

Fuzja, czyli synteza jądrowa

– as w rękawie energetyki?

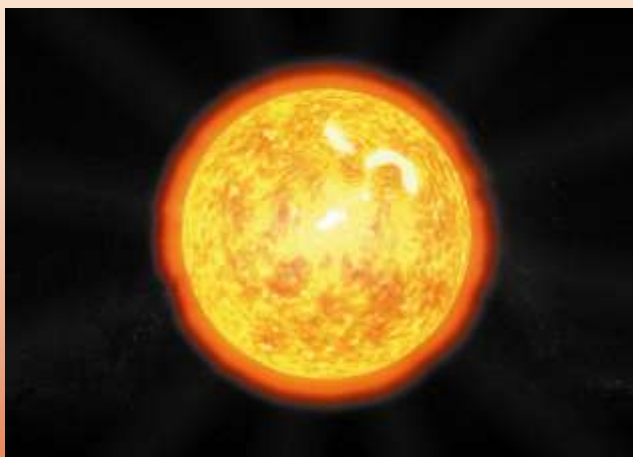
Tłumaczenie Helena Howaniec

Zapotrzebowanie naszego społeczeństwa na energię ciągle rośnie, podczas gdy zasoby złóż kopalnych - będących jeszcze wciąż głównym źródłem energii – kurczą się. Chris Warrick z European Fusion Development Agreement wyjaśnia, dlaczego badania nad syntezą termojądrową dają nadzieję na bezpieczne źródło energii.

Ujarzmienie fuzji jądrowej – źródła energii Słońca – było od dłuższego czasu marzeniem naukowców, ponieważ reakcja ta może zapewnić prawie nieograniczone dostawy energii, w sposób bezpieczny dla środowiska. Wraz z konstrukcją nowego reaktora termojądrowego ITER, który ma zacząć działać w Cadarache, na południu Francji, to marzenie może zbliżyć się do rzeczywistości.

Dlaczego prowadzone są badania nad nowymi sposobami wytwarzania energii? W ciągu najbliższych 40 lat spodziewane jest podwojenie zużycia energii na świecie. Podniesienie z nędzy krajów rozwijających się będzie wymagało jeszcze większego zużycia energii. W chwili obecnej, 80% światowej energii jest wytwarzane w trakcie spalania paliw kopalnych, zanieczyszczając przy tym środowisko oraz powodując zmiany klimatyczne. Ostatecznie, paliwa kopalne wyczerpią się. Pierwszym tego znakiem będzie spadek produkcji

oleju napędowego, co może nastąpić stosunkowo szybko. Nie ma czarodziejskiej różdżki, która by rozwiązała ten problem. Potrzebne są badania nad zwiększeniem wydajności energetycznej, wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii, reakcji rozszczepienia jądrowego, jako źródła energii oraz nad nowymi sposobami pozyskiwania energii, takimi jak synteza jądrowa. Pomysł pozyskiwania energii z kontrolowanej syntezy jądrowej nie jest niczym nowym. Największym problemem jest tutaj odtworzenia



Badanie fuzji jądrowej: odtworzenie na Ziemi reakcji zachodzących w Słońcu

w warunkach ziemskich reakcji zachodzących wewnątrz Słońca. W odróżnieniu od rozszczepienia ciężkich jąder, fuzja lekkich jąder wymaga wyjątkowych warunków.

Reakcja, którą wybrano do eksperymentu, przeprowadzanego na ziemi, jest synteza jąder deuteru i trytu – dwóch ciężkich izotopów wodoru – w wyniku, której powstaje jądro helu i neutron, który unosi nadwyżkę energii. Cząstki biorące udział w reakcji muszą mieć bardzo wysoką temperaturę (energię). Jest to możliwe tylko wtedy, kiedy znajdują się one w bardzo gorącym (ok. 150 mln stopni Celsjusza), wysoko zjonizowanym gazie zwanym plazmą. Gęstość cząstek w plazmie musi być wystarczająco duża oraz wysoka energia wewnątrz plazmy musi być utrzymywana wystarczająco długo, aby synteza jądrowa mogła być

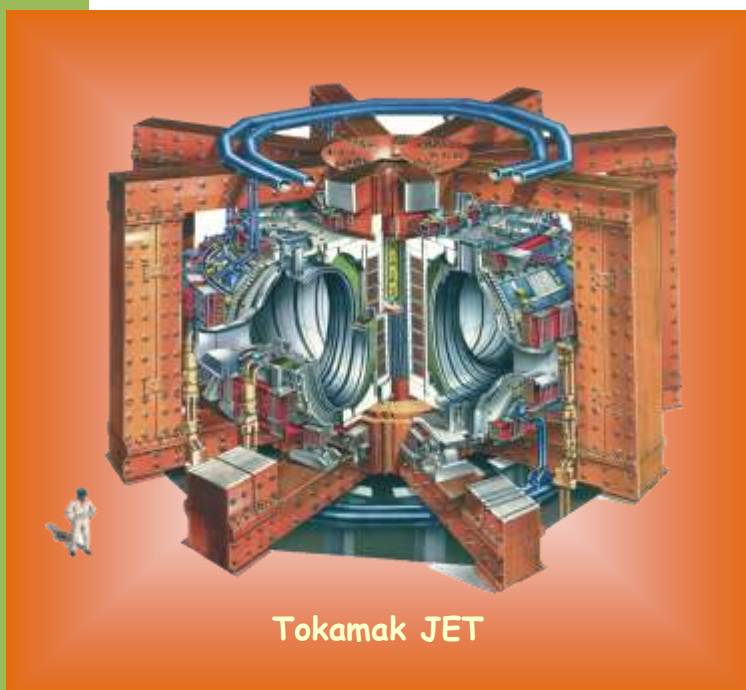
podtrzymywana. Aby były to reakcje energetycznie korzystne, energia uzyskiwana z fuzji powinna być wyższa od energii potrzebnej do utrzymania odpowiedniej temperatury plazmy. Bardzo ważną cechą syntezy jądrowej, cechą, która odróżnia ją od reakcji rozszczepienia, jest fakt, że fuzja nie jest reakcją łańcuchową. Jest dużo bardziej bezpieczna, nie jest możliwy proces niekontrolowany. Do utrzymania fuzji w czasie 1 minuty potrzebnych jest tylko kilka gram plazmy. Aby zatrzymać reakcję, wystarczy odciąć dostawę paliwa.

Przez trzy ostatnie dekady, najważniejsze badania skupiały się na urządzeniu zwanym tokamakiem. W tokamaku, plazma zamknięta jest w próżniowej komorze w kształcie obwarzanka. Aby ogrzać plazmę do temperatury 150 mln stopni Celsjusza, plazma ta musi być trzymana z dala od ścian komory. Można to zrobić za pomocą silnego pola magnetycznego, generowanego przez zwoje nawinięte wokół komory, ponieważ plazma posiada naładowane cząstki (jony i elektrony).

Do ogrzania plazmy do tak ogromnych temperatur, konieczne jest zastosowanie kilku metod jednocześnie. Jedną z nich jest przepuszczanie przez plazmę wysokich prądów elektrycznych. Dodatkowo podgrzewanie następuje za pomocą wstrzykiwania wiązek mikrofal oraz strumieni cząstek neutralnych.

Bardzo duży, światowy postęp w eksperymentach z tokamakiem

osiągnięto, od czasu zbudowania tokamaka JET w Culham Science Centre w Wielkiej Brytanii, w którym skupiają się europejskie badania w tej dziedzinie. JET jest najważniejszym w Europie urządzeniem do badań fuzji jądrowej i współpracuje z licznymi mniejszymi tokamakami w wielu laboratoriach na kontynencie. Program badań na JET jest opracowywany i koordynowany przez European Fusion Development Agreement. Jako największy, pracujący tokamak na świecie i jedyny, który może pracować zarówno na deuterze, jak i trycie, JET spełnia wszystkie konieczne warunki do zaistnienia syntezy



termojądrowej w plazmie. JET dostarcza cennych informacji jak utrzymać plazmę w komorze i zapobiec jej wysokiej niestabilności.

Moc wyjściowa dla JET (ok. 16 MW) jest bliska, lecz jednak niższa od mocy potrzebnej do utrzymania plazmy w temperaturze odpowiedniej do zaistnienia syntezy (25 MW). Niższa moc wyjściowa od wejściowej – niezbyt obiecujące dla elektrowni! Jednakże, oszacowania oparte na danych z JET oraz innych eksperymentach z fuzją jądrową przekonują, że większe tokamaki odwrócą ten bilans, produkując dużo wyższą energię w wyniku syntezy jądrowej niż energia potrzebna do ogrzania plazmy.

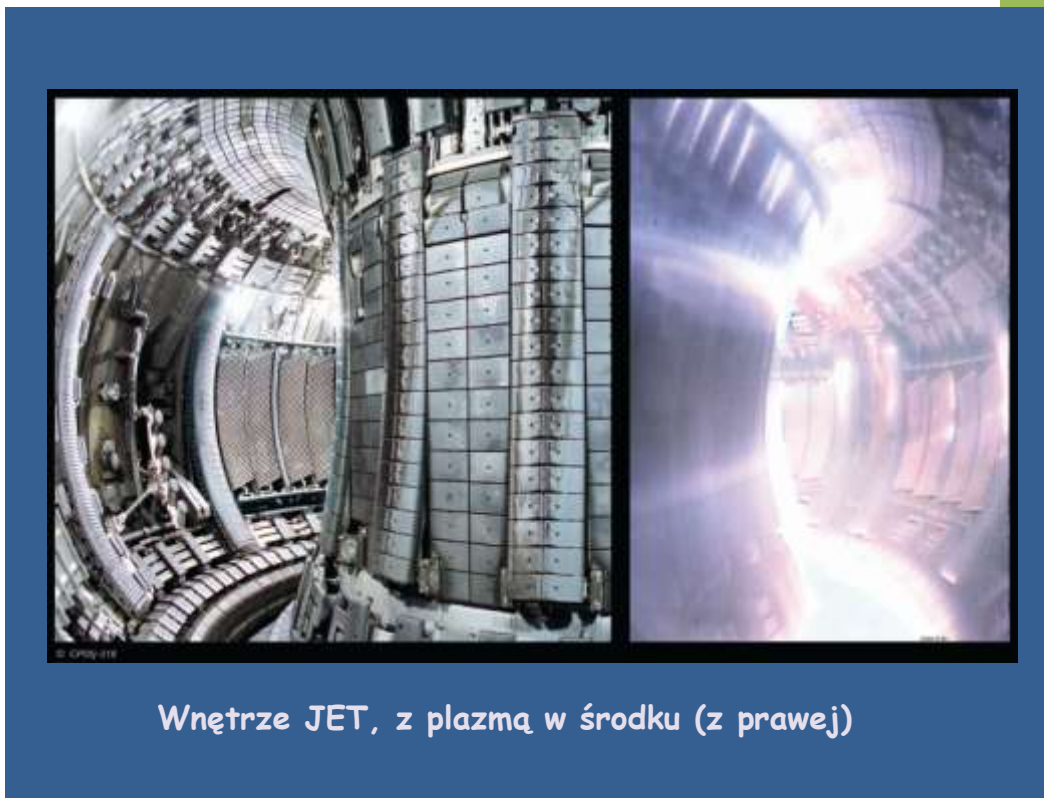
Chociaż jest pewność, że elektrownie oparte na syntezie jądrowej, mogą być konstruowane w ten sposób, potrzebne są dalsze badania, szczególnie w dziedzinie technologii, aby były one bezpieczne, niezawodne oraz ekonomicznie

korzystne. ITER (International Tokamak Experimental Reactor) będzie takim urządzeniem: krok milowy do komercyjnej elektrowni plazmowej. ITER będzie dwa razy większy od JET. Jego moc, 500MW, jest dziesięć razy większa od mocy potrzebnej do ogrzania plazmy. Jak sama nazwa wskazuje ITER jest przedsięwzięciem międzynarodowym, obejmującym siedmiu partnerów: Unię Europejską, Japonię, USA, Koreę Południową, Chiny, Rosję i Indie.

Zakończył się etap opracowywania projektu – planowane jest najwyższej klasy oprzyrządowanie oraz najbardziej zaawansowana technologia przy wytwarzaniu pola magnetycznego, oparta

na nadprzewodnictwie. Decyzja o lokalizacji ITER w Cadarache na południu Francji została podjęta w czerwcu 2005 roku. Budowa tokamaku jest w fazie przygotowań. Tokamak ma zacząć działać w 2015 roku. Problem, który nieodparcie nasuwa się tutaj, to użycie radioaktywnego trytu. W przyszłych elektrowniach opartych na syntezie jądrowej, tryt będzie produkowany w samym reaktorze, w zamkniętym cyklu.

Nie będzie potrzeby transportu radioaktywnych materiałów poza elektrownią. Tylko nieznaczna ilość trytu będzie obecna w samej elektrowni. Wnętrze komory plazmowej będzie



Wnętrze JET, z plazmą w środku (z prawej)

napromieniowywane podczas pracy reaktora z powodu neutronów powstałych w fuzji jądrowej. Jednakże przy użyciu odpowiednich materiałów, możemy się tego pozbyć (jako nie radioaktywnych odpadów) lub poddać recyklingowi na okres 100 lat (dzięki stosunkowo krótkiemu czasowi połowicznego zaniku). To jest wielka przewaga reaktorów termojądrowych nad reaktorami wykorzystującymi reakcję rozszczepienia jądrowego, których odpady wymagają wiele tysięcy lat składowania. Badania nad syntezą jądrową, obejmują również badania w zakresie takich właśnie materiałów o niskiej radioaktywności wzbudzonej neutronami.



ITER jest istotny ze względu na testowanie różnych, nowych technologii przy budowie i eksploatacji elektrowni. ITER powinien potwierdzić możliwość zbudowania elektrowni opartej na syntezie jądrowej. Jednakże, zanim to nastąpi, wymagane jest testowanie materiałów w warunkach pracy reaktora przez wiele lat, tak, aby zapewnić jego bezpieczeństwo i niezawodność. Tego typu badania będą możliwe w International Fusion Materials Irradiation Facility (IFMIF). Koszty badań nad syntezą jądrową wyniosą: dla ITER około 5 miliardów euro oraz IFMIF – trochę poniżej

1 miliarda euro. Choć wydają się one wysokie, jednak są małe w porównaniu z kosztem produkcji energii na świecie, która wynosi 3 tryliony euro na rok.

Zasadnicze pytanie: kiedy będziemy wytwarzać energię za pomocą fuzji jądrowej? Po skonstruowaniu i eksploatacji ITERa oraz badaniom za pomocą IFMIF, wybudowanie pierwszego prototypu elektrowni opartej na syntezie jądrowej będzie możliwe za 30 lat. Choć nie jest to stosunkowo szybko i nie pozwoli nam natychmiast odejść od tradycyjnych źródeł energii, to jednak fuzja stanie się ważnym, alternatywnym źródłem energii w drugiej połowie XXI wieku.

Źródło:

Chris Warrick(2006)Science in School 1:52-55

<http://www.scienceinschool.org/2006/issue1/fusion> Fusion-ace in the energy pack?

Ilustracje:

udostępniło European Fusion Development Agreement (EFDA)

Wydawca: Krajowy Punkt Kontaktowy EURATOM- IFPiLM, 2008

Publikacja została sfinansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego