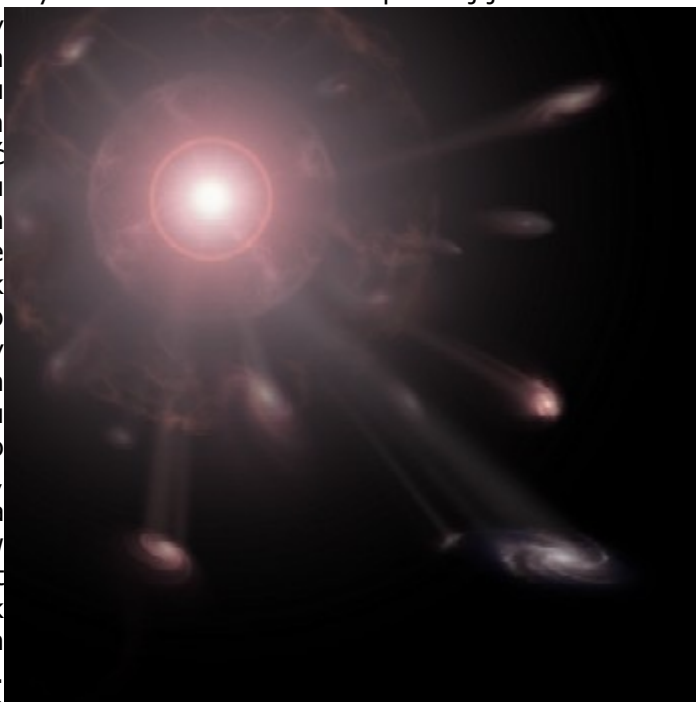


Kiedy powstały pierwsze gwiazdy

Autor tekstu: Agnieszka Dutka

Całe moje ciało zbudowane jest z atomów. Każda moja komórka zawiera węgiel, tlen, azot, siarkę... Wiem, że powstałam z jednej komórki, która podlegając bezustannym podziałom osiągnęła w końcu rozmiary małego wszechświata jakim jestem ja. Jak jednak powstały mikroskopijne drobiny budujące moje ciało i będące schronieniem mojej świadomości? Narodziły się w gorących sercach gwiazd. Cała pochodzę więc z ich gorących wnętrz i jak stwierdził to kiedyś Hoimar von Ditfurth [1] jestem dzieckiem wszechświata. Jak jednak powstały, kiedy powstały pierwsze gwiazdy? Pierwsze gwiazdy, których śmierć była jednocześnie narodzinami pierwiastków z których zbudowana zostałam później ja.

Współczesny model budowy wszechświata określa czas jego powstania na około 13,7 miliarda lat temu. Z powodu braku możliwości obserwacji tak odległych zdarzeń niesłychanie trudno jest prowadzić badania wczesnych etapów rozwoju kosmosu. Przy użyciu bardzo silnych teleskopów astronomowie są w stanie przeprowadzać pomiary odległych galaktyk i kwazarów [2], z których światło podróżuje już od miliardów lat. Przy pomocy diagramów ukazujących przesunięcie tego światła w kierunku czerwieni można stwierdzić jak daleko rozszerzył się wszechświat od momentu, kiedy została wyemitowana taka wiązka światła. Najdalsze z tych obiektów powstały prawdopodobnie jakieś miliard lat po Wielkim Wybuchu. Jak wyglądał jednak wszechświat jeszcze wcześniej? Do tych badań kosmolodzy wykorzystują tzw. promieniowanie mikrofalowe kosmicznego



promieniowanie mikrofalowe kosmicznego tła, czyli tzw. promieniowanie reliktywne. Promieniowanie to zostało wyemitowane jakieś 400 000 lat po wybuchu. Jednorodność tej radiacji wskazuje na równomierność rozłożenia materii w tym okresie. Materia ta pozostawała w takiej bezpostaciowej formie przypuszczalnie przez miliony lat. W miarę dalszej ekspansji kosmos ochładzał się, osiągając temperaturę 19 stopni Kelvina po upływie 1 miliarda lat, aż do dzisiejszej 2,7 stopnia. Pozostawał przez długi czas nieprzeniknioną ciemnością, ciemnością bez gwiazd. Ten czas astronomowie określają mianem ciemnych wieków, to średniowiecze wszechświata.

Jak przypuszcza wielu astrofizyków, między innymi Martin Rees z Uniwersytetu w Cambridge i Abraham Loeb z Uniwersytetu w Harvard, prawdopodobnie pierwsze obiekty gwiazdne zaczęły powstawać 100 — 250 milionów lat po Wielkim Wybuchu. Wszechświat rozszerzył się wówczas do co najmniej 1/30 swojej obecnej wielkości. Były to niewielkie układy zwane protogalaktykami o rozmiarach 30 — 100 lat świetlnych. Struktury te wytworzyły się z małych zagęszczeń materii, jakie znajdowały się w pozornie gładkim, pierwotnym bulionie wczesnego wszechświata. Te drobne zagęszczenia materii stopniowo kształtowały siateczkę drobnych włókienek w których kondensowały się protogalaktyki. Składały się one w głównej mierze z ciemnej materii [3] przemieszanej ze zwykłą materią. Większość astrofizyków jest zdania, iż około 70% wszechświata w czasie inflacji [4] stanowiła ciemna energia, 25% ciemna materia, zaś około 5% zwykła materia w postaci elektronów i kwarków. Protogalaktyki w swoim składzie zawierały wyłącznie wodór i hel. Przypuszczalnie w czasie wczesnych reakcji termojądrowych Wielkiego Wybuchu mogły się wytworzyć też śladowe ilości litu. Cięższe pierwiastki były prawdopodobnie nieobecne, gdyż powstają one w czasie nuklearnych przemian we wnętrzach gwiazd. W momencie ich śmierci (zwłaszcza dotyczy to gwiazd masywnych, supernowych) zostają one wyrzucone w przestrzeń i wzbogacają w ten sposób materię

międzygwiazdą. Większość powstających obecnie gwiazd, a także stosunkowo młodych gwiazd, jakimi są np. Plejady, posiada w swoim składzie cięższe elementy w ilości około 1% ogólnej masy. Nie należy również zapominać o tym, iż jest to główny budulec planet.

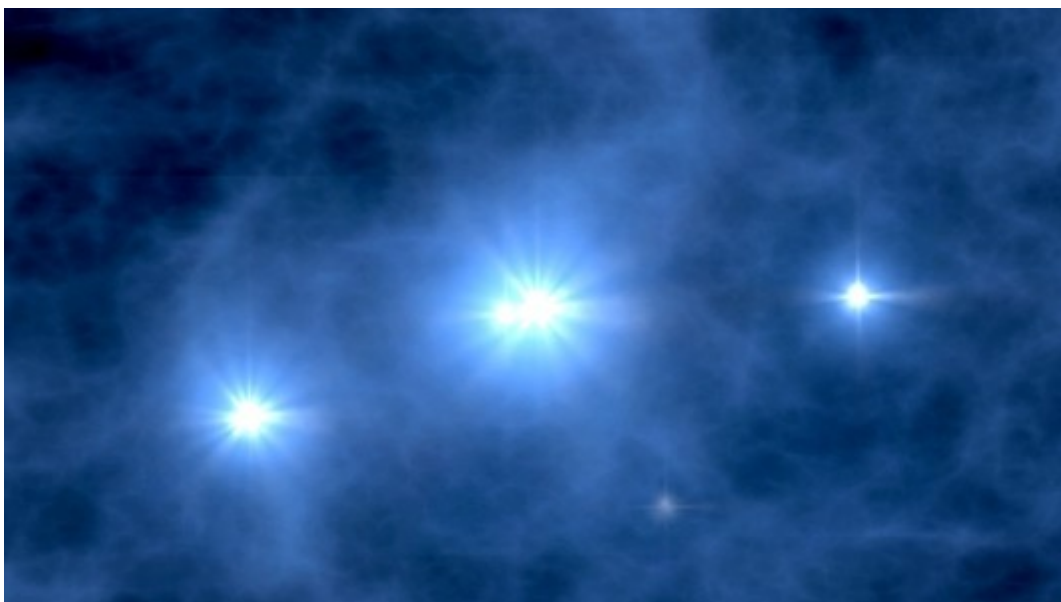
Z powodu braku owych cięższych elementów pierwsze układy gwiazdne były o wiele mniej skomplikowane niż te, jakie możemy obserwować dzisiaj. Bardzo uproszczony schemat dzieli gwiazdy na trzy kategorie: I, II i III populacji. Podział ten zaproponował w roku 1944 amerykański astronom Walter Baade. Populacja I obejmuje najgorętsze i najjaśniejsze gwiazdy, stosunkowo młode z dużą zawartością w swoim składzie cięższych elementów. Populacja II gwiazd to gwiazdy stare, obecne głównie w sferycznych gromadach, zbudowane prawie w całości z wodoru i helu, z niewielką albo w ogóle nieobecną zawartością innych elementów. Pierwsze pokolenie gwiazd wszechświata zaliczane jest do populacji III. Były one bardziej masywne, gorętsze i jaśniejsze nawet od współczesnych niebieskich gwiazd zmiennych takich jak Eta Carinae czy Pistol Star [5]. Populacja III gwiazd była przypuszczalnie zbudowana wyłącznie z pierwotnego wodoru i helu, bez śladu cięższych pierwiastków.



Podczas kondensowania się owych drobnych ziaren materii powstawał cząsteczkowy wodór. Aby oczywiście zaistniał ten proces, temperatura gorącej plazmy wszechświata musiała się obniżyć. Nastąpiło to przypuszczalnie jakieś 400 000 lat po Wielkim Wybuchu. Cząsteczki wodoru podczas kolizji z wolnymi atomami wodoru emitowały promieniowanie ciepłe, przez co oziębiały się gęste obszary materii. W momencie spadku temperatury do około 200 – 300 stopni Kelvina ciśnienie gazu uległo redukcji, co pozwoliło na zagęszczanie się związanych grawitacyjnie brył materii. Obłoki materii z

których uformowały się pierwsze gwiazdy były prawdopodobnie o wiele cieplejsze niż chmury gazowe z których powstają obecnie gwiazdy. Obecność cząsteczek pyłu i cięższych pierwiastków powoduje, że ulegają one oziębieniu do około 10 stopni Kelvina. Naukowcy do swoich obliczeń używają tzw. masy Jean'a. Jest to minimalna masa przy której chmura gazu zaczyna się kondensować pod wpływem grawitacji. Proporcja ta opisuje zależność pomiędzy temperaturą gazu a jego ciśnieniem. Ponieważ temperatura owych pierwszych zagęszczających się obszarów była 30 razy większa niż obecnie istniejących obłoków gazu, przypuszczalna masa takich wczesnych ziaren kondensacji była prawie 1000 razy większa. Możliwe, że posiadały masę około 500 – 1000 mas Słońca. Wskazują na to komputerowe symulacje przeprowadzane przez zespół naukowców złożony z: Tom Abel z Pennsylvania State University, Greg Bryan z Columbia University i Michael L. Norman z University of California, San Diego.

Ochładzanie się wszechświata odgrywało znaczącą rolę w procesie oddzielania się ciemnej i zwykłej materii od siebie. Oziębiający się wodór gromadził się w postaci owych zagęszczeń materii uformowanych przypuszczalnie na kształt dysku. Pierwsze układy z których powstały później gwiazdy mogły mieć postać miniaturowych galaktyk, z wewnętrznym dyskiem zwykłej materii i zewnętrznym w postaci halo z ciemnej materii. W środku dysku wodór ulegał dalszemu zagęszczaniu i z czasem owe bardzo gęste obszary utworzyły pierwsze gwiazdy. Nie wiadomo jakie dokładnie obiekty powstały podczas kondensacji. Czy były to gwiazdy o podobnej, dużej masie czy też powstało wiele mniejszych gwiazd. Taki proces mógłby nastąpić gdyby doszło do fragmentacji protogalaktyk. Jak wynika z komputerowych symulacji przeprowadzanych przez badaczy, możliwe jest, iż z każdej protogalaktycznej chmury mogła ukształtować się tylko jedna, bardzo masywna gwiazda.



Rozpoczyna się era światła

Naukowcy Abraham Loeb z Harvard i Volker Bromm z University of Texas w Austin obliczyli, że gwiazdy z III populacji osiągnęły masę około 50 mas słonecznych w przeciągu pierwszych 10 000 lat po uformowaniu się zaczątków jądra. W miarę upływu czasu ich docelowa masa wyniosła przypuszczalnie 100 – 200 mas Słońca. Gwiazdy III populacji z powodu braku cięższych elementów w swoim składzie posiadały wyższą temperaturę powierzchni. Wynosiła ona przypuszczalnie 100 000 stopni Kelvina to jest jakies 17 razy więcej niż temperatura powierzchni Słońca, wynosząca około 5800 kelwinów. Pierwsze gwiazdne światło we wszechświecie było głównie promieniowaniem ultrafioletowym. Promieniowanie to zjonizowało i ogrzało znajdujący się w otoczeniu nowopowstałych gwiazd neutralny wodór i hel. Stopniowo, w miarę tworzenia się coraz to nowych obiektów pęcherze zjonizowanego gazu połączyły się ze sobą. Astronomowie nie są w stanie dokładnie oszacować jaka dokładnie ilość gazu skondensowana została, aby utworzyć pierwsze objekty. Możliwe, że tylko jedna część na 100 000 była wystarczająca do zjonizowania pozostałego wodoru. Ciemne wieki odeszły, nastął renesans wszechświata.

Naukowcy z California Institute of Technology i Sloan Digital Sky Survey prowadzili badania w celu znalezienia śladów owego procesu jonizacji. Spektrum odległych kwazarów, których powstanie datuje się na 900 milionów lat po Wielkim Wybuchu, wykazuje bardzo silną absorpcję promieni ultrafioletowych. Wyniki badań mogą świadczyć o tym, że ostatnie partie neutralnego gazu zostały zjonizowane w tym właśnie czasie. Istnieją również przesłanki, iż ponowna jonizacja wodoru mogła nastąpić już po upływie 200 milionów lat po Wybuchu. Trudniej jest określić czas ponownej jonizacji helu. Jeśli powstałe gwiazdy były bardzo masywne, możliwe, że hel został zjonizowany w tym samym czasie. W innym przypadku jonizacja helu mogła nastąpić później w



wyniku promieniowania energetycznego pochodzącego od pierwszych kwazarów. Pierwsze gwiazdy, jako że były bardzo masywne, były też obiektami krótkiego życia. W związku z tym astronomowie mogą nigdy nie znaleźć śladów po ich istnieniu w przestrzeni kosmicznej. Pewną nadzieję daje jednak przyszły następca teleskopu Hubble, James Webb Space Telescope. Możliwe, że przy użyciu tego instrumentu uda się zarejestrować chociaż niektóre z tych pierwotnych obiektów. Gwiazdy te przypuszczalnie po 3 – 4 milionach lat zakończyły swoje życie jako pierwsze supernowe. Ciężkie pierwiastki powstające w czasie skomplikowanych procesów jądrowych w ich wnętrzach wzbogaciły materię międzygwiazdną. Zwane przez

specjalistów metalami, są one o wiele bardziej efektywniejsze niż wodór w ochładzaniu obłoków materii. Zimniejsze chmury materiału są podatniejsze na zagęszczanie się, w związku z tym proces tworzenia coraz to nowych gwiazd uległ przyspieszeniu. Niektóre z tych najwcześniejszych obiektów światła zapadły się pod wpływem swojej wielkiej masy i uformowały pierwsze czarne dziury. Wówczas też powstały pierwsze kwazary i małe protogalaktyki, które z czasem przekształciły się w większe galaktyki jakie znamy obecnie. Wszechświat ewoluował i wzbogacił się wciąż o nowe elementy.

Gwiazdy na niebie są dla mnie jak malutkie promyczki rozświetlające mroki nocy i mroki mojej duszy. Wraz z życiem są najwspanialszym osiągnięciem natury. Mimo iż wiem, że ani nie są nieśmiertelne ani wiecznie młode dla mnie są odpowiednikiem spokoju, nieskończoności, ponadczasowego piękna. Dziwne byłoby dla mnie uczucie jeśli którejś z nocy mogłyby zgasnąć na zawsze.

*

Źródła:

The first stars in the universe, Richard B.Larson, Volker Bromm, *Scientific American*, Vol.14, nr 4, 2004

Before the beginning: Our universe and others, Matrin J.Rees, *Perseus Books*, 1999

The first sources of light, Volker Bromm, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Vol.116, pages 103-114, February 2004

The first stars, Volker Bromm, Richard B.Larson, *Annual Reviews of Astronomy and Astrophysics*, Vol.42, pages 79 — 118, September 2004

Wszystkie zdjęcia pochodzą z NASA.

Zobacz także te strony:

[Rodzaje i ewolucja gwiazd](#)

Przypisy:

[1] Hoimar von Ditfurth - niemiecki pisarz urodzony w Berlinie, doktor nauk medycznych, działacz ekologiczny. Opublikował między innymi takie popularnonaukowe książki jak "Dzieci wszechświata", "[Na początku był wodór](#)", "Początki życia". Jego książki stanowiły moje pierwsze źródło informacji na temat urzekającego piękna wszechświata.

[2] Kwazary są to bardzo aktywne, specyficzne obiekty emitujące niesamowite wręcz ilości energii. Są intensywnym źródłem promieniowania gamma, radiowego, światła widzialnego. Jako obiekty są bardzo niewielkie, zazwyczaj o średnicy 1 roku świetlnego. Kwazary posiadają największe przesunięcie w kierunku czerwieni z wszystkich dotychczasowo zaobserwowanych obiektów. Możliwe, iż prędkość z jaką oddalają się od nas wynosi aż 90% prędkości światła. Część naukowców przypuszcza, że ich powstanie leży blisko początków wszechświata.

[3] Ciemna materia stanowi jak się obecnie przypuszcza jakieś 90% masy wszechświata. Prawdopodobnie skoncentrowana jest w zewnętrznej części galaktyk, tzw. halo, oraz w przestrzeni międzygalaktycznej.

[4] Teoria inflacji wszechświata została opracowana przez Alana Gutha ze Stanford University w latach 80-tych ubiegłego wieku. Mianem inflacji naukowcy określają bardzo krótki etap rozwoju przestrzeni zaraz po wielkim wybuchu, około 10^{-34} do 10^{-32} sekundy, kiedy to Wszechświat rozszerzył się 10^{50} razy. Teoria ta stanowi pewnego rodzaju uzupełnienie do zasadniczej teorii Wielkiego Wybuchu. Pozwala na wyjaśnienie wielu istniejących sprzeczności, takich jak jednorodność promieniowania relikтового czy problem tzw. płaskości Wszechświata.

[5] Pistol Star należy do tzw. jasnych niebieskich gwiazd zmiennych. Zlokalizowana jest w pobliżu galaktycznego centrum Drogi Mlecznej, w odległości około 25 000 lat świetlnych od Słońca. Jest to obiekt niesamowicie wprost jasny i masywny, odkryty dopiero w roku 1990 w Mgławicy Pistol. Jej masa to przypuszczalnie więcej niż 150 mas słonecznych. Możliwe, że część z jej materii stanowi już otaczającą ją mgławicę.

Agnieszka Dutka

Współredaktorka Nowin naukowych Racjonalisty. Z wykształcenia pedagog. Prowadzi biuro tłumaczeń języka angielskiego. Jej pasje to astronomia, astrofizyka oraz biologia, zwłaszcza paleo. Mieszka w Chicago.

[Pokaż inne teksty autora](#)

(Publikacja: 08-11-2004)

[Oryginał.](http://www.racjonalista.pl/kk.php/s,3754) (<http://www.racjonalista.pl/kk.php/s,3754>)

Contents Copyright © 2000-2008 by Mariusz Agnosiewicz

Programming Copyright © 2001-2008 Michał Przech

Autorem tej witryny jest Michał Przech, zwany niżej Autorem.

Właścicielem witryny są Mariusz Agnosiewicz oraz Autor.

Żadna część niniejszych opracowań nie może być wykorzystywana w celach komercyjnych, bez uprzedniej pisemnej zgody Właściciela, który zastrzega sobie niniejszym wszelkie prawa, przewidziane

w przepisach szczególnych, oraz zgodnie z prawem cywilnym i handlowym, w szczególności z tytułu praw autorskich, wynalazczych, znaków towarowych do tej witryny i jakiegokolwiek ich części.

Wszystkie strony tego serwisu, wliczając w to strukturę podkatalogów, skrypty JavaScript oraz inne programy komputerowe, zostały wytworzone i są administrowane przez Autora. Stanowią one wyłączną własność Właściciela. Właściciel zastrzega sobie prawo do okresowych modyfikacji zawartości tej witryny oraz opisu niniejszych Praw Autorskich bez uprzedniego powiadomienia. Jeżeli nie akceptujesz tej polityki możesz nie odwiedzać tej witryny i nie korzystać z jej zasobów.

Informacje zawarte na tej witrynie przeznaczone są do użytku prywatnego osób odwiedzających te strony. Można je pobierać, drukować i przeglądać jedynie w celach informacyjnych, bez czerpania z tego tytułu korzyści finansowych lub pobierania wynagrodzenia w dowolnej formie. Modyfikacja zawartości stron oraz skryptów jest zabroniona. Niniejszym udziela się zgody na swobodne kopiowanie dokumentów serwisu Racjonalista.pl tak w formie elektronicznej, jak i drukowanej, w celach innych niż handlowe, z zachowaniem tej informacji.

Plik PDF, który czytasz, może być rozpowszechniany jedynie w formie oryginalnej, w jakiej występuje na witrynie. **Plik ten nie może być traktowany jako oficjalna lub oryginalna wersja tekstu, jaki zawiera.**

Treść tego zapisu stosuje się do wersji zarówno polsko jak i angielskojęzycznych serwisu pod domenami Racjonalista.pl, TheRationalist.eu.org oraz Neutrum.eu.org.

Wszelkie pytania prosimy kierować do redakcja@racjonalista.pl