

W naturze wszystko, co widzimy wokół siebie — planety, gwiazdy, a nawet nasze ciała — składa się z atomów. Ale co się dzieje, gdy dwa atomy zderzają się z niewiarygodnie dużą prędkością? Ten proces, zwany fuzją, jest jedną z najbardziej podstawowych interakcji we wszechświecie. Zasila gwiazdy, w tym nasze Słońce, i tworzy wiele pierwiastków, które znajdujemy na Ziemi.

Fuzja zachodzi, gdy jądra atomowe zbliżają się na tyle, że łączą się w jedno, większe jądro. Nie jest to jednak łatwe, ponieważ dodatnio naładowane jądra odpychają się. Fuzja może nastąpić tylko przy bardzo wysokich energiach — takich jak w jądrze gwiazdy. Ku zaskoczeniu naukowców, fuzja staje się jeszcze trudniejsza, niż oczekiwano, przy bardzo niskich energiach. To zagadkowe zachowanie nazywa się osłabieniem przekroju czynnego (prawdopodobieństwa nastąpienia procesu) i staramy się zrozumieć, dlaczego tak się dzieje.

Nasz projekt koncentruje się na badaniu reakcji fuzji z udziałem średniolekkich jąder, takich jak neon i krzem. Te atomy są nieco cięższe od tych powszechnie występujących w gwiazdach, ale dostarczają cennych wskazówek na temat fuzji w ekstremalnych warunkach. Aby to zrobić, używamy wiązek szybko poruszających się jąder, poruszających się z prędkością około 10% prędkości światła, i kierujemy je na cienkie warstwy materiału. Kiedy jądra zderzają się, powstają nowe pierwiastki, które muszą zostać oddzielone od jonów nadchodzącej wiązki.

Jednym z kluczowych narzędzi w naszych eksperymentach jest specjalistyczne urządzenie zwane filtrem Wiena. Ten zaawansowany system pomaga nam oddzielić produkty fuzji od innych cząstek, co pozwala na dokładniejsze pomiary. Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów w Warszawie jest wyjątkowo wyposażone do tego rodzaju badań, szczególnie dzięki swojej zdolności do wytwarzania rzadkich wiązek neonowych.

Oslabienie przekroju czynnego na fuzję pozostaje jedną z najbardziej intrygujących tajemnic fizyki jądrowej. Wyniki eksperymentów pokazują, że częstość zachodzenia fuzji niespodziewanie spada przy niskich energiach. Zrozumienie tego zjawiska wymaga szczegółowych pomiarów interakcji jąder w tych warunkach i przetestowania zaawansowanych modeli teoretycznych. Skupiając się na jądrach średnio-lekkich, które mają właściwości łączące jądra lekkie i ciężkie, dążymy do odkrycia uniwersalnych wzorców rządzących zachowaniem jąder.

Eksperymenty w naszym projekcie obejmują tworzenie kontrolowanego środowiska w celu odtworzenia procesu fuzji. Wiazki przyspieszonych jąder wiązki zderzają się z jądrami nieruchomej tarczy, tworząc w wyniku fuzji nowe jądra. Wykrywanie i analizowanie tych procesów wymaga użycia wyrafinowanych detektorów. Zebrane dane pozwolą nam zrekonstruować zdarzenia fuzji i zbadać warunki, w których występuje osłabienie przekroju czynnego na fuzję.

Badania te mają szersze implikacje wykraczające poza fizykę jądrową. Fuzja jest kluczowa dla zrozumienia, w jaki sposób powstały pierwiastki we wszechświecie. W gwiazdach fuzja jądrowa napędza produkcję cięższych pierwiastków. Badając fuzję w laboratorium, zyskujemy wgląd w te zjawiska kosmologiczne, zwiększając naszą wiedzę na temat ewolucji gwiazd i składu chemicznego wszechświata.

W ramach tego projektu, prowadzonego w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów w Warszawie, chcemy poszerzyć naszą wiedzę na temat fuzji jądrowej. Odkrywając sekrety osłabienia przekroju czynnego na fuzję, mamy nadzieję odpowiedzieć na fundamentalne pytania dotyczące sił, które kształtują wszechświat i otwierają nowe ścieżki dla odkryć naukowych.