



Krótko o kosmosie

KRÓTKIE DZIEJE KOSMOSU

Jeszcze w latach 20. tego wieku spierano się, czym są mgliste mgławice, widoczne na niebie. Czy leżą w obrębie naszej Galaktyki, która jest jedynym zgrupowaniem gwiazd i materii we wszechświecie? Czy też są innymi - podobnymi naszej Galaktyce - wyspami gwiazd, rozproszonymi w kosmosie? Edmund Hubble pierwszy dowiódł, że Wielka Mgławica Andromedy znajduje się dużo dalej niż wynoszą rozmiary naszej drogi mlecznej. Rozpoczęła się nowa era w kosmologii. Granice Wszechświata nagle gwałtownie się rozszerzyły. Hubble spostrzegł też, że inne galaktyki oddalają się od nas, a szybkość ucieczki jest wprost proporcjonalna do ich odległości od ziemi. Oznacza to, że kiedyś były one bliżej siebie. wszechświat (ten, który dziś jesteśmy zdolni objąć wzrokiem) musiał być zatem w przeszłości mniejszy, gęstszy i cieplejszy (podobnie wzrasta ciśnienie i temperatura w powietrzu sprężanym do mniejszej objętości). Gdy cofniemy się do bardzo odległej przeszłości, kilkanaście miliardów lat temu, dojdziemy do momentu, w którym gęstość materii dorównywała gęstości jądra atomowego. Dużo dalej w czasie cofnąć się już nie potrafimy, gdyż takich ekstremalnych warunków nie potrafimy powtórzyć w eksperymentach laboratoryjnych. Nie ogarniają ich też znane prawa fizyki.

W połowie lat 60. pojawiło się jeszcze jedno potwierdzenie teorii wielkiego wybuchu. Odkryto reliktove promieniowanie mikrofalowe docierające do ziemi z wszystkich kierunków. Jest ono śladem wielkiego wybuchu. Niegdyś było bardzo gorące, ale do dziś bardzo się oziębiło. Za jego pomocą można byłoby podgrzać dania w kuchence mikrofalowej jedynie do temperatury około minus 270 st. Celsjusza. I wreszcie - to trzeci fundament obecnej wiedzy o wielkim wybuchu - wyniesiony pod koniec lat 80. satelita COBE wykrył, że temperatura promieniowania reliktovego jest minimalnie różna w różnych punktach na niebie. To pierwotne fluktuacje gęstości materii, z których narodziły się struktury dzisiejszego Wszechświata. Jaki będzie los wszechświata? Żeby odpowiedzieć na to pytanie, trzeba znać wartości kilku kosmologicznych parametrów. Pierwszy opisuje szybkość ucieczki galaktyk, czyli prędkość rozszerzania się Wszechświata. Jest to tzw. stała Hubble'a. Jej wartość szacuje się dziś na 65-70 km/s *Megaparsek. Mimo swej nazwy stała Hubble'a zmienia się w czasie. Wszechświat bowiem nie rozszerzał się zawsze z tą samą prędkością. Ucieczce galaktyk sprzeciwia się bowiem siła grawitacji, z którą one przyciągają się nawzajem. Siłę grawitacji opisuje drugi istotny parametr - gęstości materii.



Gdyby materii we wszechświecie było dostatecznie dużo, czyli grawitacja miała dostateczną moc, to w końcu zahamowałaby galaktyki, które jak wahadło zmieniałyby kierunek ruchu i zaczęłyby się do siebie przybliżać. Wszechświat zacząłby się kurczyć. Czekaliby nas wielki kres. Wydaje się, że nam to nie grozi. Wszystkie pomiary wskazują, że materii - tej świecącej i tej ciemnej - jest za mało. Pięć razy za mało. Oznacza to, że przestrzeń będzie rozszerzać się wiecznie, a geometria Wszechświata jest euklidesowa (czyli taka, jakiej uczymy się w szkole) albo hiperboliczna (o ujemnej krzywiznie - w takiej geometrii np. suma kątów w trójkącie jest zawsze mniejsza niż 180 stopni, jak na dwuwymiarowej powierzchni siodła). W roku 1998, na podstawie pomiarów jasności supernowych, dwie grupy astronomów stwierdziły, że Wszechświat wcale nie spowalnia swego rozszerzania. Może być nawet wręcz przeciwnie - z pomiarów wynika, że galaktyki przyspieszają swą ucieczkę. Żeby to wyjaśnić, wielu kosmologów skłania się dziś ku temu, by do równań grawitacji Einsteina wprowadzić z powrotem stałą kosmologiczną. Warto przypomnieć, że Albert Einstein umieścił tę stałą w swych równaniach, żeby wynikał z nich Wszechświat, który nie będzie zapadał się grawitacyjnie, niezmienny w czasie. Wartość stałej kosmologicznej można było zaś tak dobrać, żeby wzajemne przyciąganie gwiazd było równoważone siłą odpychającą przestrzeni. Po obserwacjach Hubble'a okazało się jednak, że Wszechświat jest w ruchu. Stała kosmologiczna nie była już potrzebna. Einstein wyrzucił ją z równań, mówiąc że była to największa pomyłka jego życia. Dziś okazuje się, że stała kosmologiczna jest prawdopodobnie potrzebna. W równaniach grawitacji oznacza dodatkową "rozpychającą" siłę, która działa we wszechświecie. Ona to może sprawiać, że rozszerza się on coraz szybciej wbrew grawitacji, która dąży do zahamowania jego ekspansji. Naukowców nurtuje tylko pytanie: jaka jest fizyczna natura stałej lambda? Cóż to za nowa siła odpychająca? Nie jest ona związana z materią lub promieniowaniem, jak znane siły grawitacyjne, magnetyczne, elektryczne czy też jądrowe. Jest własnością samej próżni. Żadna z obecnych teorii nie potrafi sobie z tym poradzić.

Chronologia astronomicznych odkryć

- VIII wiek p.n.e. - Babilończycy zauważają, że zaćmienia Słońca występują w regularnych cyklach, nazwanych potem sorosami.
- 585 r. p.n.e. - Tales z Miletu trafnie przewiduje, po raz pierwszy, zaćmienie Słońca.
- 356 r. p.n.e. - umiera Eudoksus, uczeń Platona, który opracował model Wszechświata: Ziemia w środku, a wokół - na powłokach podobnych do kolejnych warstw cebuli - krążą planety.
- 120 r. p.n.e. - umiera grecki astronom Hipparch. Obliczył długości roku słonecznego i miesiąca, zgodne do jednej sekundy z dzisiejszymi pomiarami. Prawdłowo oszacował rozmiar Ziemi i jej odległość od Księżyca.
- 100 r. n.e. - rodzi się Ptolemeusz. Jego - błędny - model Wszechświata przetrwa aż do czasów Kopernika.
- 1543 r. - Mikołaj Kopernik publikuje rozprawę "O obrotach...", przedstawiającą teorię ruchu Ziemi i innych planet wokół Słońca. Burzyła ona ptolemeuszowy obraz, w którym Ziemia tkwiła w centrum Wszechświata.
- 1572 r. - duński astronom Tycho de Brahe (1546-1601) zauważa pojawienie się nowej gwiazdy (była to supernowa). Burzy to ówczesny pogląd, że wszystko, co znajduje się poza Ziemią, jest niezmiennie. Komety uważano np. za zjawiska atmosferyczne.
- 1577 r. - Brahe wykazuje, że komety znajdują się dalej od Ziemi niż Księżyc.
- 1609 r. - Galileusz (1564 -1642) za pomocą teleskopu odkrywa góry na Księżycu, satelity Jowisza, setki nowych gwiazd.
- 1609 r. - Joachim Kepler (1571-1630) oblicza dokładne trajektorie planet (na podstawie obserwacji Tycho de Brahe) i dowodzi, że planety poruszają się po elipsach, a Słońce znajduje się w jednym z ognisk elipsy.
- 1687 r. - Izaak Newton (1642-1727), publikuje "Principia...", w których wyklada swoje prawo grawitacji. Są one do dziś podstawą gwiazdnej mechaniki nieba.
- 1705 r. - Edmund Halley przewiduje, po raz pierwszy w historii, powrót komety w pobliże Ziemi. Później ochrzczono ją kometa Halleya. Ostatnio pojawiła się w 1986.
- 1799 r. - francuski matematyk Pierre Simone de Laplace publikuje traktat "Mechanika nieba", w którym przedstawia teorię ruchów ciał w Układzie Słonecznym opartą jedynie na prawie powszechnego ciążenia.
- 1905 r. - ukazuje się praca o szczególnej teorii względności Alberta Einsteina (1879 -1955) . Zgodnie z teorią nic nie może poruszać się szybciej od światła.
- 1916 r. - opublikowana zostaje teoria grawitacji Einsteina, bardziej uniwersalna niż teoria Newtona (stosuje się też w silnych i szybko zmiennych polach grawitacyjnych). Przewiduje ona m.in. ugięcie się promieni świetlnych w pobliżu bardzo masywnego ciała, np. Słońca i gwiazd, co zostaje potwierdzone trzy lata później w czasie obserwacji całkowitego zaćmienia Słońca w Afryce przez Artura Eddingtona (1882-1944).
- 1922 r. - Aleksander Friedman, rosyjski matematyk, rozwiązuje równania Einsteina i otrzymuje jedno z pierwszych scenariuszy ewolucji Wszechświata. Według Friedmana

Wszechświat może być otwarty (wiecznie rozszerzający się), zamknięty (po fazie ekspansji nastąpi jego kurczenie się) lub płaski (ekspansja będzie nieskończenie długo zwalniać, aż zatrzyma się).

- 1929 r. - Edwin Hubble (1889-1953) udowadnia, że im dalej galaktyka się znajduje, tym szybciej się oddala.
- 1933 r. - Hans Bethe i Carl von Weizsaecker podają prawidłową teorię wytwarzania energii we wnętrzu gwiazd (proces łączenia jąder atomów wodoru w hel, czyli tzw. synteza termojądrowa).
- 1933 r. - Georges Lemaitre wysuwa hipotezę "Rozpadu pierwotnego atomu", tj. po raz pierwszy pojawia się koncepcja Wielkiego Wybuchu.
- 1939 r. - amerykańscy fizycy Robert Oppenheimer i Hartland Snyder po raz pierwszy opisują możliwość powstania czarnej dziury.
- 1948 r. - George Hale konstruuje teleskop o średnicy 5 m na szczycie kalifornijskiej góry Mount Palomar. Aż do lat 70. było to największy teleskop na świecie.
- 1963 r. - odkrycie pierwszego kwazara.
- 1965 r. - Amerykanie Anzio Penzias i Robert Wilson przypadkowo odkrywają promieniowanie tła. * 1967 r. - odkrycie gwiazd neutronowych, pulsarów.
- 1973 r. - Stephen Hawking wykazuje, że rozwiązania równań Einsteina ewolucji Wszechświata nieuchronnie prowadzą do pojawienia się osobliwości - punktów, w których załamują się znane prawa fizyki, gęstość i temperatura materii stają się nieskończone.
- 1989 r. - na orbitę zostaje wyniesiony satelita COBE, który precyzyjnie mierzy temperaturę promieniowania tła. Naukowcy odkrywają ślady zarodków obecnych struktur Wszechświata z okresu 300 tys. lat po Wielkim Wybuchu.
- 1990 r. - na orbitę zostaje wyniesiony kosmiczny teleskop Hubble'a o średnicy 2,4 m.
- 1992 r. - Polak Aleksander Wolszczan donosi o odkryciu pierwszych planet poza Układem Słonecznym.
- 1998 r. - z obserwacji supernowych wynika, że przestrzeń rozszerza się coraz szybciej.

KRĘTE KOLEJE ŻYCIA I ŚMIERCI GWIAZDY

Gwiazdy rodzą się z obłoków materii międzygwiazdnej zapadających się pod wpływem grawitacji. Dalszy los gwiazdy zależy od jej masy. Jeśli jest ponad dziesięć razy większa od Słońca, to czeka ją krótki żywot i dramatyczna śmierć. W środku dużej masy panuje wysoka temperatura i szybko spala się jądrowe paliwo. Starcza ledwie 10 mln lat, by wodór przemienił się w hel, a potem kilkaset tysięcy lat, by hel przemienił się w węgiel, a ten w cięższe pierwiastki, aż po żelazo. W tym czasie gwiazda rośnie i staje się czerwonym nadolbrzymem. Żelazo już się nie może dalej spalać. Gwiazda wybucha - rozbłyśka jako supernowa. Pozostaje po niej pulsar lub czarna dziura. Gwiazda pięć razy masywniejsza od Słońca

przechodzi te same etapy, tyle że zanim wybuchnie mija nawet 600 mln lat. Inaczej gwiazda podobna do Słońca. Ta spokojnie przekształca wodór w hel nawet i 10 mld lat. Wodór spala się w coraz bardziej zewnętrznych warstwach, co sprawia, że gwiazda puchnie i staje się czerwonym olbrzymem. Kiedy wodór w centrum przekształci się w hel, to gwiazda kurczy się. Jądro ulega ściśnięciu, temperatura wzrasta tak, że zapala się hel. Znowu gwiazda puchie. Hel spala się nerwowo, gwiazda wyrzuca materię w kosmos. Wokół tworzy się mgławica planetarna. A w gwieździe odartej z materii gasną termojądrowe reakcje i staje się ona białym karłem.

Zagadki Wszechświata



Czym jest Ziemna materia"? Siła grawitacji widocznych gwiazd nie wystarcza, by wytłumaczyć dynamikę ruchu gwiazd w galaktykach oraz galaktyk w gromadach galaktyk. Astronomowie doszli do wniosku, że świecące gwiazdy to nie cała materia, która wypełnia galaktyki. Czym jest tajemnicza "Ziemna materia"? Czy składają się na nią wygasłe już gwiazdy, ciemne obłoki wodoru, słabo widoczne brązowe karły, czarne dziury, neutrina (ostatnio wykazano, że mają masę), czy też jakaś nowa, egzotyczna forma materii, jeszcze nie znana na Ziemi?



Jak stary jest Wszechświat? Czyli jak dawno temu nastąpił Wielki Wybuch? Trzeba znać stałą Hubble'a, czyli obecne tempo rozszerzania się przestrzeni kosmicznej, a także gęstość materii we Wszechświecie, która decyduje o sile grawitacji, wyhamowującej ekspansję. Ostatnio wyniki pomiarów tych wielkości - różnymi metodami - zbliżyły się do siebie i z niewielkim błędem możemy określić, że od Wielkiego Wybuchu dzieli nas ok. 14 mld lat.



Czy Wszechświat będzie się rozszerzał wiecznie? W 1998 r. pojawiło się sensacyjne doniesienie: Wszechświat rozszerza się coraz szybciej. Czy sprawia to stała kosmologiczna? Jeśli tak, to czym ona jest?



Co jest źródłem błysków promieniowania gamma, o bardzo dużej energii, które dwa - trzy razy dziennie rejestrują satelity? W ostatnich miesiącach dowiedziono, że muszą to być echa najpotężniejszych katastrof kosmicznych, zdarzających się w odległych galaktykach, czasem oddalonych o miliardy lat świetlnych od Ziemi. Gdyby coś takiego wydarzyło się w pobliżu naszej planety, to niechybnie promieniowanie gamma wysterylizowałoby Ziemię - zmiotłoby życie z powierzchni naszej planety.



Czy Układ Słoneczny jest typowym układem planetarnym? Czy istnieją Drugie ziemie" w naszej Galaktyce? I ile ich jest? Do końca 1999 roku znaliśmy już 30 układów

planetarnych. Obecność tych planet zdradzały zaburzenia w ruchu gwiazdy. Ale pod koniec 1999 r. po raz pierwszy też bezpośrednio dostrzegliśmy planety. Jedna z nich przesłoniła światło gwiazdy, a blask innej dostrzeżono w teleskopie.

? **Czym są kwazary?** Co kryje się za ogromną energią, którą promieniują? Najwięcej kwazarów odkryto na krańcach widocznego Wszechświata, wiele miliardów lat świetlnych od Ziemi. Oznacza to, że było ich więcej w młodym Wszechświecie niż dziś. Dlaczego?

? **Dlaczego czas płynie w jednym kierunku?** Niemal wszystkie prawa fizyki (elektromagnetyzm, grawitacja, silne oddziaływania jądrowe) nie wyróżniają kierunku upływu czasu. Tylko pewne rozpady kaonów zachodzą w jednym kierunku czasowym. Dlaczego więc istnieje tzw. strzałka czasu, tj. płynie on tylko w jedną stronę?

? **Dlaczego tak mało antymaterii?** Teorie przewidują, że tuż po Wielkim Wybuchu istniała symetria między ilością materii i antymaterii. Dlaczego więc dziś świat zbudowany jest tylko z materii?

autor: Piotr Cieśliński

kosultant: Krzysztof Ziolkowski

Źródło: [Piotr Cieśliński](#)