

Isaac Asimov

# Jak poznawaliśmy Wszechświat

*Tytuł oryginału: How Did We Find Out About the Universe*

*Przełożył Dariusz Grech*

Isaac Asimov

# Jak poznawaliśmy Wszechświat

*Tytuł oryginału: How Did We Find Out About the Universe*  
*Przełożył Dariusz Grech*

Ogromny i tajemniczy wszechświat zawiera całą znaną nam materię, energię i promieniowanie. Isaac Asimov, w zwykłym dla siebie, klarownym stylu wyjaśnia, jak nasze poglądy na budowę i rozmiary wszechświata zmieniały się w miarę nowych odkryć. Potrzeba było obserwacji wielu astronomów, by w końcu stwierdzić, że wszechświat jest przeogromny, że nasza galaktyka — Droga Mleczna, jest tylko jedną z około 100 miliardów galaktyk we wszechświecie, z których każda zawiera miliardy gwiazd, i że wszystkie galaktyki z wyjątkiem paru w naszej tzw. grupie lokalnej oddalają się od nas.

Skoro tak, to czy wszechświat był kiedyś czymś na kształt „kosmicznego jaja”, którego eksplozja rozrzuciła wszystko w przestrzeń kosmiczną na niewiarygodne wprost odległości?

Dedykowana

Millicent Selsam — tej, która wciąż nieustrudzenie wymyśla tytuły.

# 1

## Gwiazdy

Spoglądając w niebo dostrzegamy, że wszechświat, oprócz Ziemi, pozostałych planet naszego Układu Słonecznego, Księżyca i Słońca, tworzy mnóstwo gwiazd.

Ale czy to wszystko? Czy może być więcej obiektów we wszechświecie poza tymi, które widzimy? Czy poza naszą Ziemią i Słońcem istnieją jeszcze inne, podobne, planety i gwiazdy? Może są tak słabo widoczne, że nie zdajemy sobie nawet sprawy z ich istnienia?

W 1608 roku wynaleziono w Holandii pierwszą lunetę. Ludzie byli w stanie zobaczyć przez nią przedmioty tak odległe i tak słabo widoczne, że gołym okiem zupełnie niezauważalne.

W rok później włoski uczyony nazwiskiem Galileusz (1564–1642) zbudował samodzielnie małą lunetę, aby obejrzeć przez nią niebo. Od razu odkrył, że bez względu na to, w którą stronę nieba ją skieruje, ilość widocznych gwiazd jest znacznie większa, niż przy obserwacji gołym okiem.

Na przykład w roku 1610 obserwował Drogę Mleczną. Bez użycia lunety Droga Mleczna wygląda jak niewyraźna mglista wstęga światła rozciągająca się w poprzek nieba. Używając skonstruowanego przez siebie przyrządu, Galileusz mógł jednak zobaczyć, że owe mgliste światło jest wytwarzane przez ogromne ilości ledwo widocznych gwiazd.

Obserwując w tym samym roku Jowisza, Galileusz odkrył cztery mniejsze ciała krążące wokół tej planety. Były one satelitami Jowisza, tak jak Księżyc jest satelitą naszej Ziemi. To znaczyło, że nawet w naszym Układzie Słonecznym są obiekty niewidoczne gołym okiem.

Po Galileuszu stało się jasne znacznie więcej: że wszechświat składa się nie tylko z Układu Słonecznego, ale również z milionów, milionów gwiazd.

Nie znaczyło to jeszcze jednak, że wszechświat musi być bardzo rozległy. Mogłoby się bowiem tak zdarzyć, że wszystkie gwiazdy leżą tuż poza Układem Słonecznym — na jego krańcach.

Jak duży jest zatem nasz Układ Słoneczny?

Pierwszym, który spróbował odpowiedzieć na to pytanie, był francuski astronom Giovanni D. Cassini (1625–1712). Określił on, jak daleko od nas znajduje się Mars. Znając tę odległość, można już było obliczyć odległości między pozostałymi planetami naszego układu oraz Słońcem. Obliczenia Cassiniego były na tyle dokładne, że astronomowie poprawili je później tylko nieznacznie. Dziś wiemy, że Słońce dzieli od Ziemi dystans około 150 000 000 kilometrów. Jest to znacznie więcej, niż sądzono przed Cassinim.

Niektóre planety znajdują się nawet dalej od Słońca niż Ziemia. Saturn, który był najbardziej oddaloną planetą znaną w czasach Cassiniego, dzieli od Słońca ponad 1 200 000 000 (miliard dwieście milionów) kilometrów.

Od czasów Cassiniego odkryto planety jeszcze bardziej odległe. Najdalsza nam znana, Pluton,

krąży wokół Słońca po elipsie o długości ponad 11 000 000 000 (jedenaście miliardów) kilometrów.

Czy tak właśnie duży jest wszechświat? Jedenaście miliardów kilometrów od końca do końca, ze wszystkimi gwiazdami rozszanymi na ogromnej sferze tuż za Plutonem?

Niektórzy astronomowie nie podzielali takiego poglądu. Twierdzili, że gwiazdy znajdują się w różnej odległości a te, co świecą słabiej, leżą po prostu znacznie dalej od nas aniżeli świecące mocno. Podejrzewali oni, że gwiazdy mogą być w rzeczywistości jasno świecącymi słońcami, podobnymi do naszego, a nie widzimy ich tak jasnymi tylko dlatego, że są od nas bardzo, bardzo daleko. W takim przypadku, nawet najbliższe gwiazdy musiałyby być znacznie dalej od nas niż Pluton. Z jakiego bowiem innego powodu widzimy je niewyraźnie, skoro mają być tak jasne?

Czy jest jakiś sposób, by przekonać się o słuszności tych domniemań, czy też na zawsze pozostaną one przypuszczeniami astronomów? By odpowiedzieć na to pytanie, musimy cofnąć się aż do czasów przed naszą erą. Już w roku 130 p.n.e. greccy astronomowie wynaleźli metodę pomiaru odległości na niebie wykorzystującą tzw. zjawisko paralaksy. By ją poznać, musicie popatrzeć na jakiś przedmiot z dwu różnych miejsc i zanotować pozorną zmianę położenia tego przedmiotu na obserwowanym tle.

Zobaczcie, jak to wygląda na przykładzie. Podnieście palec ręki na wysokość twarzy, zamknijcie lewe oko i popatrzcie na palec przez prawe. Zaobserwujecie, że znalazł się on w określonym miejscu dalszego planu — tła. Nie zmieniając położenia głowy i palca, zamknijcie teraz prawe oko, i popatrzcie na niego lewym. Zobaczycie, że palec przesunął się względem tła,

Wielkość tego przesunięcia zależy od odległości palca od waszych oczu. (Przekonajcie się o tym sami). Im dalej jest on od twarzy, tym mniejsze jest przesunięcie, czyli paralaksa. Gdyby jakiś przedmiot znajdował się bardzo daleko od Was, nie byłibyście w stanie zobaczyć żadnego przesunięcia.

Dlatego, aby zaobserwować zjawisko paralaksy dla przedmiotu bardzo od was odległego, musicie popatrzeć nań z dwu, oddalonych od siebie miejsc.

Dla obiektów tak dalekich, jak planeta czy gwiazda, nawet odległość kilometra między punktami obserwacji może nie być wystarczająca. Ale jeśli będzie to odległość kilkuset kilometrów? Możecie się wtedy spodziewać niewielkiego przesunięcia pozycji obserwowanej gwiazdy na tle innych gwiazd. Z jego wielkości i odległości między miejscami obserwacji, można obliczyć, jak daleko znajduje się taka gwiazda czy planeta.

Problem, jaki astronomowie mieli przez długi czas z wykorzystaniem tej metody, polegał na tym, że nawet najbliższe nam gwiazdy są tak odległe, iż ich paralaksa, będąc bardzo małą, jest trudna do zmierzenia.

Dopiero w roku 1838 niemiecki astronom, Fryderyk W. Bessel (1784–1846), wykrył i zmierzył niewielką paralaksę najbliższej nam gwiazdy. Na tej podstawie obliczył jej odległość od Ziemi. Pozostali astronomowie szybko uzyskali podobne wyniki dla innych bliskich gwiazd. Okazało się, że nawet najbliższe gwiazdy nie są od nas oddalone miliardy kilometrów, jak Pluton, ale tysiące miliardów kilometrów.

Najbliższa znana nam gwiazda — Proxima Centauri — leży aż ponad 40 000 000 000 000 (czterdzieści tysięcy miliardów) kilometrów od Ziemi. A jest to zaledwie najbliższa gwiazda. Są inne, jeszcze bardziej oddalone!

Ogrom występujących tu zer może nas wprawić w uzasadnione zakłopotanie. Nie jest wygodne mówić o odległościach astronomicznych mierzonych w tysiącach miliardów kilometrów. Dlatego astronomowie opracowali lepszy sposób. Opiera się on na własnościach światła.

Światło rozchodzi się szybciej, niż jakikolwiek inny sygnał. Gdy włączycie flesz aparatu fotograficznego, powstały snop światła przemieszcza się z prędkością 300 000 kilometrów na

sekundę. Przebycie odległości z Ziemi na Księżyc zajęłoby mu tylko 1,3 sekundy. Tylko 8 minut trwałaby jego podróż ze Słońca na Ziemię, czyli przebycie odległości 150 000 000 kilometrów dzielącej te dwa ciała niebieskie.

Jak długą drogę przebyłoby światło w ciągu roku?

W jednym roku jest 31 557 000 sekund. Jeśli przemnożymy tę liczbę przez 300 000, czyli ilość kilometrów przebywanych przez światło w każdej z tych sekund, to otrzymamy 9 500 000 000 000 (dziewięć i pół tysiąca miliardów) kilometrów. Jest to właśnie odległość, jaką światło przebyłoby w jednym roku. Odległość ta została nazwana „rokiem świetlnym”.

Proxima Centauri, najbliższa nam po Słońcu gwiazda, oddalona jest od nas o 4,4 lata świetlne. Światło potrzebuje więc 4,4 lat, aby przebyć odległość z Proximy na naszą Ziemię. Zatem, gdy patrzemy na Proximę Centauri, widzimy ją taką, jaką była ponad cztery lata temu!

Dostrzeżenie tej gwiazdy z półkuli północnej jest jednak trudne. Jest ona położona na niebie zbyt daleko na południu, tak że jedynie nieliczni mieszkańcy południowej Florydy w USA mogą ją zaobserwować\*.

Natomiast gwiazdą, którą bez trudu zobaczymy w północnej części nieba, jest Syriusz. Jest to najjaśniejsza gwiazda na niebie. Mimo że oddalona o 8,63 lata świetlne, należy do najbliższych nam. Mniej jasnego Arcturusa dzieli już od nas dystans 40 lat świetlnych.

Astronomowie zdołali też wyliczyć odległości znacznie bardziej oddalonych gwiazd.

I tak, jasna gwiazda w konstelacji Oriona zwana Rigel znajduje się 540 lat świetlnych od naszej planety, czyli ponad 120 razy dalej, niż Proxima Centauri. A są oczywiście gwiazdy jeszcze odleglejsze, z paralaksami tak znikomymi, że aż niemożliwymi do zmierzenia.

W ten sposób do roku 1850 stało się oczywiste, że wszechświat jest olbrzymi.

## 2

# Galaktyka

Jak olbrzymi może być wszechświat? Czy gwiazdy są rozrzucone bez końca, coraz dalej i dalej od nas? Gdyby tak było, nazwalibyśmy wszechświat nieskończonym.

Niektórzy astronomowie przypuszczali, że rzeczy mogą się mieć zgoła inaczej. Powodem tych przypuszczeń były obserwacje Drogi Mlecznej, która — jak odkrył Galileusz — jest w istocie wstęgą nikłego światła pochodzącego od wielu bardzo niewyraźnych gwiazd.

W kierunku Drogi Mlecznej widzimy tak dużo odległych gwiazd, że zlepiają się one razem, tworząc obraz jakby mgiełki na niebie. Patrząc w innych kierunkach już takiej nikłej mgły nie obserwujemy. Dla dawnych astronomów znaczyło to, że w tych właśnie kierunkach na niebie nie może znajdować się wiele gwiazd. Wyciągano stąd wniosek, że dostatecznie daleko nie ma ich już wcale.

Astronom William Herschel (1738–1822) rozważył ten problem w 1784 roku, na długo, zanim były znane prawdziwe odległości do najbliższych gwiazd.

Zdecydował on policzyć gwiazdy, aby zobaczyć, czy w pewnych obszarach nieba jest ich więcej niż w innych.

Naturalnie, nie mógł policzyć wszystkich gwiazd na całym niebie. Było wiele milionów gwiazd widocznych przez teleskop i zliczenie ich wszystkich okazałoby się zbyt olbrzymią pracą. Zamiast tego Herschel zrobił pewne przybliżenie. Wybrał jednakowej wielkości 683 skrawki nieba, równomiernie rozłożone i wszystkie o tym samym kształcie. Herschel zliczył tylko gwiazdy widoczne w każdym z takich skrawków.

Odkrył, że im bliżej Drogi Mlecznej znajduje się badany obszar nieba, tym więcej gwiazd można się w nim doliczyć. Najmniej gwiazd zliczył w tych fragmentach nieba, które znalazły się najdalej od Drogi Mlecznej.

Czy to znaczyło, że gwiazdy są rozłożone coraz gęściej, w miarę jak przybliżamy się do Drogi Mlecznej?

Herschel tak nie sądził. Myślał, że sensowniejszym jest przyjąć, iż gwiazdy są rozłożone w przestrzeni kosmicznej równomiernie, ale w pewnych kierunkach sięgają dalej od nas niż w innych.

Innymi słowy, Herschel przypuszczał, że wypełniona gwiazdami przestrzeń wokół nas nie ma kształtu kuli jak np. piłka do koszykówki, ale inny. Przypuśćmy, że jest przeciwnie i znajdujemy się w środku takiej kuli. W jakimkolwiek kierunku popatrzymy, powinniśmy dojrzeć skraj kuli wypełnionej gwiazdami w tej samej odległości od nas. Tym samym, zobaczylibyśmy tyle samo gwiazd niezależnie od obranego kierunku obserwacji.

Załóżmy teraz, że gwiazdy są równomiernie rozłożone wewnątrz czegoś na kształt spłaszczonego



sadzonego jaja, a my jesteśmy w jego środku. Jeśli popatrzymy na zewnątrz w kierunku jego długości, będziemy musieli patrzeć bardzo, bardzo daleko, by dojrzeć koniec zbioru gwiazd.

Wszystkie one rozmyłyby się tworząc nikłą mgiełkę światła. Gdyby nasze sadzone jajo miało dokładnie owalny kształt, zobaczylibyśmy, że ta mgiełka tworzy okrąg na sklepieniu nieba, a więc dokładnie to, jak postrzegamy Drogę Mleczną.

Gdybyśmy natomiast popatrzyli w kierunku, w którym nasze jajo jest spłaszczone, dostrzeżlibyśmy koniec gwiazd znacznie bliżej. W tym kierunku byłoby więc znacznie mniej gwiazd i, co za tym idzie, brak mglistej smugi światła.

Jeśli zbiór widocznych na niebie gwiazd miałby kształt takiego jaja, gwiazdy byłyby usiane grubiej\* w miarę jak zbliżamy się do smugi Drogi Mlecznej, a więc dokładnie tak, jak to odkrył Herschel.

Stąd Herschel wywnioskował, że zbiór gwiazd budujących wszechświat ma właśnie kształt sadzonego jaja\*. Zbiór ten został nazwany „galaktyką” od greckiego słowa oznaczającego Drogę Mleczną.

Herschel nie wiedział, jak duża jest galaktyka, albowiem nie znał odległości do żadnej z gwiazd. Niemniej uczynił pewne oszacowania co do tego, ile razy rozmiary galaktyki przewyższają średnią odległość (jakakolwiek by ta odległość była) między gwiazdami.

Gdy odległości najbliższych gwiazd zostały określone, ludzie prześledzili wyniki Herschela raz jeszcze. Zgodnie z tymi obliczeniami, galaktyka musiałaby mieć długość 8000 lat świetlnych i szerokość (grubość) 1500 lat świetlnych, zawierając przy tym około 300 000 000 gwiazd. Jest to 50 000 razy więcej, niż możemy zobaczyć bez teleskopu (gołym okiem).

Czy takie są w istocie rozmiary galaktyki? Czy galaktyka wypełnia cały wszechświat? Jeśli tak, to wszechświat jest rozległy, ale z pewnością nie nieskończony.

Późniejsi astronomowie poprawili metodę Herschela. Mieli lepsze teleskopy i używali nowego wynalazku — fotografii, robiąc zdjęcia sklepienia niebieskiego. To oznaczało, że mogli łatwiej zliczać gwiazdy — na zdjęciu, zamiast obserwować je na niebie.

Odkryli, że pomysł Herschela co do kształtu galaktyki był słuszny, ale że nie docenił on jej rozmiarów. Holenderski astronom, Jakub C. Kapteyn (1851–1922), obliczył w 1920 roku, że galaktyka musi mieć długość 55 000 lat świetlnych i szerokość 11 000 lat świetlnych.

Zarówno Herschel jak i Kapteyn odnosili wrażenie, że nasz Układ Słoneczny musi znajdować się bardzo niedaleko środka galaktyki, ponieważ Droga Mleczna wyglądała równie jasno we wszystkich kierunkach. Była jednak pewna rzecz, która mogła skłaniać do innego poglądu. Chodziło o tzw. gromady kuliste. Tym mianem określa się tysiące gwiazd stłoczone w grona o kulistym kształcie.

Ich istnienie odkrył sam Herschel. W ciągu XIX wieku zlokalizowano około stu takich gromad.

Wydawało się, że nie ma powodu, aby gromady kuliste nie były rozrzucone po całej galaktyce. Gdyby nasz Układ Słoneczny był w jej centrum, powinniśmy dostrzec gromady kuliste we wszystkich kierunkach.

A jednak tak nie jest! Niemal wszystkie z tych gromad są skupione na jednej stronie nieba. W istocie aż jedna trzecia z nich znajduje się w gwiazdozbiorze Strzelca, który zajmuje zaledwie 2 procenty powierzchni nieba. Pozostawało tajemnicą, dlaczego tak jest.

W 1912 roku Amerykanka, Henrietta Swan Leavitt (1868–1921), badała pewien szczególny rodzaj gwiazd zwanych „cefeidami”. Są to gwiazdy „zmienne”, a więc takie, które w regularny sposób stają się raz jaśniejsze, raz ciemniejsze. Każda cefeida ma pewien charakterystyczny dla siebie „okres zmienności”, a więc pewien czas, w którym od jasnej gwiazdy poprzez błądę, staje się znów jasną.

Leavitt zauważyła, że jaśniejsze cefeidy mają dłuższy okres zmienności. To odkrycie umożliwiało ocenianie odległości bardzo dalekich obiektów w galaktyce, o zbyt małych do zmierzenia paralaksach.

Dla przykładu wyobraźmy sobie, że astronom zauważył dwie cefeidy o takim samym okresie. Oznaczałoby to, że obie powinny być tej samej jasności, o ile będzie on je obserwować z tej samej odległości. Jeśli jednak ich jasności będą różne, wyciągnie wniosek, że jaśniejsza cefeida jest znacznie bliżej niż bledsza. (W podobny sposób, gdy widzicie dwie lampy uliczne, z których jedna świeci jaśniej, wnioskujecie, że jest ona bliżej was).

Oczywiście astronomowie musieli zrobić wiele skomplikowanych obliczeń i pomiarów, by wykorzystać powyższą ideę. W końcu jednak odkryli, jak używać cefeidy do pomiaru bardzo dużych odległości.

Problemem tym interesował się szczególnie amerykański astronom, Harlow Shapley (1885–1972). Studiując bardzo dokładnie gromady kuliste, znalazł cefeidę w każdej z nich. Mierząc okres i widoczną jasność tychże cefeid, mógł określić, jak daleko od nas znajdują się gromady kuliste.

Okazało się, że ta odległość wyraża się w dziesiątkach tysięcy lat świetlnych. Co więcej, z odległości i położenia gromad kulistych na niebie można było ocenić, że są one rozłożone na kształt sfery dookoła pewnego centrum.

Shapley zdecydował, że to centrum znajduje się w środku galaktyki. Jeśli tak, to ów środek galaktyki musi znajdować się bardzo daleko od nas, w kierunku gwiazdozbioru Strzelca. To oznaczało, że Układ Słoneczny nie jest nawet w pobliżu środka galaktyki, lecz jest przesunięty daleko w stronę jednego z jej końców.

Dlaczego więc Droga Mleczna wydaje się być równie jasna na całej swej długości? Dlaczego jej część w pobliżu gwiazdozbioru Strzelca nie jest zdecydowanie jaśniejsza niż pozostałe fragmenty po drugiej stronie nieba? (W rzeczywistości Droga Mleczna jest tylko troszeczkę jaśniejsza w pobliżu Strzelca niż gdzie indziej).

Wyjaśnieniem tego jest obecność obłoków pyłu i gazu w przestrzeni międzygwiazdnej. Wraz z wynalezieniem teleskopu, można je było zobaczyć. Wiele z tych obłoków znajduje się w Drodze Mlecznej, skrywając gwiazdy i pochłaniając ich światło. Dlatego nie dociera do nas światło ze środka galaktyki i tego środka nie jesteśmy w stanie zobaczyć. Możemy zobaczyć tylko tę część galaktyki, w pobliżu której sami jesteśmy.

Shapley nie całkiem zgadzał się z istnieniem efektu gazu międzygwiazdowego, ale szwajcarski astronom, Robert J. Trumpler (1886–1956), był przeciwnego zdania. Pokazał, jak obecność takiego pyłu osłabia światło odległych gwiazd w porównaniu z tym, co winniśmy obserwować, gdyby pyłu nie było. Na tej podstawie był w stanie dowieść, że rozmiary galaktyki wynoszą 100 000 lat świetlnych wzdłuż a w samym jej środku około 16 000 lat świetlnych wszerz (grubość).

Nasz system słoneczny znajduje się około 30 000 lat świetlnych od centrum galaktyki i 20 000 lat świetlnych od najbliższego jej końca. Galaktyka jest najgrubsza w centrum i staje się coraz cieńsza, w miarę jak zbliżać się do jej krańców. W miejscu, gdzie znajduje się nasz Układ Słoneczny, ma ona grubość 3000 lat świetlnych.

Galaktyka jest zatem znacznie większa, niż podejrzewał Kapteyn, zanim użyto cefeid do pomiaru odległości. Dziś wiemy, że zawiera ona nie mniej niż 300 000 000 000 (trzysta miliardów) gwiazd. Jednak 80 procent z nich jest znacznie mniejszych od naszego Słońca. Gdyby wszystkie gwiazdy w galaktyce miały rozmiary Słońca, musiałyby ich być 100 000 000 000\*.

## 3

# Inne galaktyki

Przez niemal sto pięćdziesiąt lat po tym, gdy Herschel, jako pierwszy, określił kształt galaktyki, astronomowie sądzili, że niczego poza nią już nie ma. Mogli spierać się co do tego, jak jest duża, ale jakiegokolwiek by jej rozmiary były, wydawała się wypełniać cały wszechświat. Przynajmniej na to wyglądało. Przez teleskopy bowiem, astronomowie nie mogli dostrzec niczego, co by leżało poza galaktyką.

Był wszakże jeden wyjątek. Daleko, w południowej części nieba, znajdowały się dwie mgliste, świetlne plamy wyglądające jak kawałki oderwanej Drogi Mlecznej. Nazwano je „Obłokami Magellana” dla uczczenia pamięci portugalskiego żeglarza i nawigatora, Ferdynanda Magellana (1480–1522).

Gdy Magellan prowadził swe statki w dziewiczy rejs dookoła świata, obserwator na jego okręcie był pierwszym Europejczykiem, który zobaczył Obłoki Magellana. Było to wówczas, gdy statek znajdował się w pobliżu południowego przylądka Ameryki Południowej. Dwa obłoki są bowiem zbyt daleko na południu, aby można je było zobaczyć z krajów północnych, np. europejskich.

Jeśli Obłoki Magellana dokładniej przebadac przez teleskop, okazują się one być zbudowane, tak jak i Droga Mleczna, z ogromnej liczby gwiazd. Niektóre z tych gwiazd są cefeidami. Wspomniana już Leavitt studiując zmienność cefeid, badała właśnie te w Obłokach Magellana.

Znając okres zmienności tychże cefeid, astronomowie byli w stanie określić, że spośród dwu obłoków, większy jest oddalony od nas o 155 000 lat świetlnych, zaś mniejszy o 165 000 lat świetlnych.

Są one więc daleko poza naszą galaktyką i mogą być uważane za oddzielne galaktyki, znacznie mniejsze niż nasza.

Większy Obłok Magellana może zawierać 10 000 000 000 (dziesięć miliardów) gwiazd, zaś mniejszy prawdopodobnie tylko 2 000 000 000 (dwa miliardy). Tak więc oba obłoki złączone razem zawierają przypuszczalnie tylko jedną dwudziestą tej liczby gwiazd, która znajduje się w naszej galaktyce.

Mogłoby się więc wydawać, że w skład całego wszechświata wchodzi nasza galaktyka oraz dwie małe galaktyki w roli jej satelitów. I to wszystko.

Jednakże był jeden obiekt, który zadziwił. Otóż w 1612 roku niemiecki astronom, Szymon Marius (1570–1624), odkrył i opisał istnienie małego, jaśniejszego obszaru w gwiazdozbiore Andromedy. Ze względu na swą lokalizację, obszar ten nazwano „mgławicą Andromedy”.

Większość astronomów myślała, że jest to obłok zbudowany z pyłu i gazu. Takie obłoki żarzą się światłem wchodzących również w ich skład gwiazd. Niektórzy astronomowie uważali, że mgławica

Andromedy jest chmurą pyłu i gazu, utrzymywaną razem wskutek własnych sił przyciągania grawitacyjnego i że formują się tu nowe gwiazdy.

W 1799 roku francuski astronom, Pierre de Laplace (1749–1827), zasugerował, że i nasz Układ Słoneczny uformował się z takiego wirującego obłoku gazu. Od nazwy „mgławica Andromedy” nazwano ten pogląd „hipotezą mgławicową”.

Istniała tu jednak pewna pułapka. Otóż inne mgławice zawierające już uformowane gwiazdy, jak również gaz i pył, z którego powstają, emitują światło zawierające tylko pewne wybrane długości fal. (Światło składa się z fal elektromagnetycznych o różnych długościach). Mgławica Andromedy wysyłała natomiast światło zawierające wszystkie możliwe długości fal — zupełnie tak, jak to czynią gwiazdy. Jej światło nie było więc podobne do światła, które przechodzi przez mgławicę pełną pyłu i gazu. Wyglądało raczej na to, że jest to światło pochodzące bezpośrednio od gwiazd. Czy nie oznacza to, że mgławica Andromedy jest w istocie zbudowana wyłącznie z gwiazd?

.Problem w rozwiązaniu tej zagadki leżał w tym, że żadnych gwiazd nie można było zauważyć w mgławicy Andromedy. Wyglądała ona jak równomierna plama niewyraźnego białego światła.

Jednak od czasu do czasu można było w niej dostrzec pojedyncze rozbłyski, jakby bardzo bladych gwiazd, które trwały krótką chwilę i potem zanikały.

Gwiazdy o przejściowej jasności rzeczywiście istnieją. Rozbłyskują one przez pewien czas jasnym światłem, by ściemnić się później do swego pierwotnego, słabiutkiego blasku. Jeśli gwiazda jest pierwotnie zbyt blada, by ją zauważyć, można ją zobaczyć tylko w chwili jej rozjaśnienia. Później znów staje się niewidoczna. Przed wynalezieniem teleskopu, takie gwiazdy — nagle pojawiające się i znikające — nazwano „novae stellae”, co po łacinie oznacza „gwiazdy nowe”. Dziś nazywamy je krótko „nowymi”.

Czy zatem rozbłyski obserwowane w mgławicy Andromedy nie były takimi nowymi? A może były to gwiazdy nowe, ale nie w Andromedzie, lecz gdzieś w przestrzeni międzygwiazdowej przed mgławicą, nie mające z nią nic wspólnego?

Problemem tym zajął się na samym początku XX wieku amerykański astronom, Heber D. Curtis (1872–1942). Rozumował on następująco. Jeśli gwiazdy nowe istnieją w przestrzeni kosmicznej przed mgławicą, nie ma powodu, aby nie pojawiały się również w innych kierunkach — przynajmniej w paru z nich.

Tymczasem nigdzie indziej ich nie było w tej liczbie, co w małym skrawku nieba zajmowanym przez mgławicę Andromedy (do tej pory odkryto około stu gwiazd nowych w tym obszarze). Nie mogło to być sprawą przypadku ani wyróżnienia pewnego obszaru przestrzeni kosmicznej — tuż przed mgławicą. Należało przyjąć, że to sama mgławica Andromedy jest niezwykła, zawierając w sobie gwiazdy nowe.

W dodatku były to gwiazdy bardzo blade, o wiele bledsze, niż podobne gwiazdy nowe, obserwowane w innych miejscach na niebie. Czyżby to oznaczało, że znajdują się bardzo daleko, znacznie dalej niż cokolwiek innego w galaktyce? Jeśli tak, to może cała mgławica Andromedy jest zbudowana z gwiazd, ale nie potrafimy ich rozróżnić od siebie ze względu na ich zbyt dużą odległość od nas?

Nim odkryto odpowiedź, nowe zjawisko zaprzątnęło umysły astronomów. W 1885 roku zaobserwowano w mgławicy Andromedy gwiazdę nową, znacznie jaśniejszą od innych. Była tak jasna, że można ją było obserwować nawet bez użycia teleskopu. Okazało się, że podobne gwiazdy, jaśniejsze niż inne gwiazdy nowe, były rejestrowane przedtem również w innych częściach nieba. Oto w 1572 roku zaobserwowano gwiazdę, która przez pewien czas jaśniała bardziej od Wenus. Później zgasła. Szwajcarski astronom, Fritz Zwicky (1898–1974), nazwał te niezwykle jasne

gwiazdy nowe „gwiazdami supernowymi” lub krótko — „supernowymi”.

Supernowa może być przez krótką chwilę aż 100 000 000 000 (sto miliardów) razy jaśniejsza od zwykłej gwiazdy. Gdyby wspomniana gwiazda z 1885 roku była taką supernową w mgławicy Andromedy, musiałaby mieć przez krótką chwilę jasność całej mgławicy! I rzeczywiście ją miała!

Ale w takim razie, dlaczego nie można jej było zaobserwować bez użycia teleskopu, podczas gdy supernowa z 1572 roku była jaśniejsza od Wenus? Curtis wyjaśniał to tym, że supernowa z roku 1572 musiała być znacznie bliżej nas, podczas gdy supernowa z roku 1885 znajdowała się w mgławicy Andromedy bardzo daleko.

Przez kilka lat trwały wśród astronomów spory co do tego, czy mgławica Andromedy znajduje się wewnątrz naszej galaktyki, czy też poza nią. Dopiero w 1917 roku zbudowano w Kalifornii w Stanach Zjednoczonych nowy, ogromny teleskop o średnicy zwierciadła sięgającej 2,5 metra. Był to największy i najlepszy teleskop w tamtych czasach. Z jego pomocą amerykański astronom, Edwin P. Hubble (1889–1953), wykonał fotografie, które ostatecznie udowodniły, że mgławica Andromedy jest w istocie zbudowana z ogromnej liczby gwiazd.

Curtis miał więc rację. Mgławica Andromedy musiała być bardzo daleko od nas.

Faktycznie była to następna galaktyka, nawet większa od naszej, Odtąd zaczęto ją nazywać „galaktyką Andromedy”. Przypuszczalnie powinny się znajdować w niej cefeidy, z których zmienności można by oszacować odległość nowej galaktyki.

Pierwsze wyniki tych obliczeń były zaniżone. Dzięki niemieckiemu astronomowi, Walterowi Baade (1893–1960), który pokazał, że są w istocie dwa rodzaje cefeid, zmieniono metodę obliczeń. Okazało się wtedy, że galaktyka Andromedy oddalona jest od nas o 2 300 000 lat świetlnych. Jest to piętnaście razy dalej niż odległość Obłoków Magellana. Zawiera przy tym około dwa razy więcej gwiazd niż nasza własna galaktyka.

Wkrótce po tym, jak zrozumiano, że mgławica Andromedy jest galaktyką, odnaleziono wiele innych. Nasza galaktyka okazała się być tylko jedną z bardzo wielu i niejednokrotnie nazywa się ją galaktyką Drogi Mlecznej, dla odróżnienia od pozostałych.

Droga Mleczna, galaktyka Andromedy, Obłoki Magellana (które są dziś uważane za dwie „galaktyki karłowate”) i około dwu tuzinów innych galaktyk karłowatych tworzy tak zwaną „gromadę” galaktyk, zwaną również „grupą lokalną”.

Łącznie astronomowie odkryli miliony galaktyk, z których prawie wszystkie podzielone są na gromady. Niektóre z tych gromad zawierają tysiące galaktyk. Najodleglejsze, które możemy dziś zobaczyć, znajdują się setki milionów lat świetlnych od Ziemi. Oznacza to, że światło, które dostrzegamy oglądając te galaktyki, opuściło je setki milionów lat temu, czyli wtedy, gdy życie na Ziemi składało się tylko z prostych, mikroskopijnych organizmów!

W 1963 odkryto „kwazary”. Niektórzy naukowcy sądzą, że są to bardzo odległe galaktyki z niezwykle jasnymi centrami. Ponieważ są tak daleko, możemy zaobserwować jedynie ich bardzo jasne środki. Z powodu odległości kwazary wydają się być blade. Są one miliardy lat świetlnych od nas. Najdalszy znany kwazar oddalony jest o ponad 10 000 000 000 (dziesięć miliardów) lat świetlnych. Zatem światło, które emituje, rozpoczęło swą podróż do nas miliardy lat przed powstaniem Ziemi!

Naukowcy szacują, zliczając również te galaktyki, których nie umiemy dostrzec, że w całym wszechświecie znajduje się łącznie aż 100 000 000 000 (sto miliardów) galaktyk, a rozmiary wszechświata wynoszą 25 000 000 000 (dwadzieścia pięć miliardów) lat świetlnych. Nasza galaktyka jest więc jak małe ziarnko pyłu w porównaniu z całym wszechświatem.

## 4

# Ucieczka galaktyk

Czy wszechświat zawsze istniał? Czy zawsze będzie istniał? Odpowiedzi na te pytania opierają się na pewnych odkryciach dotyczących światła.

Gdy światło słoneczne, które jest mieszaniną fal o różnych długościach, przechodzi przez szklany trójkąt zwany pryzmatem, promienie światła załamują się. Dłuższe fale załamują się mniej, niż krótsze. W ten sposób powstaje świetlna smuga, w której wszystkie długości fal są uporządkowane od najdłuższych w jednym jej końcu, do najkrótszych w drugim. Nazywamy ją „widmem”.

Różne długości fal objawiają się naszym oczom jako różne kolory, w związku z czym widmo wygląda jak tęcza. Czerwień znajdująca się w obszarze fal długich poprzedza tu kolor pomarańczowy, żółty, zielony, niebieski i wreszcie fioletowy, znajdujący się w drugim końcu widma, odpowiadającemu falom krótkim.

Pewnych długości fal brakuje jednak w świetle słońca.

W rezultacie, w widmie słonecznym są ciemne miejsca — linie przecinające to widmo w poprzek. Nazywamy je liniami spektralnymi. W widmie słonecznym występują ich tysiące.

Widma można też otrzymać z innych źródeł światła, ale będą one na ogół miały inny wzór linii spektralnych.

Gdy źródło światła zbliża się do nas, wszystkie długości fal świetlnych, które obserwujemy, ulegają skróceniu. Linie spektralne są w związku z tym przesunięte w kierunku fioletowego krańca widma. Jest to tzw. przesunięcie ku fioletowi. Gdy natomiast źródło światła oddala się od nas, wszystkie obserwowane długości fal światła ulegają wydłużeniu. Linie spektralne przesuwane są wtedy w kierunku czerwonego krańca widma i jest to tzw. przesunięcie ku czerwieni. Takie przesunięcia linii spektralnych, powodowane ruchem źródła światła, nazywane jest „efektem Dopplera–Fizeau”. Po raz pierwszy było ono wyjaśnione w roku 1842 przez austriackiego uczonego — Christiana J. Dopplera (1803–1853). Opracował on je wprawdzie w odniesieniu do fal dźwiękowych, ale wkrótce potem francuski uczoney, Armand H.L.Fizeau (1819–1896), wykazał, że uzyskane wyniki są słuszne również dla światła.

Te odkrycia powinny nam coś powiedzieć o gwiazdach. Ich światło może być przecież rozszczerzone tworząc widmo z charakterystycznymi im ciemnymi liniami spektralnymi. Astronomowie nauczyli się rozpoznawać poszczególne ciemne linie i wiedzą dokładnie, w którym miejscu widma każda z nich powinna się znaleźć. Jeśli położenie takich linii jest trochę przesunięte w kierunku fioletu, gwiazda zbliża się do nas; jeśli natomiast przesunięcie następuje w kierunku czerwieni, znaczy to, że gwiazda oddala się od nas. Z wielkości tego przesunięcia można obliczyć prędkości przybliżania się lub oddalania gwiazdy.

W 1868 roku brytyjski astronom, William Huggins (1824–1910), wyodrębnił bardzo niewyraźne widmo Syriusza. Zaobserwował ledwo dostrzegalne przesunięcie linii jego widma w kierunku czerwieni i stwierdził na tej podstawie, że gwiazda oddala się od nas. Najdokładniejsze współczesne obserwacje wskazują, że oddala się ona z prędkością około 8 kilometrów na sekundę.

Różni astronomowie otrzymali następnie widma innych gwiazd i odkryli, jak szybko się one poruszają, bądź to ku nam, bądź to od nas. Nie byli zdziwieni obserwując, że pewne gwiazdy nieustannie się do nas przybliżają, a inne oddalają. Prędkości, z jakimi się poruszają, mieściły się przeważnie pomiędzy 8 a 110 kilometrami na sekundę.

Amerykański astronom, Vesto M. Slipher (1875–1969), zdołał w 1912 roku otrzymać widmo galaktyki Andromedy. Oczywiście w tym czasie nie było jeszcze wiadomo, że jest to galaktyka. Myślano o niej po prostu jako o obłoku gazu i pyłu kosmicznego.

W jej niewyraźnym widmie znajdowały się ciemne linie podobne do tych w widmie Słońca czy innych gwiazd. Slipher był w stanie pokazać, że linie te są lekko przesunięte w stronę fioletowego końca widma. Wskazywało to na przybliżanie się galaktyki Andromedy z prędkością około 200 kilometrów na sekundę. Było to trochę więcej niż prędkość, z jaką poruszała się większość znanych wtedy gwiazd. Ponieważ jednak niektóre gwiazdy mogły osiągać takie prędkości, Slipher nie martwił się otrzymanym rezultatem. Rozpoczął studia nad widmami innych mgławic, które również wykazywały obecność ciemnych linii spektralnych i do 1917 roku opracował widma piętnastu z nich.

W tym czasie napotkał dwa problemy. Oto mógłby oczekiwać, że (statystycznie) około połowa wszystkich mgławic powinna przybliżać się, a połowa oddalać. Tymczasem tak nie było. Tylko mgławica Andromedy, wraz z jeszcze jedną, przybliżały się. Wszystkie pozostałe w liczbie trzynastu, oddalały się.

Drugim problemem okazała się prędkość oddalania się, która dla wspomnianych trzynastu mgławic wynosiła średnio około 650 kilometrów na sekundę. Było to o wiele więcej niż prędkości, z jakimi poruszały się jakiegokolwiek znane gwiazdy.

W miarę jak Slipher robił więcej pomiarów, odkrywał już tylko ucieczki mgławic i to z coraz to większymi i większymi prędkościami. Gdy Hubble pokazał, że wszystkie te mgławice są w istocie bardzo odległymi galaktykami, astronomów coraz bardziej zaczęło nurtować pytanie, dlaczego galaktyki poruszają się tak szybko jak żadne inne obiekty i dlaczego wszystkie oddalają się. Jedynie dwie galaktyki w naszej grupie lokalnej przybliżały się ku nam. Każda inna, bez wyjątku, galaktyka, poza grupą lokalną, uciekała od nas.

Badania nad widmem odległych galaktyk kontynuował inny astronom, Milton L. Humason (1891–1972), współpracownik Hubble'a. Wykorzystywał on w pracy zdjęcia ich widm. W 1928 roku otrzymał widmo dalekiej galaktyki oddalającej się z prędkością niemal 4000 kilometrów na sekundę, zaś w 1936 roku zbadał widmo innej galaktyki uciekającej z prędkością dziesięciokrotnie większą — 40 000 kilometrów na sekundę.

Takie prędkości rzeczywiście zadziwiały. Jak można było je wyjaśnić?

„Problemem tym szczególnie zainteresowany był Hubble. Oszacował on, najlepiej jak umiał, odległości dalekich galaktyk. Użył do tego celu różnych metod, porządkując w końcu wszystkie galaktyki, których widma zostały przebadane, według ich wzrastającej odległości od Drogi Mlecznej.

Gdy tego dokonał, odkrył coś niezwykłego. Oto okazało się, że im dalej galaktyka się znajdowała, tym szybciej się oddalała. Przy tym prędkość tej ucieczki wzrastała o tę samą wartość na każdy dodatkowy odcinek odległości. Ten rezultat, nazywany dziś prawem Hubble'a, został ogłoszony po raz pierwszy w 1929 roku.

Dlaczego tak jest? Dlaczego wszystkie galaktyki, z wyjątkiem paru w naszej grupie lokalnej,

uciekają od nas? I dlaczego oddalają się coraz szybciej, w miarę jak są coraz dalej?

Odpowiedź przyniosły wyniki prac wielkiego uczonego, Alberta Einsteina (1879–1955). W 1915 roku opracował on nowy sposób opisu wszechświata, którego podstawą stała się teoria zwana OGÓLNA TEORIA WZGLĘDNOŚCI. Jako część tej teorii, Einstein podał zbiór tzw. równań pola, które opisywały, jakie właściwości powinien mieć wszechświat, jako całość.

Einstein sądził, że wszechświat jest „statyczny”, tzn., że nie zmienia się z upływem czasu. Z tego powodu wprowadził do swych równań pola pewną nową liczbę — parametr, która miała zapewniać statyczność wszechświata\*.

W 1917 roku holenderski astronom, Willem de Sitter (1872–1934), wykazał, że jeśli opuścić ten nowy parametr w równaniach pola Einsteina, to opisują one wszechświat, który nieustannie się rozszerza i staje się coraz to większy.

De Sitter wyprowadził ten wniosek zakładając, że we wszechświecie nie ma gwiazd i innych obiektów\*. Jednakże w 1922 roku, rosyjski matematyk, Aleksander A. Friedman (1888–1925), pokazał, że równania pola OGÓLNEJ TEORII WZGLĘDNOŚCI opisują rozszerzający się wszechświat, nawet przy uwzględnieniu obecności gwiazd i pozostałej materii w przestrzeni kosmicznej. Co więcej — w 1930 roku angielski astronom, Arthur S. Eddington (1882–1944), zaprezentował teorię, że nawet gdyby sugerowany przez Einsteina statyczny wszechświat istniał, nie mógłby on pozostać statycznym w miarę upływu czasu. Zacząłby on albo rozszerzać się, albo kurczyć i jeden z takich procesów byłby kontynuowany.

Einstein pozostawił swe równania pola w takiej formie, w jakiej napisał je na początku. Mawiał potem, że wprowadzenie stałej kosmologicznej było największym błędem, jaki kiedykolwiek popełnił.

Równania pola Einsteina wyjaśniły prawo Hubble’a. Wszechświat rozszerzał się. Galaktyki utrzymywały się w gromadach dzięki wzajemnemu przyciąganiu grawitacyjnemu, ale różne gromady ciągle oddalały się od siebie, ponieważ wszechświat rozszerzając się, odciągał je.

Jeśli założymy, że każda część wszechświata rozszerza się w takim samym stopniu, zaobserwujemy dokładnie to, co odkrył był Hubble. Wszystkie galaktyki poza grupą lokalną będą się od nas oddalać. Przy tym, im dalej będą się one znajdować, tym szybsza będzie ich ucieczka.

Miejsce naszej obserwacji — z Drogi Mlecznej, nie może przy tym być w żaden sposób wyróżnione. Gdybyśmy prowadzili obserwacje z jakiegokolwiek innej galaktyki, zobaczylibyśmy dokładnie takie samo zjawisko. Oznacza to, że gromady galaktyk uciekają nie tylko od nas, uciekają one wszystkie nawzajem od siebie\*.

I tak oto pojęcie rozszerzającego się wszechświata oparte na teorii Einsteina i prawie Hubble’a, stawia nas twarzą w twarz wobec pytań o początek i koniec wszechświata.



## 5

# Wielki wybuch

Zastanówmy się przez chwilę nad rozszerzającym się wszechświatem, Ponieważ się rozszerza, jest obecnie większy, niż był rok temu — a rok temu był większy, niż przed dwoma laty itd.

Jeśli popatrzymy wstecz w czasie, to wszechświat będzie się stawał coraz to mniejszy, aż skurczy się do punktu.

Pierwszym, który zaczął dyskutować ten problem, był belgijski astronom, Georges E. Lemaitre (1894–1966). W 1927 roku sformułował on pogląd, że bardzo, bardzo dawno temu, wszystko z czego składa się wszechświat, było zduszone do rozmiarów bardzo małego obiektu, który nazwał „kosmicznym jajem”.

Lemaitre uważał, że owo kosmiczne jajo nagle eksplodowało, rozlatując się i że nieustanne rozszerzanie się wszechświata jest wynikiem tej pierwszej eksplozji.

Pogląd ten przejął i poparł amerykański uczonego rosyjskiego pochodzenia, George Gamow (1904–1968). Nazwał on eksplozję kosmicznego jaja „Wielkim Wybuchem<sup>\*</sup>” i przypisał mu początek wszechświata.

Jak długo musielibyśmy podążać wstecz w czasie, aby zobaczyć cały wszechświat skurczony do tak niewielkich rozmiarów? Innymi słowy, kiedy miał miejsce Wielki Wybuch i jak długo istnieje wszechświat?

Odpowiedzi na te pytania zależą od tego, jak szybko wszechświat się rozszerza. Im szybciej się bowiem rozszerza, tym bardziej rozrósł się w przeszłości i tym samym mniej czasu zajęło mu przybranie swych obecnych rozmiarów.

Już w 1929 roku Hubble obliczył, jak szybko wszechświat się rozszerzał i tempo tego rozszerzania uzależnił od pewnej liczby zwanej dziś „stałą Hubble’a”. Im byłaby ona większa, tym szybciej wszechświat rozszerzałby się i krótszy czas upłynąłby od momentu Wielkiego Wybuchu. Pierwotne wyliczenia stałej Hubble’a wskazywały na to, że Wielki Wybuch wydarzył się 2 000 000 000 (dwa miliardy) lat temu, i że tyle właśnie lat liczy sobie wszechświat.

Wynik ten okazał się ogromnym zaskoczeniem dla geologów, czyli uczonych badających Ziemię. Odnaleźli oni bowiem na Ziemi skały, co do których byli pewni, że ich wiek przekracza 3 000 000 000 (trzy miliardy) lat. Na tej podstawie byli przekonani, że nasz Układ Słoneczny uformowany został z obłoku gazu i pyłu około 4 600 000 000 (4,6 miliarda) lat temu. Jakże więc nasz Układ Słoneczny mógł być starszy od całego wszechświata?

Przez ponad 20 lat zagadka ta pozostawała nie rozwiązana. Kto miał rację: astronomowie czy geologowie?

Dopiero w 1952 roku, gdy Baade wykazał, że są dwa rodzaje cefeid, okazało się, że mylili się

astronomowie. Nowy sposób pomiaru odległości z użyciem tychże cefeid wykazał, że wszechświat jest znacznie większy, niż sądzono dotychczas. To zaś znaczyło, że wartość stałej Hubble'a jest sporo mniejsza, niż dotąd przyjmowano. Zatem wszechświat potrzebował znacznie więcej czasu, by rozszerzyć się do swych obecnych rozmiarów, w związku z czym Wielki Wybuch nastąpił też znacznie wcześniej.

Wszechświat jest oczywiście starszy niż Układ Słoneczny, ale nie jest pewne, o ile. Niektórzy astronomowie sądzą, że Wielki Wybuch miał miejsce 10 000 000 000 (dziesięć miliardów) lat temu, ale są i tacy, którzy określają, że nastąpiło to aż 20 000 000 000 (dwadzieścia miliardów) lat temu. Najlepiej przyjąć wartość średnią i powiedzieć, że wiek wszechświata wynosi 15 000 000 000 (piętnaście miliardów) lat\*.

Niektórzy astronomowie nie byli przekonani co do tego, że Wielki Wybuch miał w ogóle miejsce. Sądziли oni, że choć galaktyki oddalają się od siebie, a wszechświat rozszerza, przestrzeń kosmiczna pozostawiona przez oddalające się galaktyki jest ciągle wypełniana nową materią. Z tej nowej materii tworzą się powoli nowe, młode galaktyki, wypełniając powstałe luki we wszechświecie.

Teoria ta, zwana „teorią ciągłej kreacji”, rozwinięta została w 1948 roku przez angielskiego astronoma, Freda Hoyle'a (1915– ) i dwóch astronomów pochodzenia austriackiego, Hermanna Bondi (1919– ) i Thomasa Golda (1920– ). Jeśliby teoria ciągłej kreacji była słuszna, wszechświat wyglądałby dokładnie tak samo w dowolnym momencie swojej historii, a więc również w dowolnym momencie w przeszłości. Można by wtedy uważać, że wszechświat istniał zawsze i nigdy nie miał swego początku.

Mniej więcej w tym samym czasie, gdy zasugerowano teorię ciągłej kreacji, Gamow wykazał, że jeśli miał miejsce Wielki Wybuch, musiał wypełnić on cały, wówczas mikroskopijnej wielkości wszechświat, bardzo gorącym promieniowaniem o temperaturze bilionów, bilionów stopni. W miarę rozszerzania się wszechświata promieniowanie również rozprzestrzeniało się i dlatego jego temperatura gwałtownie spadała.

Obecnie, miliardy lat po Wielkim Wybuchu, średnia temperatura wszechświata musiałaby obniżyć się do jakiejś bardzo niskiej wartości. Co więcej — promieniowanie, gdy jest gorące, zawiera fale krótkie, których długość rośnie w miarę, jak temperatura spada. Początkowe promieniowanie Wielkiego Wybuchu powinno więc obecnie występować w formie fal długich, podobnych do fal radiowych.

Gamow dlatego przypuszczał, że dysponując odpowiednimi metodami wykrywania fal, powinniśmy zaobserwować na niebie bardzo delikatne tło fal radiowych. Im dalej „sięgalibyśmy” w przestrzeń kosmiczną za pomocą teleskopów, tym dłuższą drogę musiałoby przebyć promieniowanie, by dotrzeć do nas z coraz to dalszych odległości. Gdyby popatrzeć wystarczająco daleko, dotarłoby do nas to promieniowanie, które „podróżuje” po kosmosie od samego Wielkiego Wybuchu. Przy tym bez względu na kierunek obserwacji, o ile tylko spoglądać będziemy wystarczająco daleko, dotarłaby do nas oznaka Wielkiego Wybuchu. Fale radiowe doszłyby więc z każdego kierunku w dokładnie taki sam sposób. Byłyby one czymś na kształt delikatnego szmeru, dobiegającego do nas po olbrzymiej eksplozji, która wydarzyła się w dalekiej przeszłości.

W czasie, gdy Gamow zasugerował powyższy pogląd, nie było odpowiednich przyrządów zdolnych do odebrania sygnałów z nieba w postaci tak słabych fal radiowych. Jednak w miarę przemijania lat, astronomowie budowali coraz to lepsze tzw. radioteleskopy\*.

W 1964 roku amerykański astronom, Robert H. Dicke (1916– ), powrócił do koncepcji Gamowa. Natychmiast rozpoczęły się poszukiwania takiego szczątkowego promieniowania fal radiowych. W 1965 roku dwaj amerykańscy astronomowie, Arno A. Penzias (1933–) i Robert W. Wilson

(1936–), zbudowali bardzo subtelny układ do wykrywania takiego promieniowania. Wkrótce ogłosili odnalezienie promieniowania o dokładnie takich własnościach, jakie sugerował Gamow\*.

Od tej pory promieniowanie tła było badane przez wielu astronomów i uważa się, że jest ono silnym dowodem na to, że Wielki Wybuch miał rzeczywiście miejsce. Możliwość ciągłej kreacji została tym samym odrzucona.

Jeśli sięgnąć w głąb kosmosu za pomocą teleskopów, najdalsze widoczne kwazary są oddalone o ponad 10 000 000 000 (dziesięć miliardów) lat świetlnych. Światło docierające od nich opuściło je zatem dziesięć miliardów lat temu, wkrótce po Wielkim Wybuchu. Czy można wykryć kwazary, znajdujące się jeszcze dalej? Możliwe, że nie. Poza najdalszymi kwazarami wydaje się być już tylko coś na kształt mgły utworzonej z gorącego promieniowania Wielkiego Wybuchu sprzed dwunastu lub piętnastu miliardów lat.

A co wydarzy się w przyszłości?

Jedną z możliwości jest ta, że wszechświat będzie po prostu ustawicznie rozszerzał się i rozszerzał, i tak bez końca. Galaktyki będą kontynuowały swą wzajemną ucieczkę od siebie, aż za biliony lat wszystkie z nich, z wyjątkiem tych znajdujących się w naszej grupie lokalnej, będą zbyt daleko, byśmy je dostrzegli używając jakichkolwiek przyrządów. Jest to koncepcja zwana „otwartym wszechświatem”.

Jednakże galaktyki oddalając się od siebie są ustawicznie wzajemnie przyciągane swymi siłami grawitacji.

Grawitacja powoduje więc spowolnienie tempa rozszerzania. Może się więc kiedyś zdarzyć, że ekspansja wszechświata zwolni do zera. Wszechświat powstrzyma wtedy swe rozszerzanie się, a następnie bardzo powoli zacznie się kurczyć. To kurczenie się będzie następowało coraz szybciej i szybciej, aż wszystkie galaktyki zejdą się razem w „Wielkiej Zapaści”\* . Taka koncepcja nosi z kolei nazwę „zamkniętego wszechświata”.

Jeśli wszechświat jest zamknięty, może się zdarzyć, iż cały materiał na Wielki Wybuch powstał z niczego i obróci się z powrotem w nic podczas Wielkiej Zapaści\* . Bądź też, w momencie Wielkiej Zapaści galaktyki zderzą się ze sobą tylko na moment, tworząc nowy Wielki Wybuch, a potem materia znów „odskoczy” od siebie. Może się więc i tak zdarzyć, że wszechświat będzie się rozszerzał i kurczył, następnie znowu rozszerzał i kurczył i tak bez końca. Nazwalibyśmy go wówczas „oscylującym wszechświatem”.

Cóż, czy zatem wszechświat jest otwarty, czy zamknięty? A jeśli jest zamknięty, czy jest to wszechświat jednorazowy, czy też oscylujący?

Astronomowie nie są całkiem pewni odpowiedzi na te pytania. To, czy wszechświat będzie się rozszerzał zawsze, czy też pewnego dnia zatrzyma swą ekspansję i zacznie się kurczyć, zależy od tego, jak silne jest jego przyciąganie grawitacyjne. To zaś zależy od tego, jak wiele materii istnieje w całym wszechświecie, a więc ile galaktyk, gwiazd i innej „masy”, dających „powody” do przyciągania grawitacyjnego, ściśniętych jest w całej objętości wszechświata,

Jeśli rozważyć jedynie gwiazdy i galaktyki, wydaje się, że stanowią one w sumie zaledwie jedną setną masy potrzebnej na to, aby wszechświat wstrzymał swą ekspansję. Jeśli takie oszacowanie masy wszechświata jest prawdziwe, wszechświat jest otwarty.

Pewni astronomowie przypuszczają jednak, że może istnieć pewna masa, którą opuszczamy w rozważaniach. (Jest to tzw. problem brakującej masy). Być może istnieje jakaś materia poza galaktykami. A może są cząstki elementarne, które choć uważane powszechnie za pozbawione masy, w rzeczywistości masę posiadają\* .

W takim przypadku może się okazać, że ostatecznie zdecydujemy o otwartości wszechświata. Może nawet odkryjemy sposoby rozstrzygnięcia, czy zamknięty wszechświat będzie oscylował, czy też nie.

Mnóstwo problemów dotyczących wszechświata wciąż czeka na rozwiązanie. Ale pomyślcie, jak nudne byłoby życie uczonych i nas wszystkich, gdyby na wszelkie pytania dotyczące wszechświata znane były odpowiedzi i już nic więcej nie pozostawałoby do odkrycia.

---

\* *Z Europy nie jest widoczna — przyp. tłum*

\* *czyli pozornie widzielibyśmy je gęściej — przyp. tłum*

\* *czyli jest mocno spłaszczoną elipsoidą obrotową — przyp. tłum.*

\* *Ta mniejsza liczba wynika z oszacowania masy całej galaktyki — przyp. tłum.*

\* *Parametr ten nazywamy stałą kosmologiczną — przyp. tłum.*

\* *Założenie to nazywa się często założeniem pustego wszechświata — przyp. tłum*

\* *Doskonałym modelem ilustrującym to zjawisko jest nadmuchiwany balonik. W miarę, gdy staje się on coraz większy, poszczególne fragmenty jego powierzchni oddalają się tym szybciej, im dalej się od siebie znajdują. Możecie sami skonstruować taki model rozszerzającego się wszechświata, zaznaczając na powierzchni balonika kropki symbolizujące gromady galaktyk, a następnie balon nadmuchać. Zaobserwujcie, jak będą zachowywały się względem siebie kropki, w miarę nadmuchiwania balonu. Jak na to zachowanie wpływa odległość między nimi? — przyp. tłum.*

\* *ang. Big Bang — przyp. tłum.*

\* *Większość, uczonych skłania się obecnie do przyjęcia wieku wszechświata bliższego pierwszej z wymienionych liczb — przyp. tłum.*

\* *Służą one, w odróżnieniu od teleskopów optycznych, w których obserwuje się sygnały światła widzialnego, do obserwowania sygnałów radiowych dochodzących z wszechświata — przyp. tłum.*

\* *Promieniowanie to określa się jako „szczątkowe promieniowanie tła” lub „promieniowanie reliktove” — przyp. tłum.*

\* *ang. Big Crunch — przyp. tłum.*

\* *Autor ma tu na myśli pewną hipotezę fizyczną, traktującą materię jako pewne odkształcenia w czterowymiarowej przestrzeni położeń i czasu, czyli w tzw. czasoprzestrzeni — przyp. tłum.*

\* *Nie jest na przykład do końca jasny problem cząstek zwanych neutrinami; przyjmuje się je za bezmasowe — podobnie jak fotony światła — aczkolwiek doświadczalnie nie jest to w stu procentach potwierdzone — przyp. tłum.*