

# KONTROLOWANA FUZJA TERMOJĄDROWA - UKŁADY Z MAGNETYCZNYM UTRZYMANIEM PLAZMY

## *Controlled thermonuclear fusion - systems with magnetic plasma maintenance*

Sławomir Jednoróg, Ewa Łaszyńska

**Streszczenie:** W fizyce jądrowej zjawiskiem fuzji nazywamy łączenie jąder pierwiastków lekkich, któremu towarzyszy wydzielanie się energii. Kontrolowanej fuzji izotopów deuteru i trytu przypisuje się wielkie znaczenie dla rozwiązania problemów energetycznych. Koncepcja ta bazuje na rezultatach osiągniętych podczas kampanii eksperymentalnych prowadzonych na największym działającym tokamaku JET (Joint European Torus). Kolejnym krokiem w ujarzmieniu energii termojądrowej będzie budowany we Francji tokamak ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor). Rozpoczęło się projektowanie pierwszej prototypowej elektrowni fuzyjnej DEMO (DEMONstration Power Station). Rozwój energetyki opartej na zjawisku fuzji jądrowej nastrocza jednak wiele problemów technologicznych, których rozwiązanie wciąż pozostaje wyzwaniem.

**Abstract:** In nuclear physics, the fusion is the process of binding together of the nuclei of the light elements with releasing the energy. The controlled fusion of deuterium and tritium is considered as the solution of contemporary energetic problems. This conception based on results achieved in the frame of experimental campaigns conducted on the biggest and still workable JET tokamak. The next step in thermonuclear energy controlling is the tokamak ITER that is being built in France. Currently, work is underway on design of the first prototype fusion power plant DEMO. The development of fusion power engineering carries away the complex technological problems that still have to be solved.

Zjawiskiem syntezy w fizyce jądrowej nazywamy proces łączenia się jąder pierwiastków lekkich, w wyniku którego powstaje jądro cięższego atomu od jąder atomów biorących udział w syntezie. Produktami syntezy są także fotony, neutrony, protony, cząstki alfa lub inne cząstki naładowane. W trakcie syntezy wydzielana jest energia, której ilość można wyznaczyć na podstawie deficytu masy. Innym stosowanym określeniem syntezy jądrowej jest fuzja jądrowa. Określenie to ma między innymi na celu podkreślenie, że chodzi o łączenie jąder pierwiastków lekkich i zdecydowane odróżnienie od syntezy, jaka zachodzi w czasie reakcji chemicznych.

Warunkiem koniecznym zajścia reakcji fuzji jądrowej jest zbliżenie jąder pierwiastków na odległość taką, aby możliwe stało się pokonanie sił odpychania kulombowskiego. Jądra posiadają dodatni ładunek i odpychają się tym silniej, im mniejsza jest odległość pomiędzy nimi. Siła ta jest proporcjonalna do ładunku elektrycznego jąder i odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości między nimi. Dlatego, aby jądra mogły ulec połączeniu, muszą mieć odpowiednią energię konieczną do pokonania siły odpychania elektrostatycznego. W związku z tym oddziaływujące ze sobą jądra powinny mieć możliwie najniższy ładunek (liczbę atomową) [1]. Pierwiastkiem posiadającym najniższą liczbę atomową jest wodór. Posiada on 3 izotopy: wodór, deuter i tryt,

które różnią się ilością neutronów w jądrze. Te izotopy wodoru są powszechnie stosowane w eksperymentach plazmowych, a ich jądra: protony (p), deuterony (D) i trytony (T) wraz z cięższymi jądrami  ${}^3\text{He}$  i  ${}^4\text{He}$  (tj. cząstkami  $\alpha$ ) i szybkimi neutronami (n) występują w różnych reakcjach fuzji jądrowej.

Tak więc aby mogła zajść reakcja fuzji jądrowej, należy dostarczyć jądrom deuteru lub deuteru i trytu odpowiednią ilość energii. Musi być ona na tyle duża, aby jądra te pokonały siłę wzajemnego odpychania. Jednym ze sposobów dostarczenia energii reagentom, jest podgrzanie deuteru albo mieszaniny deuteru i trytu do odpowiednio wysokiej temperatury, aby umożliwić fuzję termojądrową (tak jak to ma miejsce na Słońcu). W tak wysokiej temperaturze materia znajduje się w stanie plazmy i jest całkowicie zjonizowana i konieczne jest jej odizolowanie od otoczenia. Na Słońcu siły grawitacyjne ściskają plazmę, izolując ją od próżni kosmicznej. Jony nie mogą jej opuścić mimo swej wysokiej energii. W układzie tym dochodzi do wielu zderzeń, czego rezultatem jest równomierny rozkład energii i temperatury. Uwięzione w ograniczonej przestrzeni jądra poruszają się w przypadkowych kierunkach do tyłu, aż nastąpi ich fuzja jądrowa. Wysokoenergetyczne produkty fuzji jądrowej w wyniku zderzeń przekazują swą energię sąsiadującym jonom doprowadzając je

do kolejnych aktów fuzji. W warunkach ziemskich jedną z metod umożliwiających izolowanie plazmy od otoczenia jest zamykanie jej za pomocą odpowiednio ukształtowanych pól magnetycznych w pułapce magnetycznej, wewnątrz odpowiednio ukształtowanego zbiornika próżniowego. Uformowanie pola magnetycz-

nego tak, aby spełniało funkcję szczelnego naczynia utrzymującego wewnątrz zjonizowany gaz (plazmę) jest jednak niebywale trudne.

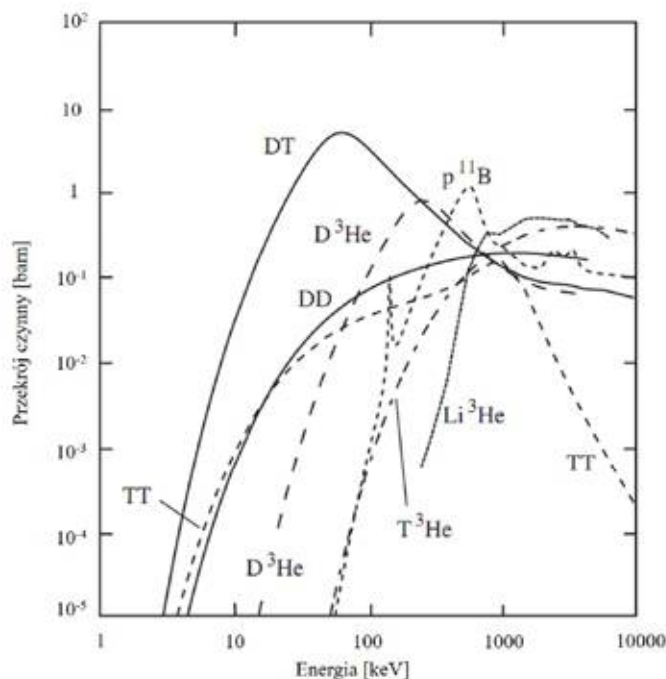
Reakcje jądrowe, które mają kluczowe znaczenie dla przyszłej energetyki opartej na zjawisku fuzji jądrowej, są następujące:

$D + T = \alpha (3,518 \text{ MeV}) + n (14,072 \text{ MeV}) + 17,590 \text{ MeV}$ ,	Reakcja 1
$D + T = {}^5\text{He} + \gamma + 16,632 \text{ MeV} = \alpha + n + \gamma + 17,590 \text{ MeV}$ ,	Reakcja 2
$D + D = {}^3\text{He} (0,817 \text{ MeV}) + n (2,452 \text{ MeV}) + 3,269 \text{ MeV}$ ,	Reakcja 3
$D + D = T (1,008 \text{ MeV}) + p (3,025 \text{ MeV}) + 4,033 \text{ MeV}$ ,	Reakcja 4
$D + D = \alpha + \gamma + 22,843 \text{ MeV}$ ,	Reakcja 5
$T + T = \alpha + n + n + 11,332 \text{ MeV}$ ,	Reakcja 6
$T + T = {}^5\text{He} (1,729 \text{ MeV}) + n (8,645 \text{ MeV}) + 10,374 \text{ MeV} = \alpha + n + n (8,645 \text{ MeV}) + 11,332 \text{ MeV}$ ,	Reakcja 7
$T + T = {}^5\text{He}^* (1,296 \pm 0,333 \text{ MeV}) + n (6,479 \pm 1,667 \text{ MeV}) + 7,775 \text{ MeV} = \alpha + n + n + 11,332 \text{ MeV}$ .	Reakcja 8

W nawiasach podano energię unoszoną przez poszczególne produkty reakcji a poza nawiasami energię reakcji. Reakcje (2), (7), (8), prowadzą do utworzenia krótko-życiowego radionuklidu  ${}^5\text{He}$  w stanie podstawowym ( ${}^5\text{He}$ ) lub wzbudzonym ( ${}^5\text{He}^*$ ). Jeśli w wyniku reakcji jądrowej powstają trzy produkty, to rozkład energii po-

między nimi ma szerokie spektrum energetyczne i jest trudny do wyznaczenia. Wszystkie przedstawione reakcje są reakcjami egzotermicznymi. Pozostałe, istotne reakcje fuzji jądrowej przedstawione są w referencji [2].

Prawdopodobieństwa zajścia poszczególnych reakcji fuzji jądrowej są przedstawione na rys. 1.



Rys. 1. Przekroje czynne na reakcje fuzji jądrowej w zależności od energii reagentów w układzie środka masy [3]

Photo 1. Cross sections for nuclear fusion reactions depending on the energy of reactants in the mass center system [3]

Nawet pobieżna analiza tego wykresu wskazuje, że największe prawdopodobieństwo zajścia fuzji jądrowej, przy relatywnie najniższej energii ma reakcja syntezy deuteru i trytu (D+T). Reakcja ta ma największe prawdopodobieństwo wystąpienia przy temperaturach reagentów osiagających około 100 keV.

Aby z reakcji fuzji jądrowej otrzymać taką ilość energii, która przewyższy straty związane z emisją promieniowania hamowania i promieniowania synchrotronowego – konieczne jest utrzymywanie gorącej plazmy przez odpowiednio długi okres.

Mnożąc przez siebie temperaturę plazmy, jej gęstość i czas jej utrzymania otrzymuje się iloczyn potrójny (ang.: triple product). Po osiągnięciu pewnej wartości tego kryterium następuje zapłon. Reakcja syntezy staje się samopodtrzymująca. Energia wytwarzana w czasie reakcji staje się wystarczająca do podtrzymania plazmy w na tyle wysokiej temperaturze, aby można było zrezygnować z jej zewnętrznego podgrzewania.

Minimalny iloczyn czasu utrzymania energii ( $T$ ) w plazmie deuterowo-trytowej o gęstości ( $n$ ), i temperaturze ( $T$ ) niezbędny do uwolnienia energii większej niż straty energetyczne, został określony przez J. L. Lawsona [4] w formie nierówności (nazywanej często kryterium Lawsona).

Dla plazmy deuterowo trytowej wartość ta wynosi:  $nT \geq 5 \cdot 10^{21} \text{ m}^{-3} \text{ s keV}$ . Na JET osiągnięto jedną piątą tej wartości.

Kryterium to pokazuje dwa odmienne podejścia do rozwiązania zagadnienia kontrolowanej syntezy termojądrowej. Pierwsze z nich jest związane z dostatecznie długim utrzymaniem gorącej i rozrzedzonej plazmy (układy kwazistacjonarne), a drugie z szybkim grzaniem gęstej plazmy (układy impulsowe).

Temperatura, przy której zachodzić będzie fuzja jądrowa deuteru i trytu, musi przewyższać 100 mln stopni. Aby ją osiągnąć, w tokamakach używa się trzech systemów grzania. Przy pomocy impulsowego grzania indukcyjnego, za pomocą transformatora, doprowadza się do przepływu prądu w plazmie. Przepływający przez plazmę prąd napotyka opór elektryczny, co prowadzi do wydzielania ciepła. Jest to tzw. grzanie omowe. Drugą metodą grzania plazmy jest wstrzykiwanie neutralów, które polega na przyspieszaniu do wysokich energii jonów, ich neutralizację, a następnie wstrzelenie do wnętrza tokamaka. Te, w wyniku zderzeń przekazują swą energię cząstkom plazmy. Trzecia metoda to odgrzewanie cyklotronowe jonów i elektronów wykorzystujące fale elektromagnetyczne o różnej częstotliwości. Można to porównać do działania kuchenki mikrofalowej. Podczas cyklotronowego rezonansowego podgrzewania jonów ICRH (ang.: Ion Cyclotron Resonance Heating), energia jest przekazywana jonom znajdującym się w plazmie przez wiązkę promieniowania elektromagnetycznego o dużym natężeniu i częstotliwości od 40 do 55 MHz. Układ składa się z generatora, linii przesyłowej oraz anteny. Antena umieszczona wewnątrz komory próżniowej emituje promieniowanie elektromagnetyczne bezpośrednio do plazmy. Rezonansowe cyklotronowe podgrzewanie elektronów ECRH (ang.: Electron Cyclotron Resonance Heating) ogrzewa elektrony w plazmie za pomocą wiązki promieniowania elektromagnetycznego o wysokim natężeniu i częstotliwości 170 GHz. Jest to częstotliwość rezonansowa. Z kolei elektrony przekazują pochłoniętą energię jonom poprzez zderzenia. Cyklotronowy system ogrzewania elektronów jest również używany do

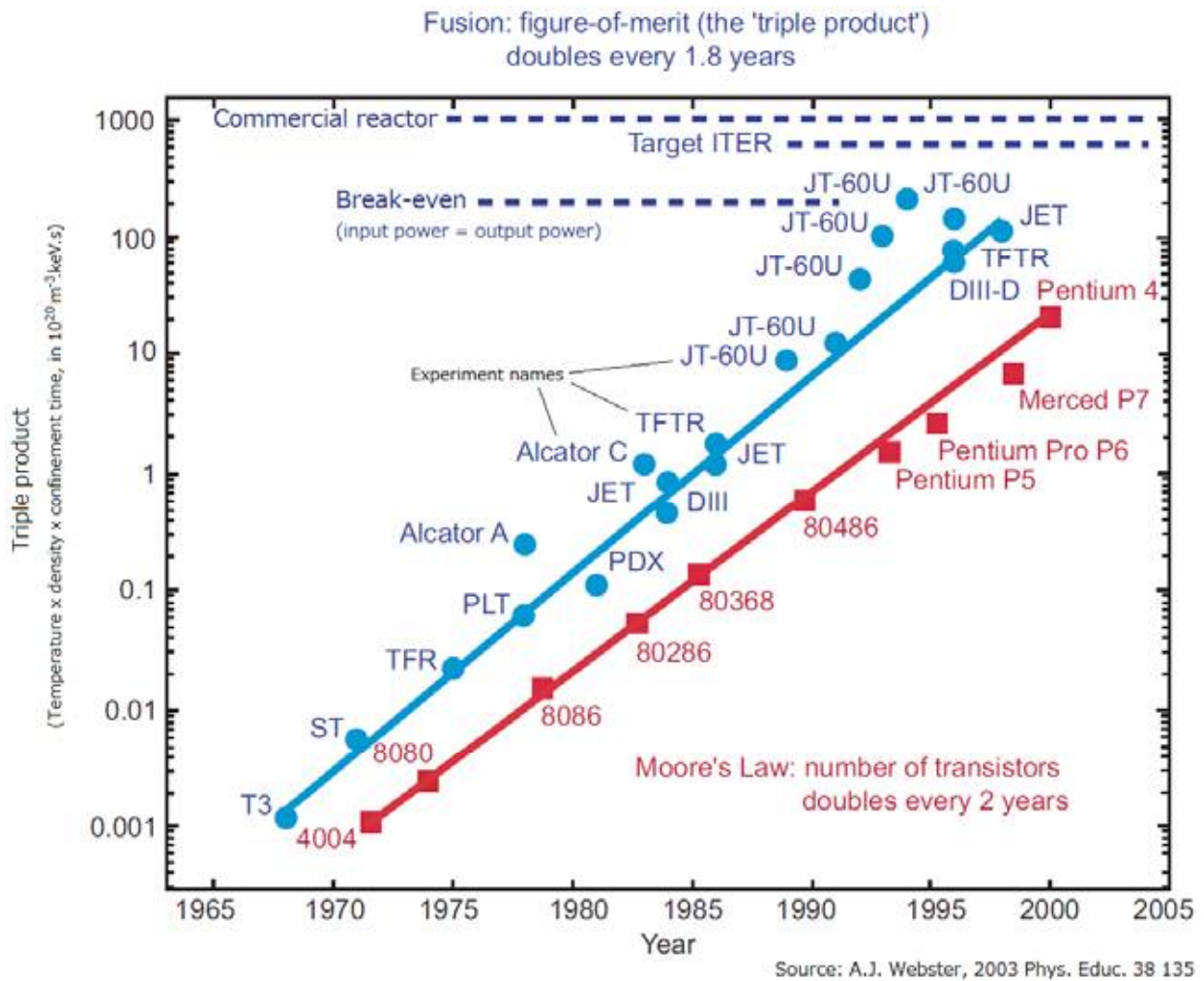
wytwarzania ciepła w bardzo specyficznych obszarach plazmy, jako mechanizm minimalizujący narastanie niestabilności, które prowadzą do ochłodzenia plazmy. W porównaniu do ICRH, system ECRH ma tę zaletę, że wiązka jest przenoszona przez powietrze. Upraszcza to konstrukcję i pozwala na umieszczenie źródła promieniowania z dala od plazmy. Projekt ITER obejmuje opracowanie gyrotronu o mocy 1 MW pracującego przy 170 GHz z czasem trwania impulsu ponad 500 s.

Dzięki zastosowaniu wymienionych powyżej systemów grzania plazma jest na tyle gorąca, aby zachodziły w niej zderzenia prowadzące do fuzji jądrowej. Częsteczkami wysokotemperaturowej plazmy wytworzonej w tokamaku mają tendencję do opuszczania obszaru reakcji. Dzieje się tak m.in. ze względu na posiadaną przez nie prędkość. Pozostawione samym sobie oddaliłyby się na tyle, że kolejne zderzenia stałyby się mało prawdopodobne.

Aby utrzymać gęstość plazmy na wystarczająco wysokim poziomie, tak aby zapewnić kolejne zderzenia, komora próżniowa tokamaka jest otoczona przez elektromagnes. Tworzą one pola magnetyczne 10 000 razy silniejsze niż pole magnetyczne Ziemi. Pole to zmusza naładowane cząsteczki plazmy do ruchu jedynie wewnątrz pierścienia ograniczonego tym polem. Jeśli jednak plazma staje się zbyt gęsta, zderzenia między jądrami i elektronami prowadzą do powstania promieniowania hamowania – bremsstrahlung. Energia jest wypromieniowywana z plazmy. Następuje obniżenie jej temperatury, co z kolei prowadzi do zahamowania fuzji jądrowej. Wzrostowi gęstości plamy towarzyszy obniżenie sprawności jej utrzymywania polem magnetycznym. Plazma deuterowa wytwarzana w tokamaku ma gęstość o około dziesięć rzędów wielkości mniejszą niż wewnątrz Słońca.

Ostatnim czynnikiem użytym w kryterium Lawsona jest czas utrzymania plazmy. W wyniku fuzji jądrowej 80% energii wytworzonej jest unoszone przez neutrony poza obszar reakcji. Jądra helu unoszą 20% energii reakcji, ale pozostają w plazmie. Nowo utworzony hel ulega wielokrotnym zderzeniom z jonami paliwa (deuteronami i trytonami), podgrzewając je, zmniejszając tym samym zapotrzebowanie na zewnętrzne systemy grzewcze. W zależności od gęstości i temperatury plazmy potrzebny jest jednak pewien minimalny czas, aby nastąpił transfer energii pomiędzy powstałym helem a niewypalonym paliwem fuzyjnym. Typowe wartości czasu utrzymania plazmy w JET są rzędu sekundy, a w ITER powinny wynosić około czterech sekund.

Jak szybko zbliżamy się do rzekomego urzeczywistnienia kontrolowanej fuzji jądrowej dla potrzeb energetyki, pokazuje rys. 2. Potrójny iloczyn będący miarą zbliżania się do samopodtrzymującej się reakcji fuzji ulega podwojeniu co 1,8 roku. Czy tendencja ta zostanie utrzymana, pokaże zbliżająca się kampania trytowa na tokamaku JET [4].



**Rys. 2.** Na osi pionowej „Potrójny iloczyn” wielkości wchodzących w kryterium Lawsona (temperatura plazmy, gęstość, czas utrzymania), który ulega podwojeniu co 1,8 lat; na osi poziomej czas w latach. Niebieskie kółka oznaczają nazwy tokamaków (T3 - National Research Center „Kurchatov Institute” Federacja Rosyjska; ST - Spherical Torus: START i MAST Wielka Brytania; TFR - Tokamak de Fontenay-aux-Roses, Francja; PLT- Princeton Large Torus, USA; Alcator A, B, C -Alto Campo Toro, USA; JET - Joint European Torus, Wielka Brytania; TFTR - Tokamak Fusion Test Reactor, USA; JT-60U - Japan Torus-60 Upgrade, Japonia; DIII-D, USA; ITER - International Experimental Thermonuclear Reactor, Francja). Kolorem czerwonym pokazano dynamikę wzrostu ilości tranzystorów wchodzących w skład procesora tzw. prawo Moorea. Break-even oznacza osiągnięcie współczynnika powielenia energii  $Q=1$ . Commercial reactor oznacza elektrownię fuzyjną. Na podstawie [5]

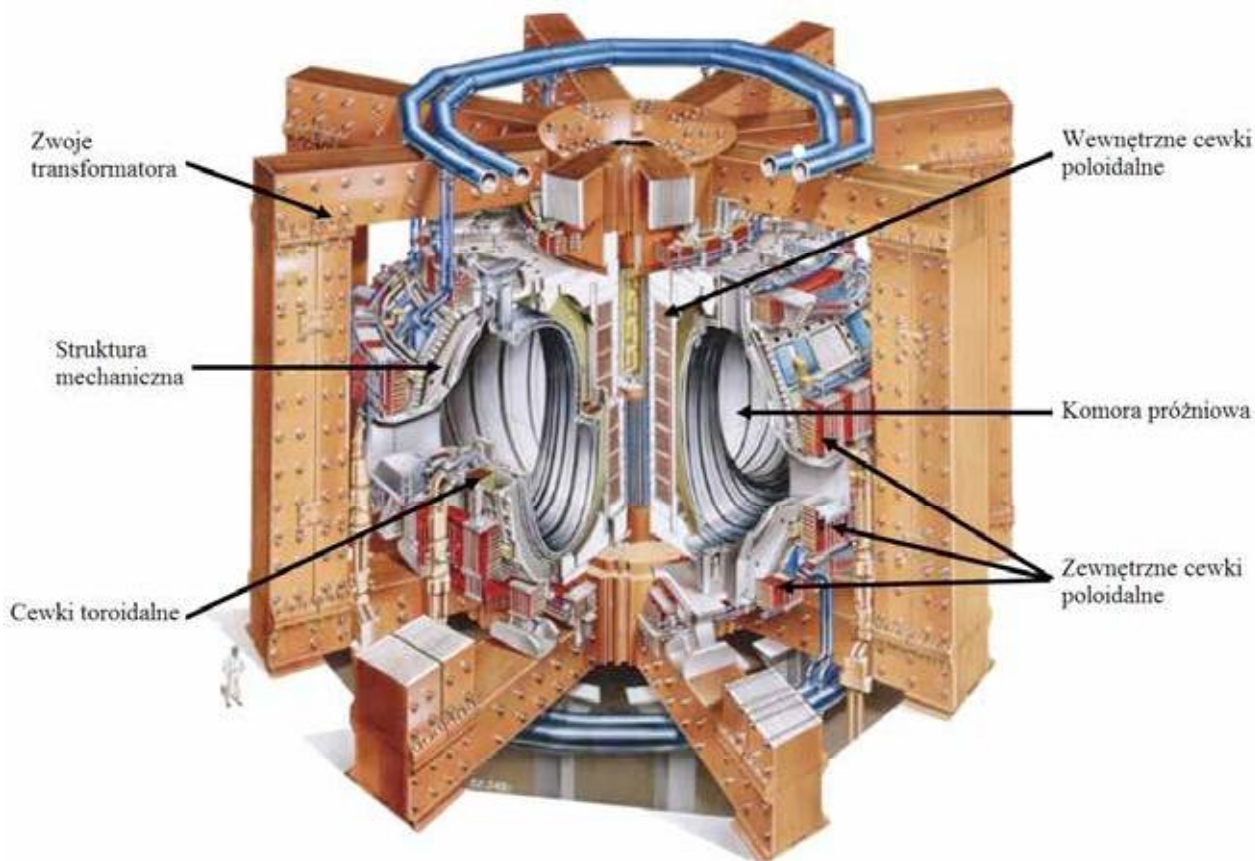
**Photo 2.** On the vertical axis, the 'Triple product' of the quantities falling under Lawson's criterion (plasma temperature, density, holding time), which doubles every 1.8 years; on the horizontal axis, time in years. Blue circles indicate the names of tokamaks (T3 - National Research Center „Kurchatov Institute” Russian Federation; ST - Spherical Torus: START and MAST Great Britain; TFR - Tokamak de Fontenay-aux-Roses, France; PLT- Princeton Large Torus, USA; Alcator A, B, C -Alto Campo Toro, USA; JET - Joint European Torus, United Kingdom; TFTR - Tokamak Fusion Test Reactor, USA; JT-60U - Japan Torus-60 Upgrade, Japan; DIII-D, USA; ITER - International Experimental Thermonuclear Reactor, France). The red color shows the dynamics of the increase in the number of transistors that make up the so-called processor Moore's law. Break-even means you have reached the energy multiplication factor  $Q=1$ . Commercial reactor means a fusion power plant. Based [5]

Prace eksperymentalne nad pokojowym wykorzystaniem kontrolowanej fuzji termojądrowej trwają od lat 50. XX wieku. Ich celem jest zbudowanie pierwszej elektrowni termojądrowej, która rozwiązałaby problemy energetyczne świata. Paliwem w takiej elektrowni będą izotopy wodoru – deuter i tryt. Jak wiadomo, zasoby deuteru w wodach oceanicznych są praktycznie niewyczerpywalne i łatwe do pozyskiwania. Tryt występuje w atmosferze ziemskiej, jako produkt reakcji wywoływanych przez protony docierające z kosmosu. Niestety tak powstałego trytu nie udaje się na razie pozyskiwać. Można go jednak otrzymywać w wyniku reakcji jądrowych. Do celów energetycznych, w przy-

szłej elektrowni termojądrowej, tryt będzie wytwarzany z litu. Lit jest pierwiastkiem powszechnie występującym w przyrodzie i łatwym do pozyskania. W planowanym reaktorze termojądrowym torus tokamaka będzie otoczony płaszczem litowym, który będzie znajdował się w gęstym i silnym strumieniu neutronów<sup>1</sup>. W rezultacie zachodzić będzie reakcja jądrowa, zapewniająca dostawę trytu dla reaktora syntezy jądrowej:



Jednym z pierwszych urządzeń, które umożliwiło kontrolowanie syntezy termojądrowej, był tokamak (rus.: TORoidalnaya KAMERA s MAgnitnami Katushkami).



**Rys. 3.** Schemat poglądowy tokamaka JET [4]. Sylwetka człowieka po lewej stronie układu pozwala ocenić rozmiary urządzenia

**Photo 3.** Schematic diagram of the JET tokamak [4]. The human silhouette on the left side of the system allows you to assess the size of the device [4]

Wybudowany on został w latach 50. XX wieku pod kierownictwem Igora W. Kurczatowa w Instytucie Energii Atomowej w Moskwie [6]. Tokamak jest urządzeniem umożliwiającym magnetyczne utrzymanie gorącej plazmy. Zasadniczą część tokamaka stanowi komora próżniowa, napełniana deuterem lub mieszaniną deuteru i trytu. Komora o kształcie torusa otacza rdzeń transformatora a na jej powierzchni, w płaszczyźnie poloidalnej, nawinięte są cewki wytwarzające toroidalne pole magnetyczne. Zmienny strumień pola magnetycznego w rdzeniu transformatora generuje wewnątrz komory wirowe pole elektryczne (toroidalne), które przyspiesza naładowane cząstki w gazie wypełniającym komorę. Indukowany w ten sposób prąd powoduje dalszą jonizację gazu, powstanie plazmy oraz wzrost jej temperatury. Dodatkowo wytwarza on również własne pole magnetyczne, prostopadłe do kierunku jego przepływu, tzw. pole poloidalne. Powoduje ono ściśnięcie plazmy i nadanie jej kształtu pierścienia plazmowego. Wskutek działania pola magnetycznego (suma składowych toroidalnej i poloidalnej), cząstki plazmy poruszają się po torach spiralnych, nie zbliżając się do ścianek tokamaka [6, 7]. Pułapka magnetyczna nie zawsze jest jednak efektywna. W plazmie rozwijają się niestabilności magneto hydrodynamiczne prowadzące do zerwania

sznura plazmowego. Wysokotemperaturowa plazma uderza wtedy w ściany komory próżniowej, powodując lokalną ekspozycję na wysoką temperaturę oraz wzbuźdzone promieniowanie hamowania.

JET (ang.: Joint European Torus) jest największym wybudowanym i działającym obecnie tokamakiem. Jest on usytuowany w CCFE (ang.: Culham Centre for Fusion Energy) w Wielkiej Brytanii. Pierwsze eksperymenty w układzie JET przeprowadzone zostały w 1983 r. Uzyskano wówczas w plazmie prąd o natężeniu rzędu 3 MA oraz temperaturę elektronową około 2 keV. Pierwszą kampanię eksperymentalną, z częściowym użyciem trytu (około 10%), przeprowadzono dopiero w 1997 r. Otrzymano wówczas rekordową wielkość mocy pochodzącej z fuzji jądrowej, która w impulsie trwającym około 2 s osiągnęła poziom około 16 MW [3]. Podobny rezultat, choć o nieco mniejszej mocy, udało się osiągnąć jeszcze raz. Na przyszły rok planowana jest kolejna kampania z zastosowaniem trytu na tokamaku JET. Miejmy nadzieję, że uzyskane rezultaty umocnią przekonanie co do słuszności pokładanych w kontrolowaną fuzję jądrową. Przekrój tokamaka JET przedstawiony został na rys. 1, a najważniejsze parametry techniczne tego urządzenia podano w Tabeli 1.

**Tabela 1.** Parametry techniczne tokamaka JET [3].**Table 1.** Technical parameters of the JET tokamak [3]

Parametr	Wartość
Promień torusa	2,96 m
Pole toroidalne	≤ 4 T
Objętość plazmy	80 m <sup>3</sup>
Prąd plazmy	≤ 4,8 MA
Moc systemów grzania	30 MW
Średnia gęstość plazmy	≤ ~1·10 <sup>20</sup> jon·m <sup>-3</sup>
Temperatura plazmy	≤ 300 mln °C
Osiągnięta moc fuzji	16 MW

Wiedza oraz doświadczenie, zdobyte w eksperymentach przeprowadzonych na urządzeniu plazmowym JET, będą wykorzystane przy budowie i eksploatacji tokamaka ITER (ang.: International Thermonuclear Experimental Reactor). Układ ten ma generować dziesięć razy więcej energii pochodzącej z reakcji fuzji jądrowej niż potrzebnej do jonizacji, podgrzania plazmy i zainicjowania reakcji fuzji. Tokamak ITER powstaje w Cadarache na południu Francji. Pierwsze eksperymenty z użyciem plazmy planowane są na rok 2025.

Pierwszą prototypową elektrownią termojądrową ma być tokamak DEMO (ang.: DEMOnstration Power Station). Przed jego powstaniem konieczne jest jednak przetestowanie wszystkich komponentów przyszłej elektrowni, przeprowadzenie licznych badań materiałowych oraz opracowanie nowych technologii. Testy te mają być wykonane w tokamaku ITER.

Pomimo że budowa tokamaka ITER jest daleko zaawansowana, wiele problemów technologicznych nie zostało jeszcze rozwiązanych. Stąd też nasz optymizm jest okraszony odrobiną umiarkowania.

Oprócz przybliżonej tu fuzji jądrowej z magnetycznym utrzymaniem plazmy trwają badania m.in., nad fuzją inercyjną. Analizuje się również inne metody prowadzące do kontrolowanej fuzji jądrowej.

Śławomir Jednoróg,

Ewa Łaszyńska,

Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy,  
Warszawa

#### Literatura:

- [1] Glasstone, S. (1974). Controlled Nuclear Fusion
- [2] Putvinsky, S.V. (1988) Some aspects of kinetics of nuclear reactions in thermonuclear plasma. *Problemy Atomowej Nauki i Technologii* (j. rosyjski)
- [3] <http://www-pnp.physics.ox.ac.uk/~barra/teaching/overheads/Fusion-Cross-Sections.PNG>, (dostęp 15.03.2018 r)
- [4] Orajewski, V. N. (1989) Plazma na Ziemi i w Kosmosie. Państwowe Wydawnictwo Naukowe
- [5] Webster A.J. (2003) Phys Educ 28 135
- [6] Dziunikowski, B. (2001). O fizyce i energii jądrowej. Wydawnictwa AGH
- [7] Woźnicka, U. (2008). Synteza termojądrowa – źródło energii dla elektrowni przyszłości. Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej

## MANIFESTACJA PROJĄDROWA W WARSZAWIE

W sobotę 14 września 2019 r. Obywatelski Ruch na Rzecz Energetyki Jądrowej wraz z organizacjami sprzymierzonymi zorganizował manifestację pod hasłem „Popieramy energetykę jądrową w Polsce”. Miała ona na celu wywarcie presji na Radzie Ministrów, a głównie Premierze Mateuszu Morawieckim, aby projekt programu rozwoju energetyki opracowany w Ministerstwie Energii, a przewidujący również uruchomienie w Polsce elektrowni jądrowych został oficjalnie przyjęty do realizacji przez cały Rząd. Pozostałe postulaty to zapewnienie stabilnych warunków kształcenia kadr dla przyszłych elektrowni jądrowych, uruchomienie przetargu na wybór technologii reaktorów oraz powołanie Rzecznika Energetyki Jądrowej w randze Ministra, aby pilnował realizacji i zapewnienia w budżecie odpowiednich środków na realizację Programu Polskiej Energetyki Jądrowej.



Fragment manifestacji pod hasłem „Popieramy energetykę jądrową w Polsce” przechodzącej ulicą Nowy Świat w Warszawie (fot. Stanisław Latek)

Manifestacja rozpoczęła się pod pomnikiem M. Kopernika o godzinie 13 moim wystąpieniem, a następnie głos zabrał przewodniczący Parlamentarnego Zespołu do spraw energetyki jądrowej poseł Jan Klawiter oraz dwóch przedstawicieli Stronnictwa Narodowego i Konfederacji. Obecna też była przedstawicielka Partii Razem. Ugrupowania te popierają rozwój energetyki jądrowej w Polsce. Po przemówieniach zebrano podpisy pod dwoma petycjami, pierwszej do Premiera, a druga zostanie rozesłana do sztabów wyborczych partii opozycyjnych. W sprawie budowy elektrowni jądrowej potrzebny jest możliwie szeroki konsensus polityczny. W pochodzie, jaki się odbył później pod kancelarię Premiera w Alejach Ujazdowskich, wzięło udział kilkadziesiąt osób. Skandowane hasła to „Tak dla atomu nie dla demagogii” i „Lepiej w atom inwestować niżli w smogu wegetować!” Manifestacja została zakończona wręczeniem petycji i podziękowaniem uczestnikom za udział.

Jerzy Lipka,

prezes Obywatelskiego Ruchu  
na Rzecz Energetyki Jądrowej,  
Warszawa