

Fuzja na biurku

Nie wszyscy zdają sobie sprawę, że reakcja fuzji jądrowej jest najpowszechniejszym źródłem energii. Łączenie się lekkich jąder w cięższe jest reakcją silnie egzotermiczną, bo np. jądro helu jest lżejsze od dwóch jąder deuteru, z których może powstać. Żeby reakcja zaszła, jądra muszą jednak pokonać bardzo wysoką barierę kulombowską. Dlatego reakcja zachodzi dopiero wtedy, gdy jądra zderzają się z energią rzędu 100 keV, czyli przy temperaturze rzędu miliarda kelwinów.

Fuzja jest najpowszechniejsza, bo większość źródeł energii ma u podstaw energię słoneczną. Prawie jedyną formą energii, której nie można powiązać z działaniem gwiazd, jest właśnie fuzja termojądrowa zachodząca poza gwiazdami. Umiejętność jej kontrolowania mogłaby zapewnić ludzkości praktycznie niewyczerpany rezerwuuar energii.

Droga do tego wydaje się jednak bardzo daleka.

Dlatego za odpowiednik średniowiecznych poszukiwań kamienia filozoficznego można uważać badania nad tzw. zimną fuzją, czyli reakcją syntezy jądrowej, która mogłaby zachodzić w niskiej temperaturze i uwalniać energię netto.

Kilka lat temu obiegała świat informacja o odkryciu takiej reakcji, ale doniesienia te okazały się nieporozumieniem. W ten sposób „zimna fuzja” stała się synonimem naukowej nieuczciwości lub nieudolności. Doświadczenia tego typu określa się obecnie raczej terminem „fuzji na biurku” (ang. *table top fusion*) i chodzi w nich bardziej o znalezienie sposobu na samo przeprowadzenie reakcji niż o źródło energii. Badania takie nie mają jednak charakteru wyłącznie poznawczego. Małe i stosunkowo tanie (tak w produkcji, jak i w eksploatacji) urządzenia, w którym zachodziłaby w miarę intensywne synteza jąder deuteru, byłoby cennym źródłem neutronów, gdyż jednym z kanałów tej reakcji jest produkcja jąder helu 3 z emisją neutronu o energii 2,45 MeV.

W lutym ukazał się artykuł [1], w którym taki, bliski komercjalizacji, nabiurkowy reaktor termojądrowy został opisany. Praca ta jest jednak tylko potwierdzeniem i rozszerzeniem o rok wcześniejszego doniesienia [2], w którym autorzy przedstawili praktyczną realizację własnego pomysłu [3], przekonująco dowodząc, że znaleźli sposób na efektywną zimną fuzję.

Ich sposób jest, pojęciowo, bardzo prosty. Zamiast uzyskiwać olbrzymią temperaturę, wystarczy przyspieszyć wcześniej zjonizowany deuter odpowiednią różnicą potencjałów i zderzyć z jakimś materiałem wzbogaconym również w deuter.

W tym celu autorzy wykorzystali piroelektryczny kryształ tantalenu litu LiTaO_3 (zjawisko piroelektryczne polega na generowaniu zaskakująco dużej różnicy potencjałów pod wpływem zmiany temperatury). Kryształ, od strony ładującej się dodatnio pod wpływem ogrzewania, został wyposażony w miedzianą tarczę z centralnie zamocowanym bardzo cienkim drucikiem wolframowym. W okolicy końca drucika natężenie pola elektrycznego przekracza 25 V/nm (przy potencjale kryształu 80 kV), co wystarcza do jonizacji deuteru, a zjonizowane atomy, czyli jądra deuteru, są już przyspieszane przez różnicę potencjałów generowaną przez kryształ.

Na drodze strumienia jąder ustawiono wzbogacony w deuter scyntylator plastikowy, od strony strumienia pokryty cienką warstwą uziemionego aluminium i przystawiony do fotopowielacza z drugiej strony. Z boku umieszczony został dodatkowy ciekły scyntylator w celu rejestracji protonów, wybijanych przez powstające w wyniku fuzji neutrony.

Pojedynczy cykl doświadczenia wyglądał w sposób następujący. Ciśnienie deuteru w komorze pomiędzy kryształem piroelektrycznym a tarczą było utrzymywane na poziomie 0,7 Pa. Najpierw kryształ był oziębiany (za pomocą ciekłego azotu) do temperatury 240 K. W 15. sekundzie włączane było grzanie kryształu. W 100. sekundzie rozpoczynała się rejestracja promieni X generowanych przez swobodne elektrony bombardujące kryształ. W 150. sekundzie, po osiągnięciu przez kryształ potencjału 80 kV, następowało gwałtowne włączenie się jonizacji deuteru. W 160. sekundzie sygnał od powstających neutronów rejestrowanych w dodatkowym scyntylatorze rósł powyżej tła. Począwszy od 170. sekundy jonizacja deuteru zachodziła już ze 100% skutecznością, więc wzrost prądu jonowego zmieniał się z eksponencjalnego na liniowy i trwał aż do wyłączenia grzania (po ogrzaniu kryształu o 40 K) w 220. sekundzie. Szczytowa intensywność promieniowania neutronowego wyniosła 800 Hz. Spektrum energetyczne wybijanych przez neutrony protonów było doskonale zgodne z oczekiwaną energią neutronów 2,45 MeV. Obserwowano opóźnienie sygnału rejestracji neutronu w stosunku do rejestracji jądra helu 3 odpowiadające oczekiwanemu czasowi przelotu neutronu do dodatkowego scyntylatora.

Co ciekawe, do pracy [2] dołączony został dodatkowy materiał [4] zawierający m.in. filmy prezentujące przebieg zbierania danych wraz z efektami uzyskanymi poprzez zamianę na dźwięk impulsów odpowiadających rejestracji promieni X (przez kryształ) i neutronów (przez dodatkowy scyntylator). Odtworzenie takiego filmu (słysząc dźwięk podobny do wydawanego przez licznik Geigera-Müllera) daje wrażenie, jakby fuzja zachodziła w naszym komputerze!

W tegorocznej pracy [1] autorzy użyli dwóch kryształów piroelektrycznych ustawionych naprzeciwko, co pozwoliło zwiększyć różnicę potencjałów, a tym samym zwiększyć intensywność fuzji oraz udało im się przeprowadzić doświadczenie bez potrzeby chłodzenia ciekłym azotem, co przybliżyło komercyjne zastosowanie takiego urządzenia, jako taniego źródła neutronów.

Piotr ZALEWSKI

[1] J. Geuther, Y. Danon i F. Saglime, *Nuclear Reactions Induced by a Pyroelectric Accelerator*, Phys. Rev. Lett. **96**(2006)054803

[2] B. Naranjo, J.K. Gimzewski i S. Putterman, *Observation of nuclear fusion driven by a pyroelectric crystal*, Nature **434**(2005)1115

[3] B. Naranjo i S. Putterman, *Search for fusion from energy focusing phenomena in ferroelectric crystals*, 1 lutego 2002 roku, zgłoszenie projektu do UCEI (University of California Energy Institute) <http://rodan.physics.ucla.edu/pyrofusion/ucei.html>

[4] <http://www.nature.com/nature/journal/v434/n7037/supinfo/nature03575.html>

Niestety, żeby obejrzeć filmy, trzeba mieć dostęp do zastrzeżonej dla prenumeratorów części portalu *Nature*. Może jednak warto wybrać się do biblioteki dobrego uniwersytetu, żeby „posłuchać” fuzji?