

Duży krok naprzód w dziedzinie fuzji jądrowej

1 września 2021

Stellaratory, skomplikowane urządzenia do wytwarzania plazmy i przeprowadzania kontrolowanej reakcji termojądrowej, zawsze pozostawały w cieniu tokamaków. W stellaratorze plazma uzyskiwana jest w komorze o złożonym kształcie, przypominającym kilkukrotnie skręconą wstęgę Mobiusa, a potrzebne do pracy cewki muszą mieć najróżniejsze kształty dostosowane do kształtu komory. To czyni stellaratory bardzo złożonymi urządzeniami, ale ich olbrzymią zaletą jest fakt, że – inaczej niż w tokamakach – plazma stabilizuje się sama.



Trudności w wyprodukowaniu odpowiednich cewek magnetycznych oraz utrata temperatury spowodowana złożonym kształtem komory stellaratora powodowały, że więcej słyszeliśmy i pisaliśmy o tokamakach. Jednak to się może zmienić.

Naukowcy z niemieckiego Instytutu Fizyki Plazmy im. Maxa Plancka (IPP) we współpracy z naukowcami z amerykańskiego Princeton Plasma Physics Laboratory (PPPL) wykazali właśnie, że w największym na świecie i najnowocześniejszym stellaratorze Wendelstein 7-X (W7-X) w niemieckim Greifswald uzyskano temperaturę dwukrotnie wyższą niż temperatura jądra Słońca.

Udało się to dzięki instrumentowi diagnostycznemu XICS, który jest wspólnym dziełem Novimira Pablanta z PPPL i Andreasa Langenberga z IPP. Instrument ten wykazał, że udało się znacznie zmniejszyć utratę ciepła w stellaratorze. Dotychczas klasyczne stellaratory traciły go znacznie więcej niż tokamaki.

„Słabą stroną stellaratorów jest wchodzenie cząstek w tryb

transportu neoklasycznego, który przejawia się m.in. wypchnięciem zanieczyszczeń do centrum plazmy i jej szybkim wychłodzeniem [...]. W urządzeniach typu stellarator neoklasyczne uwięzienie cząstek jest dużo większe niż w tokamakach. [...] Do zalet tokamaka można przede wszystkim zaliczyć jego prostą budowę (geometrię) oraz zdecydowanie niższy transport neoklasyczny niż w stellaratorze” – stwierdza Natalia Wendler w rozprawie doktorskiej pt. Badania plazmy przy użyciu systemu diagnostycznego PHA na stellaratorze Wendelstein 7-X.

W najnowszym raporcie opublikowanym na łamach „Nature” eksperci informują, że udało im się zmniejszyć transport neoklasyczny za pomocą odpowiednio ukształtowanych magnesów. To olbrzymi sukces, który daje nadzieję, że w końcu uda się opanować fuzję jądrową.

Reakcja termojądrowa (fuzja jądrowa) to zjawisko polegające na łączeniu się lżejszych jąder w jedno cięższe. W jej wyniku powstaje duża ilość energii. Gdyby udało się ją opanować, mielibyśmy do dyspozycji praktycznie niewyczerpane źródło taniej i bezpiecznej energii. Fuzja ma więc wiele zalet w porównaniu z reakcją rozszczepienia jąder cięższych atomów na lżejsze, którą wykorzystujemy w elektrowniach atomowych. Problem w tym, że wciąż nie potrafimy opanować reakcji termojądrowej i uzyskać z niej nadmiarowej energii, gotowej do komercyjnego wykorzystania

Stellarator to jedno z pierwszych urządzeń fuzyjnych. Wymyślił je w latach 50. XX wieku fizyk Lyman Spitzer, późniejszy założyciel Princeton Plasma Physics Laboratory. Swoją drogą Spitzer był też pomysłodawcą budowy teleskopów kosmicznych.

Jak już wspomnieliśmy, stellaratory bardziej tracą ciepło niż tokamaki, ale mają też liczne zalety. „Swoją przewagę opierają na możliwości pracy ciągłej, niemalże braku niestabilności typu MHD oraz gwałtownych wygaśnień reakcji związanych z przekraczaniem limitu Greenwalda, którego się nie obserwuje w

tej konstrukcji. To wszystko sprawia, że stellaratory mogłyby być o wiele bardziej atrakcyjne dla przyszłej elektrowni termojądrowej, gdyby udało się tylko poprawić neoklasyczne utrzymanie naładowanych cząstek. Mimo to przez ostatnie 60 lat zdecydowanie większy nacisk był kierowany na badanie tokamaków, co zaowocowało znaczącym postępem w tej dziedzinie” – czytamy w pracy Natalii Wendler.

Teraz w uruchomionym przed kilkanaście laty stellaratorze W7-X udało się wykazać, że urządzenia te nie muszą tracić tak dużo ciepła. Badania przeprowadzone za pomocą instrumentu XICS wykazały bowiem, że osiągnięto tam tak wysoką temperaturę jonów, że nie byłoby to możliwe bez znacznej redukcji transportu neoklasycznego. Pomiary potwierdzono za pomocą nieco mniej dokładnego narzędzia CXRS.

Wyniki tych badań wskazują, że stellaratory oparte na architekturze W7-X mogą być kluczowymi reaktorami, za pomocą których uda nam się opanować fuzję jądrową. „Jednak redukcja transportu neoklasycznego nie jest jedynym problemem, z którym musimy się zmierzyć. Jest jeszcze cały szereg zagadnień, w tym poradzenie sobie z pracą ciągłą i zmniejszenie transportu turbulentnego” – mówi Pablant. Transport turbulentny powoduje wiry i fale przechodzące przez plazmę, które są drugą najważniejszą przyczyną utraty ciepła.

W przyszłym roku W7-X znowu ruszy pełną parą. W stellaratorze przez ostatnie trzy lata montowano nowy system chłodzenia, który umożliwi dłuższą pracę.

Autorstwo: Anna Błońska

Na podstawie: PPPL.gov, [Nature.com](https://www.nature.com)

Źródło: [KopalniaWiedzy.pl](https://kopalnia wiedzy.pl)