wyborze modelu opisującego własności cząstek ją tworzących, natomiast MOND dopuszcza jedynie wybór postaci funkcji modyfikującej prawo grawitacji. Wybrana postać powinna dawać zgodność z wszelkimi obserwacjami.

Odrzucenie hipotezy MOND byłoby możliwe, gdyby udało się zbadać przyspieszenia grawitacyjne w pobliżu galaktyk, czyli w odległości od kilkudziesięciu do kilkuset kiloparseków od centrum galaktyk. Aby tego dokonać należy zmierzyć prędkości względne małych galaktyk satelitarnych, takich jak towarzyszące Droździe Mlecznej Obłoki Magellana. Wszystkie obecne na rynku modele ciemnej materii przewidują stopniowy spadek średniej prędkości takich towarzyszy z odległością, a MOND sugeruje ich niezmienność. Do niedawna wydawało się, że wbrew modelom ciemnej materii, prędkości te nie spadają z odległością. W ten sposób krzywe rotacyjne galaktyk, które spowodowały powstanie hipotezy ciemnej materii, zaczęły, paradoksalnie, dostarczać dowodów przeciwko tej hipotezie! Jednak ostatnio przeprowadzona analiza [3], oparta na danych Sloan DSS, dowodzi zmniejszania się omawianych prędkości z odległością i to w sposób przewidywany przez modele ciemnej materii, które w tym przypadku są wyjątkowo zgodne. Oprócz znacznego zwiększenia statystyki (przebadano 250 tysięcy galaktyk znajdujących około 3 tysiące galaktyk towarzyszących) kluczowym elementem było statystyczne wykluczenie intruzów: małych galaktyk nie związanych grawitacyjnie z dużymi, a znajdujących się blisko nich jedynie „przez przypadek”. Wykorzystano fakt, że przewidywany rozkład tych ostatnich jest równomierny w przestrzeni, podczas gdy gęstość galaktyk związanych powinna w określony sposób zmniejszać się z odległością.

Otrzymany wynik sprawia, że ciemna materia nabiera coraz realniejszego kształtu, przynajmniej jeżeli chodzi o jej przestrzenny rozkład. Teraz należałoby wreszcie dowiedzieć się, z czego się ona składa, ale to zupełnie inna historia, która, być może, znajdzie rozwiązanie już w obecnej dekadzie dzięki fizyce cząstek elementarnych.

Piotr ZALEWSKI

[1] *The First Data Release of the Sloan Digital Sky Survey*, Zespół SDSS, K. Abazajian i inni, astro-ph/0305492

[2] *A modification of the Newtonian dynamics as a possible alternative to the hidden mass hypothesis*, M. Milgrom, Ap. J. **270**(1983)365; <http://www.astro.umd.edu/ssm/mond>

[3] *Sloan Digital Sky Survey Probes Dark Matter Theory*, <http://www.sdss.org/news/releases/20030521.darkmatter.html>, 23 maja 2003; *Observing the dark matter density profile of isolated galaxies*, F. Prada i inni, astro-ph/0301360