

Ciemna materia



Głównym zadaniem astronomii jest zdobywanie informacji o podstawowych obiektach astronomicznych – gwiazdach, galaktykach i gromadach galaktyk. Podstawowym źródłem informacji o tych obiektach jest światło, które emitują. Jednym z najważniejszych parametrów fizycznych charakteryzujących te obiekty jest ich masa. Masę różnych obiektów astronomicznych można mierzyć, korzystając z prawa powszechnego ciążenia Newtona. Ziemia cały czas spada na Słońce. Mierząc przyspieszenie, z jakim porusza się Ziemia oraz znając odległość między Ziemią i Słońcem można łatwo wyznaczyć masę Słońca. W podobny sposób wyznacza się masy gwiazd, które tworzą układ podwójny. Masy bardziej skomplikowanych obiektów – gromad kulistych oraz galaktyk szacuje się na podstawie „ilości światła”, które emitują. Korzysta się przy tym z następującego prostego rozumowania. Nasze Słońce jest dość typową gwiazdą. Znamy jego masę M_{\odot} i jego jasność (moc promieniowania) L_{\odot} . Jeżeli jasność jakiegoś obiektu astronomicznego złożonego z gwiazd wynosi L , to jego masa w przybliżeniu wynosi $M \approx (L/L_{\odot})M_{\odot}$. W podobny sposób szacuje się masy gromad galaktyk.

W 1933 roku Fritz Zwicky zmierzył prędkości kilkunastu galaktyk w gromadzie galaktyk znajdującej się w obszarze nieba zajmowanym przez gwiazdozbiór Panny. Okazało się, że prędkości galaktyk są bardzo duże i aby gromada mogła istnieć jako obiekt grawitacyjnie związany, jej masa powinna być kilkadziesiąt razy większa od sumy mas tworzących ją galaktyk. Tak oto pojawił się problem „brakującej masy”. Początkowo astronomowie nie traktowali tego problemu poważnie, uważając, że pomiary Zwicky’ego mogą być obciążone dużym błędem. Choć wyniki Zwicky’ego potwierdzili inni badacze i stwierdzono, że masy brakuje też w innych gromadach galaktyk, problemem tym zainteresowano się dopiero w końcu lat sześćdziesiątych, gdy zaczęto mierzyć prędkości, z jakimi gwiazdy w galaktykach spiralnych okrążają centrum galaktyki. Jasność galaktyk spiralnych jest zdominowana przez centralną część galaktyki – jej jądro, naturalnym było więc założenie, że skupiona jest tam większość masy galaktyki. Gdyby tak było, to podobnie jak planety w Układzie Słonecznym gwiazdy znajdujące się coraz dalej od centrum galaktyki powinny poruszać się coraz wolniej (trzecie prawo Keplera). Z pomiarów wynikało natomiast, że prędkości gwiazd nie maleją wraz z odległością. Korzystając z tych danych można oszacować masę galaktyki. Tak oszacowana masa galaktyki jest od kilku do kilkudziesięciu razy większa od masy oszacowanej na podstawie jej jasności. Z pomiarów prędkości gwiazd w galaktykach eliptycznych wynika, że w nich też brakuje masy.

W ciągu ostatnich kilkunastu lat pojawiły się nowe argumenty świadczące o tym, że gromady galaktyk zawierają bardzo dużo ciemnej materii. Dzięki obserwacjom satelitarnym stwierdzono, że centralne obszary gromad galaktyk zawierają bardzo gorący gaz, który świeci głównie w promieniach Roentgena. Gorący gaz jest tam utrzymywany przez odpowiednio silne siły grawitacyjne, które świadczą o dużej masie gromady. Masy kilku gromad galaktyk można było oszacować korzystając ze zjawiska soczewkowania grawitacyjnego. Wszystkie te metody prowadzą do podobnego wniosku, że dla gromad galaktyk M/L wynosi kilkaset, a dla galaktyk kilkadziesiąt. Z drugiej strony z obserwacji rozpowszechnienia lekkich pierwiastków, głównie deuteru, trytu i litu, można wyznaczyć średnią gęstość standardowej materii barionowej ρ_B . W kosmologii przyjęto mierzyć gęstość materii w jednostkach gęstości krytycznej ρ_{kryt} , tzn. średniej gęstości materii w płaskim wszechświecie, który rozszerza się w takim samym tempie jak nasz. Z obserwacji wynika, że $W_B = \rho_B/\rho_{kryt} = 0,04$, natomiast średnia gęstość materii we Wszechświecie oceniana na podstawie mierzonych wartości M/L wynosi $W_m = 0,27$. Wnioski wynikające z porównania tych dwóch liczb są szokujące. Okazuje się bowiem, że znaczna część materii wypełniającej Wszechświat nie tylko nie świeci, ale nie może być złożona ze znanych cząstek. Pomimo wielu prób nie udało się dotychczas odkryć cząstek, które tworzą ciemną materię. Odkrycie tych cząstek otworzy przed nami nowy, zupełnie inny, Wszechświat.

Marek DEMIAŃSKI



Rozwiązanie zadania M 1047.

Niekoniecznie. Wykażemy, że istnieje taki ciąg (a_n) , że

$$(1) \quad a_n < a_{n+1} < a_n + 2003 \quad \text{oraz}$$

$$(2) \quad a_m \neq a_n + n!$$

Weźmy dowolny taki ciąg (b_n) , że $b_n \in \mathbb{N}$, $2 \leq b_n \leq 2000$.

Niech $a_n = b_1 + \dots + b_n$. Dla kolejnych liczb $m = 2, 3, \dots$ sprawdzamy, czy istnieje takie n , że $a_m = a_n + n!$. Jeśli tak, to zamieniamy a_m

na $a_m + 1$. Wówczas nadal zachodzi (1) oraz nowe a_m spełnia (2), gdyż $1 + a_k + k! \neq a_l + l!$ dla $k < l$. Kontynuujemy ten proces zamiany dla kolejnych wyrazów a_{m+1}, a_{m+2}, \dots .

Zauważmy teraz, że ciąg spełniający (2) nie może zawierać podciągu arytmetycznego. Załóżmy przeciwnie, że a_{n_1}, a_{n_2}, \dots jest podciągiem arytmetycznym o różnicy $d > 1$. Niech $n_k \geq d$. Wówczas $a_{n_k} + n_k!$ jest również wyrazem tego podciągu (bo $d|n_k!$), ale z (2) wiemy, że nie jest wyrazem ciągu (a_n) .