

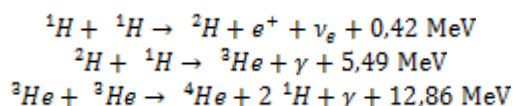
Adam Cichoński
Wydział Fizyki

Wschód Słońca, czyli zróbmy sobie gwiazdę

Pozyskiwanie energii jest i pozostanie jednym z najistotniejszych problemów z jakimi zmagają się społeczeństwa technologiczne. Rozwój cywilizacyjny, społeczny i technologiczny można dobrze przybliżyć poziomem zużycia energii. Zatem w miarę wzrostu zaawansowania technologicznego będzie rosło również zapotrzebowanie na energię. Tradycyjne źródła energii *non solum* przyczyniają się do wzrostu poziomu zanieczyszczeń środowiska naturalnego, *sed etiam* stają się nieopłacalne (*exempli gratia* na skutek konieczności pogłębiania kopalni węgla). Istnieje konieczność poszukiwania nowych źródeł energii – wydajnych, względnie tanich, ekologicznych. Zastosowanie energii drzemającej w jądrze atomowym już stało się naszym udziałem, jednak rozszczepienie jąder ciężkich wciąż nie jest najdoskonalszą metodą pozyskiwania energii, już to ze względu na produkcję odpadów promieniotwórczych, jak również konieczność stałego zaopatrywania się w paliwo jądrowe, z natury swej mające charakter paliw „kopalnych”.

W tej sytuacji metodą wolną od powyżej wymienionych ograniczeń technologii dotychczas stosowanych wydaje się być fuzja jądrowa. Fuzja jądrowa jest źródłem energii słonecznej jak również energii najpotężniejszego ładunku wybuchowego zbudowanego przez człowieka – Car-bomby, zdetonowanej 30 października 1961 roku na archipelagu Nowej Ziemi (ZSRR) o mocy 58 MT. Paliwem potrzebnym do korzystania z energii fuzji jądrowej jest najliczniej występujący we Wszechświecie pierwiastek – wodór. Jednak aby korzystać z dobrodziejstw tego źródła energii musimy (my – rodzaj ludzki) pokonać pewne trudności techniczne, wynikające ze specyficznych warunków w jakich dochodzi do fuzji.

Reakcja fuzji jądrowej polega na łączeniu się jąder lekkich pierwiastków (wodoru) w jądra cięższe. Podstawowym mechanizmem fuzji jądrowej jest cykl protonowo-protonowy, na który składa się ciąg reakcji:



Od czasów Rutherforda wiemy, że jądra atomowe są naładowane dodatnio, a od czasów niepamiętnych, że ładunki równoimienne się odpychają. Aby pokonać siły kulombowskiego odpychania między protonami i doprowadzić do ich połączenia, należy nadać im odpowiednią energię, wystarczającą do pokonania owej bariery kulombowskiej. Zobaczmy o jakich wartościach energii musimy myśleć:

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r} = 7,68 \times 10^{-14} \text{ J} = 0,48 \text{ MeV}$$

Jest to wysokość bariery kulombowskiej dla protonów. Aby pokonać tę barierę, średnia energia protonów w plazmie, musi być równa przynajmniej połowie tej wartości. Wiedząc, że energia cząstek związana jest z temperaturą zależnością:

$$\langle E \rangle = \frac{3}{2} kT$$

możemy wyznaczyć temperaturę plazmy wodorowej, w której zajdzie reakcja fuzji:

$$\frac{3}{2} kT = 3T = \frac{2 \times 3,84 \times 10^{-14} \text{ J}}{3 \times 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}} = 1,9 \times 10^9 \text{ K}$$

Dwa miliardy kelwinów to temperatura nieosiągalna poza akceleratorami cząstek, a i tam uzyskiwana w małej objętości i na krótki czas. Jednak jest nadzieja. Wiele cząstek posiada wyższą energię niż energia średnia w danej temperaturze, a dzięki kwantowemu zjawisku tunelowania przez barierę potencjału możliwa jest reakcja fuzji jądrowej w niższych temperaturach. Zapewniając odpowiednią gęstość cząstek w plazmie można doprowadzić do umiarkowanego intensywności fuzji przy energii ok. 10 keV, w temperaturze rzędu 10^8 K. Rozgrzanie gazu do tak wysokiej temperatury doprowadzi do zjonizowania jego atomów i przeprowadzenia w stan plazmy. Jednak wraz ze wzrostem temperatury chętnie wzrasta objętość gazu a chcąc utrzymać go przy stałej objętości radzić sobie musimy z ciśnieniem gorącej plazmy. Matka natura rozwiązuje ten problem utrzymując plazmę za pomocą potężnej grawitacji gwiazd, lecz w warunkach ziemskich musimy znaleźć inny sposób. Obecnie prowadzone są próby wykorzystania tzw. pułapek magnetycznych, czyli uwięzienia

zjonizowanego gazu w silnym polu magnetycznym. Przy wykorzystaniu tej koncepcji konstruowany jest obecnie we Francji reaktor ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*), w którym pierwsze wytworzenie plazmy planowane jest na 2016 rok.

Objętość wód na Ziemi wynosi $1.4 \times 10^9 \text{ km}^3$. Nawet nie podejmę się obliczania liczby atomów wodoru w hydrosferze. Przybliżę ją podając wartość „Bardzo Dużo”. Można w pierwszym przybliżeniu powiedzieć, że dysponujemy nieograniczonym źródłem wodoru. Reakcja fuzji jądrowej jest niezwykle wydajnym procesem, w jej wyniku uzyskujemy znacznie więcej energii niż w przypadku rozszczepienia ciężkich jąder. Bez wątpienia kontrolowana fuzja jądrowa jest technologią przyszłości w przemyśle elektroenergetycznym.

Postępu cywilizacyjnego powstrzymywać nie trzeba i nie da się. Z różnych stron słychać głosy obaw o bezpieczeństwo energetyczne. Różne środowiska zapowiadają kryzys energetyki jaką znamy. Ale energia leży na Ziemi (w wodzie?). Trzeba tylko nauczyć się po nią sięgać.