

Energia termojądrowa - czy zbudujemy małe słońce na ziemi?

Wstęp:

Udany eksperyment rozszczepienia uranu-235 w roku 1941 otworzył nową drogę do pozyskiwania energii jądrowej. Obecnie to źródło energii zaspakaja na świecie ok. 17% potrzeb energii elektrycznej.

Energetyka jądrowa rozwija się jednak powoli ze względu na opory społeczne wynikające z obaw przed skażeniem promieniotwórczym będącym skutkiem ewentualnej awarii reaktora, a także nierozwiązanym do końca problemem bezpiecznego składowania odpadów promieniotwórczych. Bardzo istotnym czynnikiem hamującym rozwój energetyki jądrowej była awaria w Czarnobylu w 1986 roku.

Zakładając, że rozwój tego źródła energii będzie się rozwijał, to jednak trzeba mieć świadomość, że zarówno węgiel, ropa, gaz i uran należą do wyczerpalnych i nieodnawialnych zasobów przyrody i kiedyś ich zabraknie, tym bardziej, że zapotrzebowanie na nie mają także inne gałęzie gospodarki. W tej sytuacji człowiek poszukuje tzw. odnawialnych źródeł energii jak: energia słoneczna, biomasa, energia wiatru, energia geotermalna, energia spadku wód, energia pływów morskich i inne. Źródła te jednak nie sprostażą rosnącemu zapotrzebowaniu na energię. Jest to powodem, że coraz większą nadzieję człowiek wiąże z energią termojądrową.

Dlaczego synteza lekkich jąder?

Synteza termojądrowa ogrzewa nas każdego dnia od wschodu do zachodu Słońca. Nasza gwiazda świeci, bowiem dzięki temu, że w jej wnętrzu gotuje się gorąca plazma złożona z jąder wodoru - najlżejszego pierwiastka w naturze. Łączą się one ze sobą pod wpływem wysokich temperatur sięgających kilkunastu milionów stopni Celsjusza, w wyniku, czego powstaje jądro helu. Podczas takich reakcji uwalnia się mnóstwo energii.

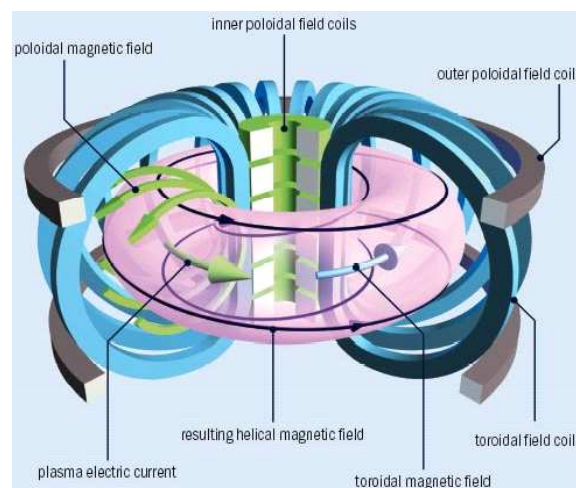
Jeszcze przed konstrukcją reaktora jądrowego i bomby atomowej naukowcy przewidywali, że podczas syntezy lekkich jąder np. wodoru, może być wyzwolona dużo większa energia niż to ma miejsce podczas rozszczepiania ciężkich jąder typu uran-235 czy pluton-239. Przykładowo jądro helu składające się z dwóch protonów i dwóch neutronów ma masę 0,75% mniejszą od sumy mas oddzielnych nukleonów i w przeliczeniu na energię różnica ta (zwana defektem masy, można przeliczyć to używając wzoru $\Delta E = mc^2$ E-energia, m-masa c-predkość światła w próżni) stanowi około 28 MeV na jeden atom helu. Uran podczas rozszczepienia traci około 0,1% swojej masy. Dla izotopu litu-7 defekt masy wynosi około 39 MeV. Problem

energii wydaje się rozwiązany, ale (oczywiście musi być) jak zapoczątkować taką reakcję i gdzie ma ona przebiegać?

Reaktor termojądrowy

Filozofia działania reaktora termojądrowego jest oparta o konstrukcję TOKAMAKA, polega na uwięzieniu plazmy w silnym polu magnetycznym oraz podgrzania jej do temperatury przekraczającej **100 mln K** (plazma). W tych warunkach mogą zajść reakcje, które tworzą samopodtrzymujący się cykl. Pierwsza dostarcza tryt dla drugiej, a druga neutrony dla pierwszej.

- $6\text{Li} + n \rightarrow 4\text{He} + \text{T} + 4,8 \text{ MeV}$
- $\text{T} + \text{D} \rightarrow 4\text{He} + n + 17,6 \text{ MeV}$



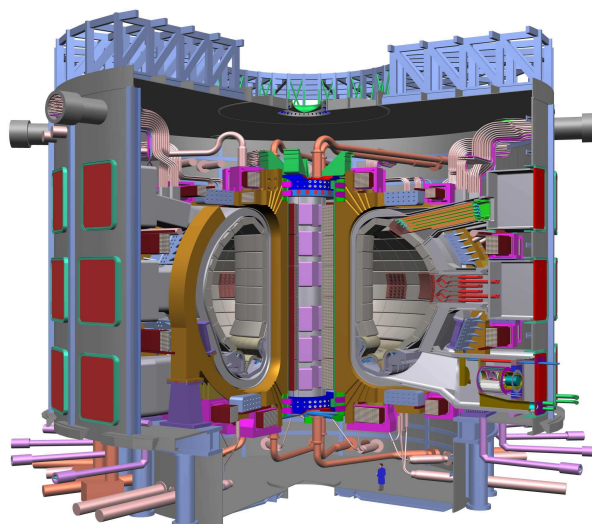
Schemat TOKAMAKA

Trytu jest bardzo mało na ziemi, jego czas połowicznego rozpadu wynosi 12,3 lat (musi być tworzony w reaktorze), naturalna zawartość deuteru to około 0,015% (przy takiej ilości wody w morzach i oceanach to dużo). Wprowadzenie pola magnetycznego do komory w kształcie torusa pozwoli odizolować plazmę od ścian reaktora oraz zminimalizować straty energii. Zarówno dodatnie jony oraz elektrony będą poruszać się po trajektorii spiralnej wzdłuż linii pola magnetycznego wewnątrz reaktora. Najtrudniejszym zadaniem w kontrolowanej syntezie termojądrowej jest utrzymanie nagrzonej plazmy w odpowiednim stężeniu przez odpowiedni czas. Niestety otrzymanie tak wysokiej temperatury, powoduje, że najlepsze do tej pory skonstruowane reaktory termojądrowe uzyskują dwie trzecie energii wprowadzanej, a sama reakcja trwa kilka minut.

ITER - krok w przyszłość

Dlatego podjęto decyzję o zbudowaniu pierwszego eksperymentalnego reaktora termojądrowego z funduszy różnych krajów (także Polska ma swój udział w tym przedsięwzięciu). Pod względem kosztów będzie to druga po międzynarodowej stacji kosmicznej inwestycja badawcza w dziejach ludzkości. I zarazem największa w historii Europy. Eksperymentalny reaktor o nazwie ITER (skrót od ang. International Thermonuclear Experimental Reactor) stanie na południu Francji, w miejscowości Cadarache około 50 km od Marsylii, a kraje Unii Europejskiej wyłożą połowę z 10 mld euro, jakie wstępnie przewidziano na budowę i eksploatację urządzenia. Według obliczeń ma on jako pierwszy nie tylko oddawać energię pozyskaną, ale także ją produkować. Jego moc ma wynieść 500 megawatów. Niestety czeka wszystkich jeszcze mnóstwo pracy, a ukończenie budowy zapowiedziane jest na 2017 rok. Jak na razie na miejscu budowy stoi zagajnik, przeciwnicy całego projektu złośliwie mówią, że cała inwestycja jest jeszcze w lesie. Naukowcy jednak przekonują, że bez wybudowania takiego urządzenia jak ITER nie postawimy kolejnego kroku.

"Bo gdy się tryt w hel połączy z deuterem
I strzeli wkoło neutronami
Wtedy rozpocznie to nową erę,
Której my właśnie będziemy twórcami"¹



Schemat ITER, na dole postać człowieka



Projekt ITER, rok 2017

¹ Fragmenty wiersza zamieszczonego na stronie Asocjacji Euratom - www.ipplm.pl. Autorem jest Paweł Gąsior z Instytutu Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy.