

### [Akceptuje](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkolenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)  
[Kontakt](#)



**[Laboratoria](#)**  
**[.net](#)**  
**[Innowacje](#)**  
**[Nauka](#)**  
**[Technologie](#)**

[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

zapisz się



- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

[Strona główna](#) > [Felieton](#)

## Kosmiczne grzanie



**20 maja br. w miejscowości Greifswald w Niemczech, w działającym tam Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, uroczystie poinformowano, że zakończyły się prace nad konstrukcją największego stellaratora na świecie. Stellarator Wendelstein 7-X przypomina kształtem mocno skręconą dętkę samochodową, oplecioną dziesiątkami potężnych magnesów. Waży ponad 700 t, ma 16 m średnicy, składa się z miliona części, a koszt jego budowy wyniósł prawie pół miliarda euro. Teraz będzie konfigurowany, sprawdzany i testowany przez mniej więcej rok. Potem rozpoczną się w nim pierwsze eksperymenty z termojądrowym zapłonem plazmy.**

Tymczasem w Cadarache na południu Francji powstaje, kosztem ponad 10 mld euro, gigantyczny tokamak ITER (International Termonuclear Experimental Reactor). Jego budowę finansuje UE, Japonia, Rosja, USA, Chiny, Korea Południowa i Indie. Będzie to reaktor na tyle duży i wydajny, że może uda się w nim doprowadzić w końcu do pierwszych reakcji termojądrowych dających więcej energii niż potrzeba do samego zainicjowania syntezy. Pierwszy zapłon plazmy w ITER powinien nastąpić za sześć lat. Budowa reaktora ITER jest już bardzo zaawansowana, choć wciąż jeszcze nie rozwiązano wszystkich podstawowych problemów dotyczących jego działania. Ale o tym później.

### **Przykład gwiazd**

W 1920 r. wielki angielski fizyk – sir Arthur Eddington (który wslawił się wieloma odkryciami, m.in. eksperymentalnym potwierdzeniem teorii względności Einsteina) – pierwszy wysunął tezę, że życie wszystkich gwiazd w kosmosie przebiega w podobny sposób. Podstawowy mechanizm pozwalający im trwać miliony, a nawet miliardy lat, oraz doznawać jądrowych przeobrażeń – czyli przemiany wodoru w cięższy hel, helu w cięższy węgiel, a potem w azot i tlen oraz dalej, aż do żelaza – polega na łączeniu, czyli syntezie, jąder pierwiastków. Do tego, by jądra mogły się łączyć, potrzebne są gigantyczne temperatury, a więc wielka energia kinetyczna cząstek, oraz czas. Łączenie, czyli synteza – zwana także fuzją termojądrową – zachodzi też w gwiazdach. W wyniku ogromnych temperatur w ich wnętrzach przebiegają reakcje syntezy, co powoduje powstanie ciśnienia, które próbuje „ujść” z gwiazd. Ich grawitacja jednak temu zapobiega. Obie siły: ciśnienia i grawitacji, równoważą się, co pozwala gwiazdom osiągać stabilność i równowagę, która chroni je przed zapaścią grawitacyjną z jednej strony oraz przed rozsadzeniem z drugiej. Dzięki temu mechanizmowi istnieje też nasze Słońce.

W 1934 r. po raz pierwszy przypuszczenia Eddingtona potwierdził Ernest Rutherford dla reakcji łączenia jąder deuteru (D+D), czyli izotopu wodoru. Niedługo potem, w latach 40. ub.w., Hans Bethe wyznaczył dokładnie, jak przebiegają reakcje termojądrowe prowadzące w gwiazdach do przemiany wodoru w hel, tworząc tzw. cykl Bethego, zwany inaczej cyklem protonowym. Bethe prześledził, jak kształtuje się ta reakcja, a następnie ją opisał, za co otrzymał Nagrodę Nobla. Wkrótce potem, na początku lat 50. ub.w., w USA, ZSSR i Anglii pojawiły się pierwsze pomysły, jak wykorzystać energię syntezy nie tylko do konstrukcji bomby wodorowej – znacznie potężniejszej od klasycznej bomby atomowej, bazującej na zjawisku rozszczepienia ciężkich jąder (uranu, plutonu) – ale też do

pozyskiwania energii.

Okazało się wówczas, że przynajmniej teoretycznie jest to możliwe i że najłatwiej w warunkach ziemskich doprowadzić do zapłonu termojądrowego, łącząc nie jądra samego wodoru – czyli protony – lecz jądra izotopów tego pierwiastka, czyli deuteru i trytu. W tym przypadku energia potrzebna do zainicjowania syntezy, czyli trwałego połączenia jąder, co w rezultacie prowadzi do ich zamiany w atomy helu oraz emisji ogromnej ilości ciepła pod postacią neutronów – jest najmniejsza.

Synteza kilograma mieszaniny deuteru i trytu (D+T) prowadzi do powstania cząstek alfa (jądro atomu helu) oraz neutronów przenoszących energię. W jej wyniku powstaje energia równa 106 kWh (kilowatogodzin). Jest to wydajność niezwykle. Synteza mieszaniny deuteru – otrzymanego z 40 l wody morskiej – oraz trytu – otrzymanego z 5 g litu – jest energetycznie równoważna spalaniu 40 t węgla.

Wkrótce też amerykański fizyk John Lawson stworzył kryterium nazwane jego nazwiskiem, opisujące, jaka musi być koncentracja plazmy, jej temperatura i jak długo musi ona w odpowiednim stanie istnieć, by do syntezy doszło. Kryterium Lawsona to iloczyn tych trzech wartości, który dla plazmy deuterowo-trytowej powinien być wyższy niż 1021 kiloeletronowolta w jednej sekundzie na metr kwadratowy. Wynika z tego, że optymalna temperatura plazmy w reaktorze powinna wynosić około 150 mln °C.

Badania kontrolowanej reakcji syntezy są ważne, ponieważ dawały – i wciąż dają ludzkości – perspektywę opanowania eksploatacji niezwykle wydajnego źródła energii (a przy tym czystego oraz bezpiecznego). Deuteru – pod postacią ciężkiej wody otrzymywanej ze zwykłej wody morskiej – mamy na Ziemi niemal nieograniczoną ilość. Tryt, który jest izotopem radioaktywnym o dość krótkim okresie połowicznego rozpadu – 12,3 roku – można otrzymać przez bombardowanie neutronami litu, który z kolei powszechnie występuje w skałach ziemskich. Naukowcy wciąż jeszcze nie okiełznali syntezy termojądrowej, ale dzisiaj są już zdecydowanie bliżej celu niż jeszcze 20 lat temu.

### **Spitzer, Tamm i Sacharow**

Pierwsze próby stworzenia eksperymentalnych instalacji do inicjowania kontrolowanej reakcji syntezy powstały w USA. Były to komory cylindryczne zwane Z-pinch, w których plazmę deuterową lub deuterowo-trytową podgrzewano wyładowaniami elektrycznymi i utrzymywano polem magnetycznym. Eksperymenty w układach Z-pinch nie spełniały jednak kryterium Lawsona. W 1951 r. amerykański fizyk plazmy Lyman Spitzer z Princeton Institute for Plasma Physics rozpoczął więc próby z pierwszymi urządzeniami toroidalnymi, w których linie sił pola magnetycznego utrzymującego plazmę w odpowiednim skupieniu były zamknięte. Spitzer eksperymentował z komorami w kształcie torusa (obwarzanka), które rozciągał lub nawet skręcał w coś na kształt położonej „ósemki”. W nich bardzo mocno rozgrzaną plazmę wodorową stosunkowo łatwo było utrzymać w odpowiednim skupieniu przy użyciu silnego pola magnetycznego generowanego przez zestaw zewnętrznych cewek elektromagnesów. Urządzenia te nazwano „stellaratorami” od angielskiego *stellar* (czyli gwiazdny) lub łacińskiego *stella*, czyli gwiazda, co miało wskazywać, że naśladują one reakcje termojądrowe zachodzące wewnątrz gwiazd.

Potem ich kształt jeszcze bardziej udoskonalono: główna komora, do której wstrzykiwano plazmę, miała wprawdzie kształt torusa, ale skręconego kilka razy. To tak, jakby przeciąć dętkę samochodową w jednym miejscu, następnie jeden koniec unieruchomić, drugi zaś skręcić kilka razy, po czym znów oba końce połączyć. Stellaratorów dość często używano podczas badań kontrolowanej reakcji syntezy termojądrowej w latach 50. i 60. ub.w. Potem nieco odeszły w zapomnienie, bo znacznie lepsze rezultaty badawcze uzyskiwano w tzw. tokamakach. Działo się tak aż do początku naszego wieku.

Z kolei idea tokamaków zrodziła się w ZSRR na początku lat 50. XX w. Teorię opracowało dwóch słynnych fizyków radzieckich zaangażowanych w budowę radzieckiej bomby wodorowej – Igor Tamm i Andriej Sacharow. Podstawy techniczne tokamaka stworzył zaś Lew Artymowicz. Pierwszy tokamak powstał w Instytucie Kurczatowa w Moskwie w 1956 r. W 1970 r. było na świecie pięć tokamaków, ale w roku 1976 – już 50. Dzisiaj większość fizyków plazmy zajmujących się fuzją jądrową uważa, że to właśnie te urządzenia dadzą nam możliwość kontrolowania tej reakcji oraz stworzenia pierwszych elektrowni termojądrowych. Jeśli tak się stanie, problemy energetyczne naszej cywilizacji zakończą się raz na zawsze.

**Więcej w miesięczniku „Wiedza i Życie” nr 08/2014 »**

<https://laboratoria.net/felieton/21832.html>

**Informacje dnia:** [Światło uwięzione w ultracienkiej siatce](#) [Przełom w leczeniu schorzeń układu ruchu WAT z nowymi pracownikami dla Instytutu Radioelektroniki](#) [Ponowna analiza danych naukowych może przynieść zupełnie inne wyniki](#) [Antybiotykooporność jednym z największych zagrożeń zdrowia publicznego](#) [Naukowcy pracują nad biosyntetycznym supermikrobiomem](#) [p](#) [Światło uwięzione w ultracienkiej siatce](#) [Przełom w leczeniu schorzeń układu ruchu WAT z nowymi pracownikami dla Instytutu Radioelektroniki](#) [Ponowna analiza danych naukowych może przynieść zupełnie inne wyniki](#) [Antybiotykooporność jednym z największych zagrożeń zdrowia publicznego](#) [Naukowcy pracują nad biosyntetycznym supermikrobiomem](#) [p](#)

**Partnerzy**