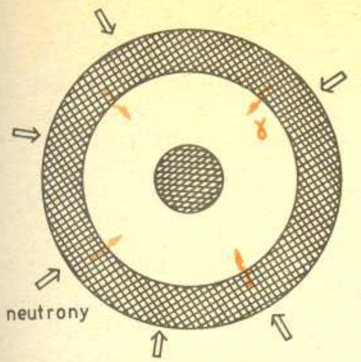

Rys. 2 Przekrój przez nić lasera γ na krótkożyciowych izomerach. Strumień neutronów pobudza jądra w zewnętrznym cylindrze. Jądra te emitują fotony γ, które wzbudzają jądra wewnętrznego walca. Akcja laserowa przebiega wzdłuż osi walca.

Zasadnicza trudność polega na tym, że we wszystkich znanych materiałach albo $\Gamma\tau > 1$ albo $N \ll 10^{22}/\text{cm}^3$.
Zaproponowano dwa rozwiązania tego problemu. Pierwsze zakłada wykorzystanie tak zwanych izomerów długożyciowych, czyli jąder o długim czasie życia w stanie wzbudzonym. Takie jądra można po wzbudzeniu łatwo oddzielić od pozostałych i dzięki temu uzyskać dużą gęstość (spełnić warunek $N = 10^{22}/\text{cm}^3$). Okazuje się jednak, że wówczas $\Gamma\tau \gg 1$ i dopóki nie pojawi się nowa idea zmniejszenia Γ, dopóty nie będzie możliwości budowy tak działającego lasera. Drugie rozwiązanie opiera się na wykorzystaniu jąder o krótkim czasie życia ($\tau < 10^{-5}$ s). Wówczas możliwe jest spełnienie warunku $\Gamma\tau \simeq 1$, a problem sprowadza się do efektywnego pobudzania jąder w czasie krótszym od czasu ich życia. Proponowane pierwotnie wzbudzenie przez bombardowanie neutronami jest zbyt mało efektywne, a dodatkowo powoduje nagrzewanie kryształu. Znacznie bardziej realne wydaje się wzbudzanie za pomocą fotonów γ, które powstają w wyniku pobudzania neutronami zewnętrznego płaszcza wykonanego z tego samego materiału. Jednak nawet wówczas potrzeba takiej gęstości strumienia neutronów, jaką obecnie obserwujemy tylko w wybuchach bomb atomowych.

Czesław RADZEWICZ

Piecyk kwarkowy

Reakcja termojądrowa polega na połączeniu dwóch jąder atomowych lekkich pierwiastków — na przykład wodoru — i utworzeniu z nich nowego, cięższego jądra. W procesie tym wyzwala się bardzo dużo energii, znacznie więcej niż przy rozszczepianiu jąder uranu. Biorąc pod uwagę, że odpowiednie paliwo jądrowe jest powszechnie dostępne, a po reakcji nie pozostają żadne odpady promieniotwórcze, trudno się dziwić, że procesy termojądrowe budzą od dawna nadzieję na uzyskanie taniego, bezpiecznego i praktycznie niewyczerpalnego źródła energii.
Na to, by dwa jądra atomowe mogły się połączyć, muszą się znaleźć bardzo blisko siebie — w odległości rzędu ich rozmiarów. Przeszkadzają w tym siły odpychania elektrostatycznego działające między dodatnimi ładunkami obu jąder. Siły te, chociaż znacznie słabsze niż siły przyciągania jądrowego, mają bardzo duży zasięg swego działania. Trzeba więc dostarczyć zderzającym się jądrom stosunkowo dużo energii i pokonać odpowiednią barierę elektrostatyczną. Wtedy dopiero zaczyna działać potężne przyciąganie jądrowe wywołujące reakcję termojądrową. Takie warunki wymagają wstępnego podgrzania gazu wodorowego do temperatury rzędu kilkudziesięciu milionów stopni, co zdarza się jedynie we wnętrzu gwiazd, a także w bombie wodorowej, gdzie zapalnikiem jest zwykła bomba atomowa. Spokojnego i bezpiecznego sposobu zainicjowania procesu termojądrowego jak dotąd nie znamy.
Na pierwszy rzut oka wydaje się, że odpychanie elektrostatyczne jąder atomowych może być skutecznie zrównoważone przez równie silne przyciąganie chemiczne samych atomów, przyciąganie, które na przykład łączy dwa atomy wodoru w cząsteczkę. Siły chemiczne, pojawiające się dzięki tendencji obu elektronów atomowych do zajmowania tego samego miejsca, mają jednak wciąż zbyt duży zasięg działania i utrzymują jądra w bezpiecznej odległości. Powodem tego jest wyjątkowo mała masa elektronów, a więc i mała siła potrzebna do ich uwięzienia w atomie i w konsekwencji stosunkowo duża średnia odległość elektronów od jąder. Co by się jednak stało, gdyby elektrony w atomach zastąpić cząstkami znacznie cięższymi? Takie egzotyczne atomy byłyby oczywiście mniejsze, a działające między nimi siły przyciągania chemicznego miałyby znacznie mniejszy zasięg działania. Mogłyby wystarczyć do pokonania bariery elektrostatycznej i wywołania reakcji termojądrowej. I chociaż trwałych, ujemnie naładowanych cząstek cięższych od elektronu nie znamy, to jednak przypuszczamy, że mogą się one znajdować wewnątrz składników jąder atomowych. Te hipotetyczne cząstki zwane kwarkami mają w swej rodzinie przedstawiciela o ładunku elektrycznym równym 1/3 ładunku elektronu. Jeżeli kwarki w ogóle istnieją, to z pewnością mają masę większą niż dziesięć mas protonowych. Tylko bowiem kwarki bardzo ciężkie mogły dotąd umknąć uwadze naszych przyrządów. Gdyby się okazało, że kwark o ładunku 1/3 jest najlżejszy, to musiałby być trwały — nie miałby się po prostu na co rozpadać. Moglibyśmy wtedy zbudować w każdym domu prawdziwy piecyk kwarkowy z paliwem wodorowym. Do takiego piecyka wrzucalibyśmy odpowiednią porcję kwarków, te chwytałyby protony tworząc maleńkie atomy kwarkowe, atomy wiązałyby się w równie małe cząsteczki i następowałaby reakcja termojądrowa. Co szczególnie ciekawe, po takiej reakcji pozostawałyby znów swobodne kwarki, które wiązałyby nowe protony i proces ciągnąłby się aż do wyczerpania paliwa. Tak właśnie musiałoby być ze względu na zasadę zachowania ładunku. Tylko bowiem kwarki mają ładunki równe 1/3 ładunku elektronu i ta jedna trzecia jest niezniszczalna. Piecyk nasz grzałby praktycznie bez końca i to dowolnie mocno. Wystarczyłoby doń wrzucić odpowiednio dużo kwarków. Może to wszystko okaże się prawdą ...

Michał ŚWIĘCKI

Rozwiązanie zadania **M258**. Oznaczmy przez P_0 nasz „minimalny kątomierz", a przez P_i ($i = 1, 2, \ldots, K^2 - K$) zbiór powstały z P_0 przez obrót o $\frac{2\pi}{K^2-K+1} \cdot i$ wokół wspólnego początku półprostych z P_0. Niech teraz $p_0, p_1, \ldots, p_{K^2-K}$ będą półprostymi tworzącymi sumę wszystkich P_i. Łatwo sprawdzić, że
(1) $P_i \cap P_j$ jest jedną półprostą p_K, gdy $i \neq j$,
(2) dla każdej pary p_K, p_L istnieje dokładnie jedno P_i takie, że $p_K, p_L \in P_i$,
(3) nie istnieje P_i zawierające cztery sąsiednie proste p_1, p_2, p_3, p_4.
Zbiór $\{p_0, \ldots, p_{K^2-K}\}$ z wyróżnionymi K-elementowymi podzbiorami $P_0, \ldots, P_{K^2-K}$ spełniającymi warunki (1)—(3) nazywamy kombinatoryczną płaszczyzną rzutową (p_i są prostymi rzutowymi na tej płaszczyźnie). Wiadomo, że płaszczyzny takie istnieją, gdy $K = p^r + 1$ (p — liczba pierwsza), nie istnieją, np. gdy $K = 7, 15$. Czy istnieje płaszczyzna rzutowa, gdy $K = 11$ — nie wiadomo.