

Planety, gwiazdy i galaktyki wysyłają promieniowanie elektromagnetyczne i tylko dzięki temu możemy je badać. Wydaje się więc, że ciało niebieskie, które nie wysyła takiego promieniowania, będzie dla astronoma nie do wykrycia. Tak jednak nie jest. Obiekt astronomiczny, który nie świeci lub świeci bardzo słabo, można mimo to wykryć. Obiekt taki będzie bowiem oddziaływał grawitacyjnie na inne ciała powodując zmianę kierunku i prędkości ich ruchu.

Około roku 1844 zauważono, że najjaśniejsza gwiazda nocnego nieba — Syriusz — porusza się na nim po elipsie (oprócz znanego już wcześniej ruchu postępowego po prostej). Fakt ten można wyjaśnić zakładając, że Syriusz wchodzi w skład układu podwójnego i bierze udział w ruchu obiegowym wokół jego środka masy. Hipoteza ta okazała się słuszna. W roku 1862 odkryto rzeczywiście niewidzialnego dotychczas towarzysza Syriusza A — Syriusza B. Jest on jednak gwiazdą świecąca bardzo słabo, mimo dość znacznej masy. Dalsze badania pozwoliły odkryć cały szereg podobnych gwiazd, które nazwano białymi karłami (białe karły reprezentują końcowe stadium ewolucji pewnych typów gwiazd).

Następnym przykładem wykrycia ciała niebieskiego na podstawie jego wpływu na ruch innych ciał jest historia ósmej planety Układu Słonecznego — Neptuna. Wskazówką do jego odkrycia było stwierdzenie niezgodności między obliczonym a obserwowanym położeniem Urana, najdalszej od Słońca, znanej wtedy (około roku 1844) planety. Niezgodność ta, wynosząca około dwóch minut kątowych, była o wiele większa od dokładności ówczesnych obliczeń teoretycznych. Aby wytłumaczyć tę niezgodność, wysunięto hipotezę o istnieniu na zewnątrz orbity Urana jeszcze jednej planety. Hipoteza ta okazała się prawdziwa — we wskazanym przez teoretyków miejscu znajdowało się dość słabo świecące ciało, obiegające Słońce — planeta Neptun.

Kolejnym etapem naszej wędrówki w poszukiwaniu ukrytej masy będą galaktyki spiralne. Ruch materii, na którą składają się głównie gwiazdy, odbywa się w nich po okręgach o wspólnym środku w centrum galaktyki. Prędkość tego ruchu jest funkcją odległości od centrum (r). Jej przykładowy przebieg dla galaktyki M31 jest pokazany na rysunku. Znajomość tego przebiegu pozwala wyznaczyć masę materii zawartej wewnątrz orbity o promieniu r :

$$M(r) = rv^2(r)/G.$$

Okazuje się, że masa materii świecącej, na którą składają się masy poszczególnych gwiazd, jest mniejsza, niżby to wynikało z powyższego wzoru. Co więcej, różnica ta powiększa się wraz ze wzrostem odległości od centrum. Wnioskujemy stąd o istnieniu w galaktykach spiralnych ciemnej, nieświecącej materii.

Podobne zjawisko obserwujemy w przypadku gromad galaktyk. Masy gromad galaktyk obliczone na podstawie analizy ich dynamiki są znacznie większe od sumy mas wszystkich widocznych galaktyk, wchodzących w skład poszczególnych gromad.

Problem „brakującej masy” w galaktykach spiralnych i gromadach galaktyk nie doczekał się do dzisiaj ostatecznego wyjaśnienia. Jedną z ostatnio wysuniętych hipotez na ten temat jest hipoteza „masywnych neutrin”. Zgodnie z nią, ciemną, nieświecąca materią, związaną z galaktykami i gromadami galaktyk byłyby chmury masywnych neutrin.

Okazuje się, że problem „brakującej masy” istnieje również w odniesieniu do Wszechświata jako całości. Jak zaraz zobaczymy, wynika on jednak nie tyle z przesłanek fizycznych, co filozoficznych. Dalsza ewolucja Wszechświata zależy bowiem od jego średniej gęstości. Jeśli gęstość ta jest większa od pewnej wartości krytycznej (wynosi ona $3H_0^2/8\pi G$, gdzie H_0 — stała Hubble'a), to po fazie ekspansji, w której się obecnie znajdujemy, nastąpi faza zapadania się, która może zakończyć się powtórным Wielkim Wybuchem. Dla średniej gęstości mniejszej od gęstości krytycznej ekspansja Wszechświata nigdy nie ulegnie zahamowaniu. Chcielibyśmy oczywiście, aby miał miejsce pierwszy, oscylujący, scenariusz ewolucji Wszechświata. Drugi z nich oznacza bowiem, że Wszechświat „zdarzył się tylko raz”. Obliczenia średniej gęstości Wszechświata polegają na podzieleniu mas wszystkich galaktyk znajdujących się w dostępnej obserwacyjnie części Wszechświata przez jej objętość. Dają one, niestety, wielkość kilkakrotnie mniejszą od gęstości krytycznej, co wskazuje na otwarty, nieskończenie ekspandujący Wszechświat. „Domknięcie” Wszechświata mogłoby zapewnić, podobnie jak dla galaktyk i gromad galaktyk, istnienie w przestrzeni międzygalaktycznej masywnych neutrin lub innej ciemnej materii.

To już koniec naszej wędrówki w poszukiwaniu „ukrytej masy”. O ile w dwóch pierwszych, opisanych tu przypadkach (odkrycie Syriusza B i Neptuna), można ją było jednoznacznie zidentyfikować, to w pozostałych jej natura nie jest jeszcze ostatecznie poznana.

