

Kto wie, do czego potrzebny jest nam molibden? Mimo że w ludzkim organizmie występuje w śladowych ilościach, pełni bardzo ważną rolę: umożliwia między innymi produkowanie enzymów potrzebnych do przyswajania tłuszczów, cukrów i żelaza, występuje także w zębach i kościach.

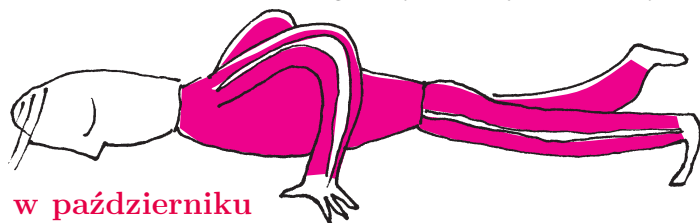
„A nearby neutron-star merger explains the actinide abundances in the early Solar System”, Imre Bartos & Szabolcs Marka, Nature 569, 85–88 (2019).

## Prosto z nieba: Skąd się wzięły ciężkie pierwiastki?

W  $\Delta_{18}^7$  pisaliśmy o „metodach produkcji” różnych pierwiastków, od lekkich – niezbędnych do podtrzymywania procesów życiowych – do bardzo ciężkich, wykorzystywanych przez naszą cywilizację w technologii. Dzięki nowym obserwacjom związanym z emisją i detekcją fal grawitacyjnych gromadzimy obecnie coraz więcej dowodów na to, że pierwiastki cięższe od molibdenu powstają w bardzo specyficznym otoczeniu ekstremalnie neutrononadmiarowych jąder atomowych bombardowanych przez szybko poruszające się swobodne neutrony. „Proces r”, od *rapid*, to zjawisko na tyle szybkiego wychwytu wielu neutronów przez jądro, by zysk na jego masie kompensował, a nawet przeważał naturalnie zachodzące w tym samym czasie rozpady. Proces r zachodzi bardzo efektywnie podczas zderzenia się gwiazd neutronowych w układach podwójnych, podobnych do historycznego GW170817 i pozostałej po nim szybko gasnącej kilonowej.

Większość produktów procesu r ma ograniczony okres trwałości: egzotyczne izotopy, dalekie od stabilnych konfiguracji, rozpadają się na mniej masywne, ale za to stabilne jądra. Zasadne wydaje się pytanie, skąd z praktycznego punktu widzenia wzięły się na Ziemi używane przez nas pierwiastki. Czy wszystkie okoliczne planety są równie bogato lub ubogo wyposażone w pierwiastki sprzyjające rozwojowi cywilizacji? Z tego, co wiemy do tej pory, zderzenia gwiazd neutronowych podobne do GW170817 zdarzają się stosunkowo rzadko (częstość występowania jest około 100 razy mniejsza od zapadania się masywnych gwiazd, czyli zjawisk supernowych). Obecność radioaktywnych izotopów w mgławicy, z której powstał Układ Słoneczny, jest zatem najprawdopodobniej wynikiem najwyżej kilku pobliskich wydarzeń typu GW170817. Jak można odtworzyć tę historię? Krótkożytności izotopy wyprodukowane w procesie r – o okresach półtrwania krótszych niż 100 milionów lat – nie są aktualnie obecne w Układzie Słonecznym, ale ich początkowe obfitości są znane, ponieważ produkty pochodne zostały zachowane w wysokotemperaturowych kondensatach znajdujących w meteorytach. Ich względna obfitość wskazuje na pochodzenie: bardzo dobrze pasuje do hipotezy, w której powstają one podczas zderzeń gwiazd neutronowych. Z obfitości aktynowców produkowanych wyłącznie w procesie r da się także wywnioskować, że do „zanieczyszczenia” pierwotnej materii pre-Układu Słonecznego doszło poprzez pobliskie zderzenia gwiazd neutronowych. Dzięki symulacjom komputerowym można stwierdzić, że częstotliwość takich zjawisk w naszej Galaktyce to od około 1 do 100 razy na milion lat. Jest to zgodne z obserwacyjnymi szacunkami częstotliwości pojawiania się fal grawitacyjnych typu GW170817, ale wyklucza supernowe i procesy zachodzące w „zwykłych” gwiazdach. Jest bardzo prawdopodobne, że większość ciężkich pierwiastków, które mamy do dyspozycji na Ziemi, pochodzi z jednego zderzenia, w którym powstała m.in. duża część kiuru (Cm) i znaczna część plutonu (Pu), obecnego we wczesnym Układzie Słonecznym. Takie kosmiczne zderzenie i eksplozja, połączona zapewne z błyskiem gamma, mogły nastąpić około 300 parseków od pierwotnej mgławicy, z której powstaliśmy, tuż przed uformowaniem się Układu Słonecznego.

Michał BEJGER



## Niebo w październiku

Zaczął się ostatni kwartał 2019 roku. Przed nami jeszcze jego trzy miesiące, z długimi nocami i krótkimi dniami. Niestety w tym czasie pogoda bardzo często nie sprzyja obserwacjom, dlatego należy wykorzystywać wszelkie chwile rozpogodzeń. Następne mogą trafić się nieprędko. W październiku **Słońce** wędruje szybko na południe. Przez miesiąc jego deklinacja (i wynikająca z niej wysokość górowania) zmniejszy się o ponad  $10^\circ$ , a czas przebywania Słońca na nieboskłonie skróci się o ponad 100 minut.

**Księżyc** rozświetli nocne niebo w środku miesiąca. Początkowo, 5 października, Srebrny Glob przejdzie przez I kwadrę, 13 października – przez pełnię, 21 października – przez ostatnią kwadrę i 28 października – przez now. Oczywiście jesienią nachylenie ekliptyki wieczorem, w przeciwieństwie do poranka, jest niekorzystne, a zatem przed I kwadrą Księżyc (i inne ciała niebieskie przebywające blisko ekliptyki) jest widoczny słabo, natomiast rano – przeciwnie. Stań 27 października nadarzy się okazja do