

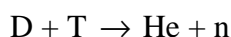
Snad z dlouhé chvíle, nebo jen tak, aby řeč nestála, položili si Atkinson a Fritz Houtermans otázku, odkud vlastně bere Slunce, které jim praží do očí, svou nevyčerpateľnou energii. Rozvíjení myšlenky, že sluneční energie se uvolňuje nikoli při štěpení, nýbrž při spojování lehkých atomů, vedlo přímo k vodíkovým bombám, ohrožujícím samu existenci lidstva. Tehdy, ke konci dvacátých let 20. století, nemyslel ovšem ani jeden z obou mladých vědců na tak strašlivé důsledky.

Slučování atomových jader

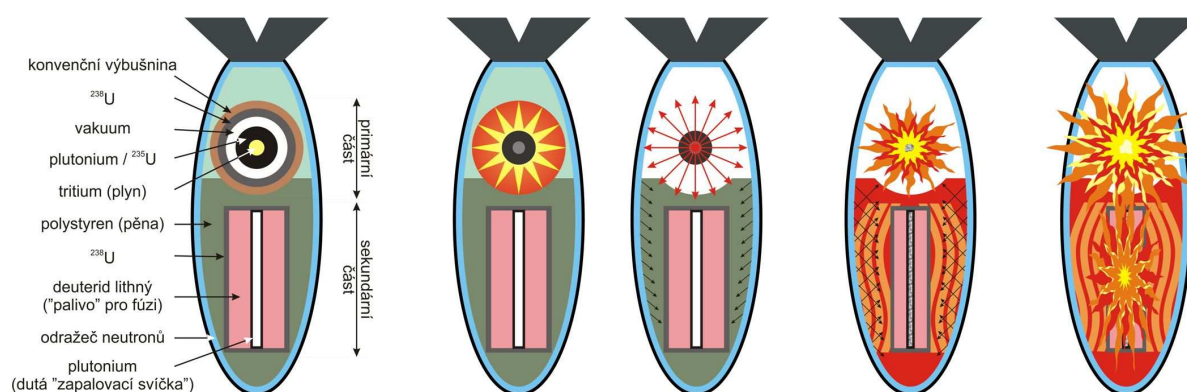
Druhou cestou, jak získat energii při jaderných reakcích, je spojování (syntéza, fúze) jader lehkých prvků na prvky těžší. Uvolňuje se přitom velké množství vazbové energie, neboť středně těžká jádra mají mnohem vyšší vazbovou energii nukleonů než jádra lehká. Energeticky nejúčinnější a zároveň nejsnadněji uskutečnitelné (s nejnižší aktivační energií) jsou fúze lehkých jader ^1H , ^2H , ^3H , ^3He , ^6Li , při kterých vzniká většinou jádro helia ^4He , které má mezi lehkými jádry obzvlášť vysokou vazbovou energii.

Přestože teoreticky byl znám princip procesu probíhajícího na Slunci (resp. hvězdách) už řadu let, jeho první ověření v pozemských podmínkách umožnil, jak jinak, až výbuch „vodíkové“ bomby v roce 1952 (USA; SSSR v roce 1953). Iniciovat podmínky potřebné k jaderné fúzi umožnila malá „atomová“ bomba – tj. štěpení uranu.

Triviální chemická rovnice tak dovedla člověka až k jaderné fúzi:



(deuterium plus tritium rovná se helium a neutron)



Teller-Ulamova konstrukce termonukleární zbraně

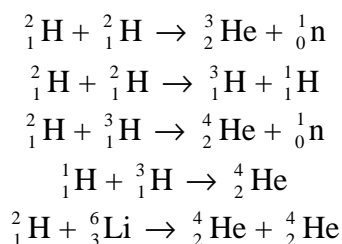
Vodíková bomba využívá pro termonukleární reakci izotopy vodíku – deuterium a tritium. V praxi se spíše používají izotopy lithia (obvykle ve formě deuteridu lithného), ze kterých působením neutronů vzniká tritium. Atomový výbuch vytvoří počáteční teplotu několika milionů stupňů Celsia a tím nastolí podmínky pro termonukleární fúzi. Ke spuštění termojaderné fúze slouží válcovitá plutoniová tyč ve středu sekundární části. Vzniklé záření, umocněné reflektorem z uranu, hydrodynamicky stlačí sekundární část, kde se zvětší hustota, teplota deuteria se zvýší na úroveň potřebnou na vyvolání termojaderné reakce a plutoniový iniciátor je stlačen na superkritické množství. Polystyrénová pěna přejde do skupenství hmoty zvané plazma. Výbuch je schopen ničit domy v okruhu 20 km a zapalovat hořlavé předměty do vzdálenosti 100 km.

Při fúzi se tedy spojují jádra lehkých atomů a vytvářejí těžší prvek. K tomu, aby se tato jádra mohla sloučit, musí se vzájemně přiblížit na tak nepatrnou vzdálenost, kde již začínají působit přitažlivé jaderné síly. Pro realizaci jaderné syntézy v praktickém měřítku proto existuje jediná cesta k dosažení potřebné aktivační energie, umožňující překonat Coulombovské elektrické odpuzivé síly působící mezi souhlasně kladně nabitými jádry. Provést reakci při velmi vysoké teplotě – odtud název termonukleární reakce. Toho je možné dosáhnout pouze v zahřátém plazmatu dostatečné hustoty. Plazma je takové skupenství hmoty (tedy čtvrté po

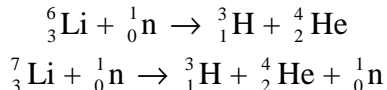
pevném, kapalném a plynném), v němž se nachází jakákoliv látka zahřátá na dostatečně vysokou teplotu, kdy všechny atomy jsou rozloženy na volné elektrony a holá jádra. V plazmatu je teplota tedy tak vysoká (desítky tisíc až miliony stupňů), že zde nenalezneme obvyklý plyn tvořený elektricky neutrálními atomy, ale směs „plynů“ dvou, tvořených částicemi majícími opačné elektrické náboje (částice plynu se pohybují již tak rychle, že se svými vzájemnými srážkami začínají „rozbíjet“ na kladně nabitá jádra a záporně nabitě elektrony, přičemž jádra se mohou vzájemně slučovat). Při fuzní reakci dochází k úbytku hmotnosti. Tato chybějící hmota se podle známé Einsteinovy rovnice $E = mc^2$ promění v kinetickou energii produktů, kterou je možné ve formě tepelné energie získat z reaktoru a využít.

Podobně jako štěpné jaderné reakce mohou i termonukleární jaderné reakce probíhat buď jako neřízené (explozivní), nebo řízené.

Existuje několik reakcí syntézy nejjednodušších jader a lze je popsat takto:



Pro energetické využití je nejzajímavější prostřední reakce, tj. mezi deuteriem (${}^2_1\text{H}$) a tritiem (${}^3_1\text{H}$), která probíhá ze všech nejsnadněji a uvolňuje se při ní značné množství energie (17,6 MeV). Tritium budou produkovat neutrony vznikající při syntéze jadernou reakcí s lithiem.



Oproti štěpení jader má jaderná syntéza mnoho předností. Má řádově vyšší energetickou účinnost, ve fuzním reaktoru nemůže dojít k řetězové reakci, ale ani k roztavení reaktoru, protože v reakčním prostoru se vždy bude nacházet jen minimální množství paliva (provoz je pulsní). Základní složky paliva – deuterium a lithium, stejně jako odpad – helium, nejsou radioaktivní. Radioaktivní je pouze tritium – s poločasem rozpadu 12 let, a aktivované konstrukční materiály (radioaktivní tritium ${}^3\text{H}$ se bude v reaktoru vyrábět i spotřebovávat v uzavřeném cyklu). Kdy k nasazení pulsních reaktorů dojde nelze ještě spolehlivě ani odhadnout. Je ale možné, že už toto století se bude z energetického hlediska nazývat vodíkovým.