

### [Akceptuję](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkolenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)  
[Kontakt](#)



[Laboratoria](#)  
[.net](#)  
[Innowacje](#)  
[Nauka](#)  
[Technologie](#)

[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

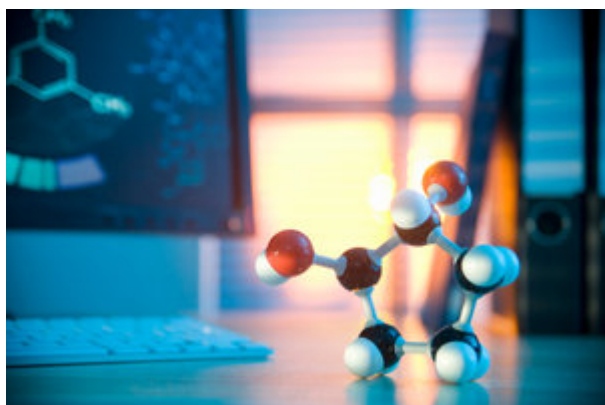
zapisz się



- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

[Strona główna](#) > [Felieton](#)

## Jak powstawały pierwiastki



Pierwiastki chemiczne są podstawowymi

**cegiełkami tworzącymi materię. Natura ma dziś około stu takich klocków, co pozwala na istnienie wszystkiego, co możemy obserwować na Ziemi czy też w Kosmosie. Warto prześledzić historię powstawania kolejnych pierwiastków - od samego początku.**

## **Mirosław Dworniczak**

Historia Wszechświata zaczęła się prawdopodobnie kilkanaście miliardów lat temu wydarzeniem, które znamy dziś pod nazwą Wielkiego Wybuchu (ang. Big Bang). Pomimo intensywnych dociekań niewiele wiadomo ani o tym, co spowodowało Wielki Wybuch, ani też o tym, jak wyglądał sam jego początek. Było to bowiem wydarzenie na tyle ekstremalne, że obowiązywały wtedy inne prawa fizyki od tych, które znamy współcześnie. Gęstość materii była tak olbrzymia, że niemożliwe było istnienie nie tylko pierwiastków, ale nawet prostych cząstek elementarnych. Współczesne teorie uznają, że po mniej więcej  $10^{-36}$  sekundy nastąpiła tzw. inflacja, czyli proces gwałtownej ekspansji Wszechświata, który trwał do  $10^{-33}/10^{-32}$  sekundy. W tym czasie objętość Wszechświata zwiększyła się  $10^{78}$  razy, przy czym jednocześnie gwałtownie spadały temperatura i ciśnienie. W chwili gdy nasz świat miał około  $10^{-23}$  sekundy, jego wielkość pozwoliła na powstanie cząstek elementarnych, zwanych hadronami (oraz ich antycząstek, czyli antyhadronów). W chwili  $10^{-4}$  sekundy hadrony i antyhadrony uległy anihilacji i zamieniły się w promieniowanie. Temperatura sięgała  $10^{12}$  (tysiąc miliardów) stopni Celsjusza. W tym momencie materia składała się głównie ze światła, czyli fotonów. Oprócz nich były tam leptony, czyli cząstki lekkie, m.in. elektrony oraz znacznie mniejsze od nich neutrino. Wszechświat ulegał dalszej ekspansji, a co za tym idzie, ochłodzeniu. Gdy był wystarczająco „chłodny”, czyli miał zaledwie 100 mld stopni Celsjusza, zaczął się wreszcie proces tworzenia jąder atomowych. Do tego momentu układ okresowy był zupełnie pusty.

## **Pierwotna nukleosynteza**

Zgodnie z obecnymi modelami ewolucji Wszechświata następne kilka minut zdecydowało o dalszych losach wszystkiego, co nas otacza. Rozpoczął się bowiem proces powstawania małych jąder atomowych, który nazywamy pierwotną nukleosyntezą. Na początku mieliśmy tylko protony - najlżejsze jądra pierwiastka, znanego dziś jako wodór (H). Warunki panujące we Wszechświecie stały się na tyle korzystne energetycznie, że protony mogły łączyć się z neutronami, dzięki czemu powstawały jądra cięższego izotopu wodoru, znanego jako deuter (D). I właśnie jądra deuteru są głównym elementem wyjściowym procesu, który nazywamy pierwotną nukleosyntezą. Deuter może bowiem podlegać dalszym przemianom, co prowadzi do tworzenia się coraz większych jąder - helu (He), trytu (T), litu (Li) oraz berylu (Be). Tryt jest najcięższym nietrwałym izotopem wodoru. Dość szybko ulega dalszym reakcjom, powodując powstanie helu lub berylu. I w zasadzie na tym etapie to wszystko. Największe jądra, które powstają w procesie nukleosyntezy pierwotnej, są tylko siedem razy cięższe niż proton. W sumie cztery pierwiastki. Układ okresowy w tamtym czasie był, jak widać, bardzo skromny.

Obliczenia teoretyczne związane z procesami zachodzącymi podczas pierwotnej nukleosyntezy pozwoliły na ustalenie oczekiwanej względnej zawartości procentowej właśnie tych najprostszych pierwiastków. Wynikało z nich, że w efekcie tego procesu 75% mieszaniny stanowiły jądra wodoru, a niemal 25% - jądra helu-4. Deuter i hel-3 stanowiły około 0,01%, natomiast lit był obecny w ilościach śladowych. Co ważne - te obliczone dane bardzo dobrze zgadzają się z uzyskanymi z obserwacji kosmicznych. Jest to dość solidny dowód na to, że zaproponowano poprawny mechanizm powstawania niewielkich pierwiastków. Cały proces, podczas którego powstały wszystkie obecne dziś jądra helu, trwał niezwykle krótko - szacuje się, że było to niecałe pół godziny.

Obecne szacunki względnej masowej zawartości pierwiastków w Kosmosie są następujące: wodór (H) stanowi 70,5%, hel (He) - 27,5%. Te dwa pierwiastki składają się na 98% masy wszystkich atomów

Wszechświata. Wszystkie inne, w tym te najważniejsze z naszego, ludzkiego punktu widzenia (C, N, O, P itd.), stanowią zaledwie 2%. Aby powstały cięższe pierwiastki, najpierw jednak musiały powstać gwiazdy.

## **Ewolucja gwiazd**

Gwiazdy towarzyszą człowiekowi od zarania dziejów. Zawsze były obiektem fascynacji, ale dopiero poważne obserwacje astronomiczne pozwoliły ustalić, co sprawia, że te obiekty świecą. Zaczniemy jednak od początku. Pierwotna materia kosmiczna była rozproszona, lecz wszechobecna grawitacja spowodowała, że w różnych miejscach zaczęły się pojawiać lokalne skupienia, złożone głównie z najczęściej występującego budulca, czyli wodoru. Jeśli takie skupienie osiągnie odpowiednią gęstość, a jednocześnie temperatura spadnie do określonego poziomu, możliwe będzie tworzenie się cząsteczek wodoru  $H_2$ . W taki sposób powstają obłoki molekularne. Jeśli taki obłok ma wystarczającą masę, znowu zaczyna działać grawitacja powodująca coraz większe skupienie materii, co z kolei skutkuje wzrostem temperatury. Właśnie w taki sposób zaczyna się formować protogwiazda. Czas tego procesu zależy od masy materii obecnej w tym miejscu i może wynosić od setek tysięcy do milionów lat. Protogwiazda emituje tylko promieniowanie cieplne, podczerwone, ponieważ nie zachodzą tam jeszcze typowe reakcje termojądrowe. Dopiero gdy na skutek wzrostu gęstości temperatura wzrośnie powyżej 10 mln stopni Celsjusza, gwiazda się „zapala” i możemy ją obserwować, ponieważ zaczyna emitować światło widzialne.

## **Cykl gwiazdny - powstawanie pierwiastków lekkich**

We wnętrzu protogwiazdy panują wystarczające ciśnienie oraz temperatura, aby rozpoczęła się reakcja fuzji jądrowej. Protony łączą się ze sobą, w wyniku czego powstają, podobnie jak we wczesnym stadium ewolucji Wszechświata, atomy deuteru, a następnie helu. Ten cykl jądrowy nazywany jest od nazwiska odkrywcy cyklem Bethego. Właśnie na takim etapie ewolucji jest nasze Słońce. Energia uwalniana w reakcji fuzji jądrowej wypromieniowywana jest w większości w postaci promieniowania elektromagnetycznego; część z niej niosą ze sobą neutrino.

W przypadku gwiazd o masie znacznie większej niż masa naszego Słońca synteza jąder helu zachodzi także w innym procesie, zwanym cyklem węglowo-azotowo-tlenowym (CNO). W tym ciągu reakcji jądra węgla-12 pełnią, mówiąc językiem chemicznym, rolę katalizatora. W tym procesie – sumarycznie – cztery protony łączą się, tworząc trwałe jądro helu. Ten rodzaj cyklu zachodzi tylko w przypadku, gdy temperatura wewnątrz gwiazdy przekracza 20 mln stopni Celsjusza.

## **Więcej w miesięczniku „Wiedza i Życie” nr [02/2016](#) »**

<https://laboratoria.net/felieton/24905.html>

**Informacje dnia:** [Flexicon FPC50 w dydaktyce pracy laboratoryjnej](#) [Blisko 2,8 mln zł na badania nad terapią](#) [Studenci AGH zaprezentowali swój najnowszy bolid elektryczny](#) [Naukowcy sprawdzili, czy protony są wieczne](#) [Polska wśród krajów z najniższym poziomem stresu psychicznego](#) [Życie seksualne coraz częściej przenosi się do świata technologii](#) [Flexicon FPC50 w dydaktyce pracy laboratoryjnej](#) [Blisko 2,8 mln zł na badania nad terapią](#) [Studenci AGH zaprezentowali swój najnowszy bolid elektryczny](#) [Naukowcy sprawdzili, czy protony są wieczne](#) [Polska wśród krajów z najniższym poziomem stresu psychicznego](#) [Życie seksualne coraz częściej przenosi się do świata technologii](#)

## **Partnerzy**