

WŁODZISŁAW DUCH

# Brakująca materia

Są takie rzeczy we Wszechświecie... o których tylko śnić się filozofom przyrody może. Od dawna już wiemy, że oprócz materii widzialnej, obserwowalnej przez teleskopy, radioteleskopy, w podczerwieni, nadfiolecie czy przy pomocy czujników promieniowania Roentgenowskiego, jest w Kosmosie wiele materii zupełnie ciemnej, o której istnieniu wnioskować można tylko z obserwacji pośrednich. Czemu jednak miałyby to nas interesować? Odpowiedź jest prosta: od średniej gęstości materii we Wszechświecie zależy jego przyszłość.

Jeśli na każdy metr sześcienny przypada mniej niż 3 atomy wodoru Wszechświat rozszerzać się będzie aż do końca istnienia materii, a koniec ten będzie zimny. W takim „rozrzedzonym” Wszechświecie galaktyki będą coraz bardziej się od siebie oddalać i jednocześnie kurczyć w sobie, aż zamienione w czarne dziury — obszary o tak wielkiej gęstości materii, że nawet promień światła z nich nie ucieknie — ostatecznie zniszcza wszystkie gwiazdy. Wcześniej jednak, gdy Wszechświat będzie około dziesięciu tysięcy razy starszy niż obecnie, zgasną ostatnie gwiazdy i zapanuje ostateczna ciemność. Jeszcze bardziej niewesoła sytuacja oczekuje nas jeśli średnia gęstość Wszechświata wynosi więcej niż 3 atomy wodoru na jeden metr sześcienny. Rozszerzanie Wszechświata będzie wówczas coraz powolniejsze aż zamieni się w kurczenie. Być może gwiazdy nie zdążą jeszcze całkowicie ostygnąć gdy nastąpi Wielka Katastrofa: gorący koniec w którym gwiazdy, zderzając się ze sobą, utworzą materię o zmierzającej do nieskończoności gęstości i niewyobrażalnie wielkiej temperaturze.

Niestety, nasza przyszłość jest niepewna. Oceny średniej gęstości w oparciu o materię obserwowalną — gwiazdy, galaktyki i świecące chmury materii międzygwiazdnej — dają gęstość wynoszącą zaledwie 5% wartości krytycznej, czyli jeden atom wodoru na 7 metrów sześciennych. Podejrzewamy, że większość materii nie została jeszcze odkryta. Gdzie jest? W jakiej formie? Być może wypełnia cały Wszechświat w postaci promieniowania? W jednym metrze sześciennym znajduje się kilkaset milionów neutronów i fotonów. Wkład fotonów do masy wszechświata jest niewielki, ale neutrina — bardzo trudne do uchwycenia, wszechprzenikające cząstki elementarne —

siatki milionów gwiazd, do prawdziwych gigantów, złożonych z setek tysięcy milionów gwiazd. Nasza własna Galaktyka, czyli Droga Mleczna, liczy sobie około miliona milionów gwiazd! Okazuje się, że masa karłowatych galaktyk dorównywać może masie galaktyk-gigantów.

Masy galaktyk ocenia się na podstawie prędkości poruszania się ich zewnętrznych gwiazd. Im większa masa, tym większe siły grawitacyjne, a duże siły to, jak wynika z praw Newtona, duże przyspieszenia i prędkości. Z danych obserwacyjnych wyznaczyć można prędkości gwiazd, zarówno w pobliżu centrum, jak i na peryferiach galaktyki. Jak każdy uczeń szkoły średniej może łatwo sprawdzić, korzystając z praw Keplera, prędkość maleje wraz z odległością od Słońca lub centrum galaktyki. Tymczasem obserwowana prędkość wcale nie maleje. Wyjaśniono to zjawisko obecnością ciemnej materii w galaktyce, nazwanej „ciemnym halo” i odkrytej w 1973 roku przez radzieckiego astronoma J. Einasto z obserwatorium Tartu na Ukrainie. „Ciemne halo” może składać się nie tylko z materii rozproszonej, lecz również z czarnych dziur, jak twierdzą niektórzy astronomowie. Spodziewano się, że ciemna materia stanowi co najmniej połowę masy większości galaktyk. Jednak ostatnie obserwacje M. Aaronsona z Obserwatorium Steward w Arizonie wykazały, że masy karłowatych galaktyk są wielokrotnie większe, niż można wywnioskować z obserwacji optycznej. Dokładne pomiary przy użyciu nowoczesnych technik radio-astronomicznych dla pary wirujących wokół siebie galaktyk karłowatych dały tak wielkie względne prędkości wirowa-

ter, hel, lit. Ciężkie pierwiastki powstawać mogą z tych lekkich w wyniku całego łańcucha skomplikowanych przemian termojądrowych, przemian zachodzących tylko we wnętrzu gwiazd. Pierwsze pokolenie gwiazd, na początku istnienia Wszechświata, nie zawierało więc metali. Niektóre z tych gwiazd, w końcowym stadium swojej ewolucji, gdy nazywa się je gwiazdami supernowymi, wybuchały wyrzucając ciężkie pierwiastki metaliczne w obłoki pyłu międzygwiazdowego. Z tych skażonych metalicznie obłoków powstawały gwiazdy drugiego pokolenia, takie jak nasze Słońce. Nie wszystkie gwiazdy pierwszego pokolenia skończyły jako supernowe, gdzie się więc podziały skoro ich nie obserwujemy?

W niektórych karłowatych galaktykach dostrzec można zgęszczenia gwiazd, kuliste gromady o masach milion razy większych niż masa Słońca. Takie gromady, przemieszczając się wewnątrz Galaktyki, powinny powoli skupiać się w centrum tworząc jądro karłowatej galaktyki. Jednak w pobliskiej galaktyce karłowatej o nazwie Fornax widać kilka gromad gwiazdnych, ale żadna z nich nie jest w centrum. Galaktyka ta ma najwidoczniej ciemne jądro. Ta obserwacja doprowadziła dwóch amerykańskich astrofizyków do hipotezy, potwierdzonej wynikami obliczeń, że wewnątrz tej galaktyki znajduje się czarna dziura o masie ponad milion razy większej niż masa Słońca.

Czy ciemnej materii wystarczy jednak, by odwrócić rozszerzanie się Wszechświata? Dane obserwacyjne nie pozwalają jeszcze na jednoznaczna odpowiedź. Gdyby średnia gęstość materii była 10 razy większa niż krytyczna, ucieczka galaktyk zmie-

atom wodoru na 7 met-  
rów sześciennych. Podejrzewa-  
my, że większość materii nie  
została jeszcze odkryta. Gdzie  
jest? W jakiej formie? Być  
może wypełnia cały Wszech-  
świat w postaci promieniowa-  
nia? W jednym metrze sze-  
ściennym znajduje się kilkaset  
milionów neutronów i fotonów.  
Wkład fotonów do masy  
wszechświata jest niewielki,  
ale neutrona — bardzo trud-  
no uchwytny, wszechprzenika-  
jące cząstki elementarne —  
mogą zawierać wystarczająco  
dużo masy by w odległej przy-  
szłości spowodować zamykanie  
się, kurczenie Wszechświata.  
Trwają intensywne badania  
nad wyznaczeniem masy spo-  
czynkowej neutronów. Przez dłu-  
gi czas przypuszczano, że neu-  
trona podobnie jak fotony,  
mają masę zerową, najnowsze  
doświadczenia nie wykluczają  
jednak pewnej niewielkiej  
wartości tej masy.

**W ostatnich latach znalazło-  
no jeszcze jedno miejsce, gdzie  
ukryte są wielkie ilości ma-  
terii. Galaktyki bywają róż-  
nych rozmiarów: od niewiel-  
kich, zwanych karłowatymi,  
które zawierają „tylko” dzie-**

**masę większości galaktyk.  
Jednak ostatnie obserwacje  
M. Aaronsona z Obserwa-  
torium Steward w Arizonie  
wykazały, że masy karłowat-  
ych galaktyk są wielokrot-  
nie większe, niż można wy-  
wnioskować z obserwacji op-  
tycznej. Dokładne pomiary  
przy użyciu nowoczesnych  
technik radio-astronomicz-  
nych dla pary wirujących  
wokół siebie galaktyk karłowatych dały tak wielkie  
względne prędkości wirowa-  
nia, że masa tych galaktyk  
musi być prawie taka, jak ga-  
laktyki-giganta.**

*Dlaczego astronomowie po-  
dejrzewają, że część ciemnej  
materii w galaktykach utwo-  
rzyła czarne dziury? Wiąże  
się to z innymi zagadnieniami:  
wszystkie obserwowane  
obecnie gwiazdy zawierają  
pewien procent metali. Ponie-  
waż gwiazdy tworzą się z  
chmur gazu, metale musia-  
ły być zawarte w tych chmu-  
rach. Jednakże na samym po-  
czątku istnienia Wszechświa-  
ta — wkrótce po Wielkim  
Wybuchu — powstały jedy-  
nie lekkie pierwiastki: deu-*

*terium, hel, lit, beryll, bor, wę-  
glen, tlen, azot i krypton. Wynika-  
tezy, potwierdzonej — wynika-  
ni obliczeń, że wewnątrz tej  
galaktyki znajduje się czarna  
dziura o masie ponad milion  
razy większej niż masa Słoń-  
ca.*

**Czy ciemnej materii wystar-  
czy jednak, by odwrócić roz-  
szerzanie się Wszechświata?  
Dane obserwacyjne nie po-  
zwalają jeszcze na jedno-  
znaczną odpowiedź. Gdyby  
średnia gęstość materii była  
10 razy większa niż krytycz-  
na, ucieczka galaktyk zmniej-  
siłaby się w ich zbliżaniu  
już przed upływem obecnego  
wieloletniego Wszechświata. Z dru-  
giej strony gęstość ta nie jest  
mniejsza niż 0.1 gęstości kry-  
tycznej, a więc rzeczywista  
gęstość jest z grubsza równa  
krytycznej. Jest to zdumiewa-  
jący zbieg okoliczności. Dla-  
czego nie np. milion razy  
mniejsza? Daleko jest jeszcze  
do zrozumienia wszystkich  
zjawisk fizycznych. Być mo-  
że w świetle przyszłych teorii  
będzie to całkiem oczywiste,  
albowiem rzeczy, które się  
filozofom nie śniły, śnią się  
obecnie fizykom i astrono-  
mom.**