

Grając w „CHESS” z gwiazdami:  
Odszyfrowywanie historii wzbogacenia Galaktyki w pierwiastki chemiczne  
za pomocą ich obfitości w gwiazdach

dr hab. Rodolfo Smiljanic  
(CAMK/PAN)

Zrozumienie, jak uformowała się i jak ewoluowała nasza galaktyka, Droga Mleczna, jest jednym z fundamentalnych celów współczesnej astrofizyki. Obecnie Droga Mleczna zawiera wiele miliardów gwiazd. Mają one różne masy (od ok. 8% do nawet 100 mas Słońca) i są w różnym wieku (niektóre prawie tak stare jak Wszechświat, tj.  $13.8 \times 10^9$  lat; a niektóre są wciąż na etapie powstawania). Astronomowie odkryli, że są one rozłożone w dobrze zorganizowanych strukturach. Galaktyka posiada zgrubienie centralne o bardzo dużej gęstości przestrzennej gwiazd, rotujący dysk z ramionami spiralnymi i rozciągle sferyczne halo o małej gęstości przestrzennej gwiazd, w którym poruszają się one w przypadkowych kierunkach. Odkryto również, że poza formowaniem własnych gwiazd, Galaktyka czasem pochłania zewnętrzne systemy gwiazdowe, które stają się jej częścią.

Gwiazdy w Drodze Mlecznej różnią się również swoim składem chemicznym. Pierwotny materiał powstały w Wielkim Wybuchu zawierał przede wszystkim wodór i hel. Wszystkie pozostałe pierwiastki chemiczne powstały później. Większość z nich uformowała się we wnętrzu gwiazd na drodze reakcji jądrowych. Następujące po sobie populacje gwiazd powstające z materiału uwolnionego przez populacje poprzednie powodują, że ilość (czy też obfitość) pierwiastków rośnie z czasem w Galaktyce. Najstarsze, bardzo dawno uformowane gwiazdy, zbudowane są prawie wyłącznie z wodoru i helu ze śladowymi ilościami pierwiastków takich jak węgiel czy wapń. Większość młodszych gwiazd ma skład chemiczny podobny do słonecznego, dlatego zawiera wszystkie pierwiastki, które znajdują się również na Ziemi.

Pomimo tego, że posiadamy już pewną wiedzę na ten temat, wiele szczegółów wciąż pozostaje niezbadanych. Nie wiemy dokładnie, które pierwiastki chemiczne są produkowane przez które rodzaje gwiazd; nie wiemy, w jakich skalach czasowych pierwiastki powstają; nie wiemy, dlaczego różne struktury Galaktyki mają różne składy chemiczne; nie znamy historii formowania się populacji gwiazd w tych strukturach. To są niektóre z zagadnień, które będą badane w ramach niniejszego projektu.

Gwiazdy „przechowują” informacje o warunkach panujących w Galaktyce w czasie, kiedy powstały. Informacja taka zakodowana jest w rozkładach własności chemicznych i kinematycznych gwiazd. Dlatego, poprzez badanie składu chemicznego ogromnej liczby długo żyjących, mało masywnych gwiazd, powstałych w różnych momentach i w różnych miejscach w Galaktyce, możliwe powinno się stać zrekonstruowanie historii wzbogacenia Galaktyki w pierwiastki chemiczne.

Nasz ambitny program badawczy koncentruje się na wyznaczeniu bardzo precyzyjnych parametrów atmosferycznych gwiazd i obfitości pierwiastków chemicznych (celem jest zbadanie ponad 30 pierwiastków) w próbce ponad 10 000 gwiazd typów widmowych F, G i K posiadających już dostępne w domenie publicznej widma wysokiej rozdzielczości. Stworzony zostanie nowy, innowacyjny sposób analizy (po angielsku: CHESS, CHEmical Survey analysis System; *system analizy obfitości pierwiastków chemicznych w przeglądzie spektroskopowym gwiazd*). Połączy on w sobie tradycyjne modelowanie widm gwiazdowych za pomocą programów numerycznych symulujących przepływ promieniowania ze współczesnymi technikami uczenia maszynowego i uwzględni dodatkowo ograniczenia uzyskane z danych fotometrycznych, asterosejsmologicznych i astrometrycznych. Pozwoli to na przeprowadzenia analizę ogromnej skali i o wysokiej precyzji, dzięki której uzyskane zostaną obfitości pierwiastków chemicznych w gwiazdach o niespotykanej do tej pory jakości.

Obfitości te zostaną wykorzystane wraz z wiekiem i parametrami kinematycznymi gwiazd do przeprowadzenia szczegółowych badań własności gwiazd, wykorzystujących również współczesne metody uczenia maszynowego. Pod koniec realizacji projektu będziemy w stanie wykorzystać uzyskane wyniki w celu odtworzenia sekwencji wydarzeń opisujących ewolucję chemiczną Galaktyki od jej wczesnych stadiów aż po dzień dzisiejszy.