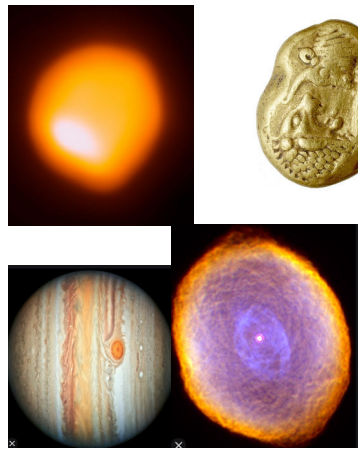


### Wszechświat w mojej kieszeni



### Quiz

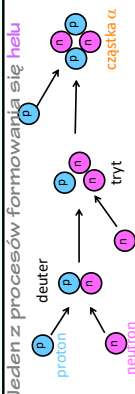
Skąd pochodzi złoto?



### Od gwiazd do żywych istot

Zanim **pierwiastki** stana się częścią żywej istoty, muszą przejść przez wiele etapów, które są nadal słabo poznane. Najpierw tworzą się chmury **molekuł** i pyłu, w których rodzą się gwiazdy. Gwiazdy te, jeszcze bardzo młode, są otoczone dyskiem protoplanetarnym, zbudowanym z grudek pyłu i lodu. To z tego dysku powstają planety. Ich skład chemiczny różni się w zależności od odległości od gwiazdy, im mniejsza odległość, tym łatwiej jest rozproszyć lotne **pierwiastki**. Zależy to również od masy planet: im mniejsza masa, tym łatwiej jest uciec lżejszym cząstkom. W miarę formowania się planety następuje segregacja **pierwiastków**, tak że jądro ma inny skład niż skorupa. Wreszcie to z materiałów znajdujących się w skorupie powstają żywe istoty.

W artykule z Alpha i Bethe z 1948 r., George Gamow zaproponował teorię powstawania pierwotnego **wodoru** i **helu**. Autorzy argumentowali, że wszystkie inne pierwiastki również powstały w Wielkim Wybuchu przez sukcesywne dodawanie **cząstek α**. Ale w tej kwestii się mylili.



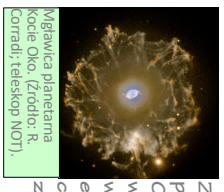
**Proton:** składa się z trzech cząstek elementarnych, kwarków. Posiada pozytywny ładunek elektryczny i masę  $1.672649 \times 10^{-24}$  g.  
**Neutron:** składa się z trzech kwarków, nie ma ładunku elektrycznego. Jego masa wynosi  $1.67493 \times 10^{-24}$  g.  
**Elektron:** cząstka o ujemnym ładunku elektrycznym, której masa stanowi około 1/2000 masy protonu.  
**Wodór:** najlżejszy pierwiastek. Zbudowany jest z protonu i elektronu.  
**Hel:** najlżejszy stabilny pierwiastek po wodorze. Składa się z cząstki  $\alpha$  i dwóch elektronów.  
 Jeden z procesów formowania się helu

### Wodór i hel

Kiedy Wszechświat był bardzo gęsty i gorący ( $T = 10^{12}$  K), krótko po Wielkim Wybuchu \*, składał się on jedynie z podstawowych cząstek materii i ziaren światła zwanymi fotonami. Gdy ostygł, cząstki połączyły się w **protony** i **neutrony** w równych ilościach. Jednak gdy temperatura zmalała, **protony** przejęły kontrolę ze względu na ich mniejszą masę. Kiedy temperatura spadła poniżej  $10^9$  K, na każdy **neutron** przypadło 7 **protonów**.

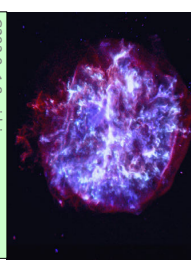
Następnie **neutrony** i **protony** połączyły się tworząc jądra. Najstabilniejszym jądrem, jakie mogło powstać w tamtym czasie, był **hel**. Do utworzenia helu użyto w wszystkie dostępne **neutrony**, dając jedno jądro helu na każde 12 jąder wodoru pod koniec pierwotnej epoki.

\* patrz tuimp 12

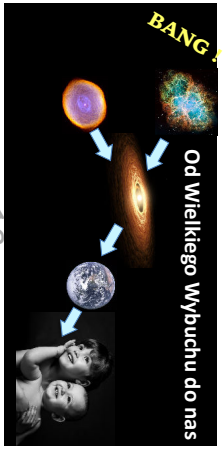


G292.O+1.B: Pozostałość po supernowej pochodząca z masywnej gwiazdy, która wyrzuciła dużo tlenu, magnezu i neonu do otoczenia międzygwiazdowego.

Złożone zdjęcie mgławicy planetarnej Kocie Oko. Obiekt ten powstał w wyniku kilku epizodów wiatrów gwiazdowych emanujących z gwiazdy centralnej, która obecnie zmienia się w białego karła.

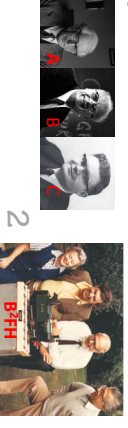


Uważa się, że całe złoto Układu Słonecznego powstało podczas zderzenia dwóch gwiazd **neutronowych**.



Masywny procent pierwiastków chemicznych w różnych lokalizacjach

	Ilość protonów	Układ Słoneczny	Skorupa Ziemia	Ludzkie ciało
H	1	70.5	0.14	9.5
He	2	27.5	-	-
C	6	0.30	0.030	18.5
N	7	0.11	0.005	3.2
O	8	0.96	46.6	65
Si	14	0.065	27.7	0.00002
S	16	0.040	0.050	0.3
Ca	20	0.006	3.6	1.5
Fe	26	0.117	5.0	0.006



2

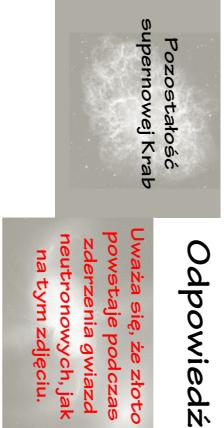
**Historia nukleosyntezy gwiazdowej:**  
 W 1931 roku Robert d'Escourt Atkinson **A** opublikował artykuł „Synteza atomów i energia gwiazd”. W latach 1938 i 1939 Hans Bethe **B** zidentyfikował dwa mechanizmy transformujące wodór w hel w gwiazdach. W 1946 roku Fred Hoyle pokazał jak pierwiastki są syntezowane z wodorem. Margaret i Geoffrey Burbidge, William Fowler oraz Fred Hoyle **B<sup>2</sup>FH** opublikowali w 1957 szczegółowy artykuł „Synteza pierwiastków w gwiazdach”. W tym samym roku, Alastair Cameron **C** opublikował artykuł „Reakcje jądrowe w gwiazdach i nukleogeneza”.

**Atomy** są podstawowymi składnikami materii. Składają się z **jądra** (zawierającego **protony** i **neutrony**) oraz **elektronów**. Atomy łączą się w **molekuły** poprzez dzielenie własnych elektronów. Komórki ludzkiego ciała składają się z miliardów **molekuł**.

**Fuzja w gwiazdach**

Bardzo gorące i gęste jądro gwiazdy zapewnia idealne warunki do produkcji większych i jeszcze większych **jąderek**. Początkowo atomy **wodoru** łączą się do **helu**, co odpowiada najdłuższemu etapowi życia gwiazdy. Prawie wszystkie świecące gwiazdy czerpią energię z tego procesu.

Gdy **wodór** zostanie zużyty, jądro **helowe** skrąpla się, a jego temperatura wzrasta. Następnie **jądra helu** łączą się w grupy po trzy tworząc węgiel, podczas gdy **wodór** nadal wytwarza **hel** w zewnętrznych warstwach gwiazdy. Następnie tworzą się cięższe **jądra** przez dalsze dodawanie **cząstek α** w różnych warstwach. Jeśli gwiazda, jest wystarczająco masywna, proces ten trwa do momentu powstania żelaza. **Jądra** cięższe od żelaza powstają w różnych warunkach przez dodanie **neutronów**.



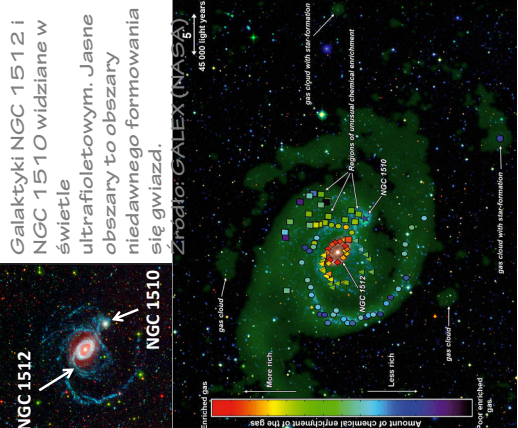
Gwiazda Betelgeuse  
 Pozostałość supernowej Krab  
 Półksiężyc: złota moneta wybita przez króla Krezusa w VI wieku pne. w Lidii.



Jowisz  
 Mgławica planetarna IC 418

**Odpowiedź**

Uważa się, że złoto powstaje podczas zderzenia gwiazd neutronowych, jak na tym zdjęciu.



Galaktyki NGC 1512 i NGC 1510 widziane w świetle ultrafioletowym. Jasne obszary to obszary niedawnego formowania się gwiazd.  
 Źródło: GALEX (NASA)  
 Symbole wskazują orbitę tlenu (czerwony, gdy jest go dużo, niebieski, gdy jest go mało).  
 Źródło: Lopez-Sánchez (A&M&G) i Kontaridis (S&I&O)

Tłumaczenie: Natalka Żywucka-Hejzner  
 TUMIP Creative Commons

Aby dowiedzieć się więcej o tej serii i o temacie przedstawionym w tej książeczce odwiedź:  
<http://www.tumip.org>

**Wszelchwiat w mojej kieszeni Nr 14**  
 Niniejsza książeczka została napisana w 2020 przez Grację Stasińską z Obserwatorium Paryskiego (Francja) i sprawdzona przez Nikos Prantzos z Instytutu Astrofizyki w Paryżu.

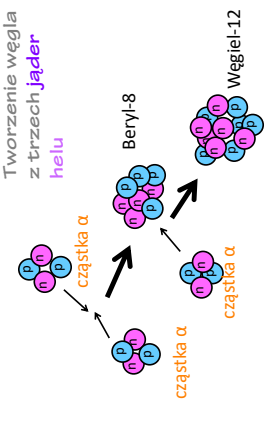
**Kosmiczna Odyseja Pierwiastków**

Po uwolnieniu do ośrodka międzygwiazdowego, **pierwiastki** rozprzeczają długą podróż przez galaktyki, zanim zostaną uwiecznione podczas formowania się nowych gwiazd. W ten sposób kolejne generacje gwiazd stają się bogatsze w węgiel, azot, tlen i inne pierwiastki.

Podróż **pierwiastków** przez ośrodek międzygwiazdowy bywa kręta, a perturbacje są powiązane ze zderzeniami między galaktykami. **Pierwiastki** uwolnione podczas wybuchów supernowych mogą nawet przedostać się do ośrodka międzygalaktycznego, a ostatecznie trafić do innych galaktyk. Ostatnie symulacje numeryczne sugerują, że wiele **pierwiastków** obecnych w Drodze Mlecznej pochodzi z innych galaktyk.

Używając spektroskopii astronomowie pokazali, że takie same **pierwiastki** są znajdowane w gwiazdach. Jednakże astronomom udało się zrozumieć pochodzenie tych **pierwiastków** i odkryć bardzo ściśle powiązanie, które łączy nas z gwiazdami.

Nasze ciała składają się z wody (63%), białek (20%), tłuszczów (10%), cukrów (2%) i wielu różnych minerałów (5%). Od końca XVIII wieku, czyli od czasu intensywnego rozwoju chemii wiemy, że wszystkie te materiały składają się ze złożonych **molekuł** zawierających **atomy** wodoru, węgla, tlenu i mniejszej ilości innych **pierwiastków**. **Pierwiastki** te są dokładnie tymi samymi co znalezione w roślinach, skorupie ziemskiej, jak również w atmosferze.



Tworzenie węgla z trzech **jąderek helu**  
 Diagram przedstawiający strukturę masywnej gwiazdy pod koniec jej ewolucji. Każda warstwa ma inny skład. **Pierwiastki** cięższe od żelaza są produkowane przez wychwytywanie **neutronów**.

