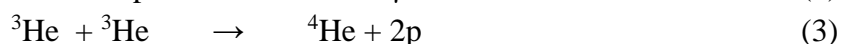
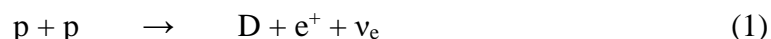


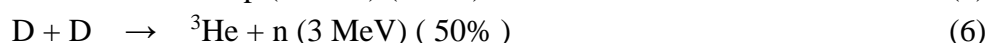
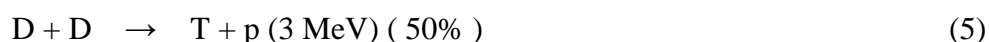
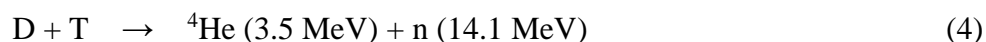
Možné reakce

Nejbližším generátorem energie založeném na jaderné fúzi je Slunce. V jeho nitru probíhá řetězec reakcí (tzv. protonový cyklus)



Za povšimnutí stojí první reakce. Produkované neutrino snadno proniká Sluncem a jeho detekci na Zemi je jedním z důkazů existence protonového cyklu ve Slunci. Z charakteru reakce vyplývá, že je způsobena slabou interakcí. Ta má relativně dlouhé reakční časy a tím výrazně zpomaluje jaderné přeměny na Slunci. Díky tomu bude Slunce zářit ještě miliardy let.

Jaderné reakce, které vyhovují požadavkům kladeným na dostupnost paliva, energetický zisk a jejich technickou uskutečnitelnost, jsou následující:



Celá sada reakcí se dá sumarizovat jako



V principu lze tedy použít jako palivo pouze deuterium a výsledný produkt bude helium. Problém je v teplotě potřebné k základním DD reakcím. Ty se pohybují okolo 500 keV, což je v současných fúzních zařízeních nedosažitelná hodnota. O něco menší nároky má DT reakce, pro kterou je potřeba termalizované plasma o teplotě 10keV. Její nevýhodou je potřeba tritia, které je radioaktivní (slabý beta zářič), a navíc se nevyskytuje ve volné přírodě, ale je potřeba ho produkovat uměle.

Důvod, proč je zrovna DT reakce tak výhodná, tkví v ojedinělém rezonančním mechanismu. Součet klidových energií D a T se jen o velmi málo liší od klidové energie jedno ze stavů ^5He . Tento isotop helia má extrémně krátkou životnost, v podstatě se tedy jedná o rezonanční záchyt.

D μ T molekuly

Jedním z nadějných způsobů, jak obejít Coulombickou bariéru jinak než vysokou teplotou, je D μ T molekula. Je to v podstatě vodíková molekula, kde místo elektronu figuruje mion. Tento lepton má velmi podobné vlastnosti jako elektron, je ovšem zhruba 200x těžší. Díky tomu je celá molekula značně zmenšená (bohrův poloměr je zde asi $2.5 \times 10^{-13} \text{m}$) a to umožňuje průběh DT reakce. Miony se produkují v urychlovači. Nastřelením proudu protonů do terčíku vznikají mezony μ a jejich rozpadem miony. Ty jsou nestabilní a s poločasem rozpadu $1.5 \times 10^{-6} \text{s}$ se rozpadají na elektron a dvě neutrína. Miony v DT směsi velmi rychle (10^{-9}s) vytvoří molekulu a během dalších zhruba 10^{-12}s dojde k jaderné reakci. Problém je, že s pravděpodobností 0.6% zůstane mion přilepený na vzniklém heliu a neúčastní se dalších reakcí. V současné době je možné dosáhnout o něco více než 100 reakcí na 1 mion. To je bohužel příliš málo na to, aby se použití mionů energeticky vyplatilo, protože na produkci jednoho mionu jsou potřeba 3 GeV.

Tritium

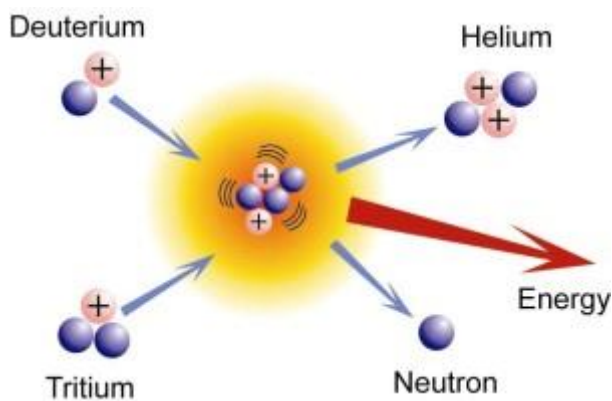
Tritium je jedním z největších problémů současných fúzních zařízení. Jak již bylo zmíněno, rozpadá se beta rozpadem s poločasem 12.3 let. Na Zemi se prakticky nevyskytuje, je možné ho vytvořit neutronovou aktivací



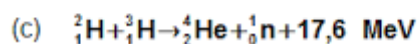
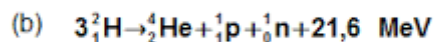
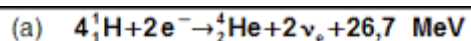
Druhá reakce je důležitá, protože se při ní produkuje další neutron, který může dále reagovat. Je tak v principu možné využít neutrony vznikající při DT reakci pro tvorbu dostatečného množství tritia. Tritium se po chemické stránce chová jako vodík, může vytvářet HTO molekuly a velmi snadno pronikat do živých organismů. Jeho biologický poločas v lidském těle je zhruba 10 dní, během této doby může být pro člověka značně nebezpečný. Další nepříjemnou vlastností je tzv. rozpouštění v kovech. Vodík má obecně tendenci pronikat a usazovat se v kovech, a to až v překvapivě vysokých koncentracích. To v praxi znamená, že po prvním použití tricia ve fúzním zařízení budou stěny komory natolik zamořeny radioaktivitou, že do něj nebude smět nikdo vstoupit a všechny pozdější konstrukční zásahy budou realizovány pomocí robotů.

Reakce	Energie
${}^2\text{H}_1 + {}^2\text{H}_1 \rightarrow {}^3\text{He}_2 + {}^1\text{n}_0$	3,13 MeV
${}^2\text{H}_1 + {}^2\text{H}_1 \rightarrow {}^3\text{H}_1 + {}^1\text{H}_1$	4,03 MeV
${}^2\text{H}_1 + {}^3\text{H}_1 \rightarrow {}^4\text{He}_2 + {}^1\text{n}_0$	17,6 MeV
${}^1\text{H}_1 + {}^3\text{H}_1 \rightarrow {}^4\text{He}_2$	19,9 MeV
${}^2\text{H}_1 + {}^3\text{He}_2 \rightarrow {}^4\text{He}_2 + {}^1\text{H}_1$	18,4 MeV
${}^2\text{H}_1 + {}^6\text{Li}_3 \rightarrow {}^4\text{He}_2 + {}^4\text{He}_2$	22,4 MeV

Přehled principiálně využitelných slučovacích reakcí lehkých prvků. Připomeňme si, že izotopy vodíku mají i své názvy 2H je deuterium a 3H je tritium. Jádra izotopů vodíku a helia se pak označují jako proton (1H), deuteron (2H), triton (3H) a částice alfa (4He).

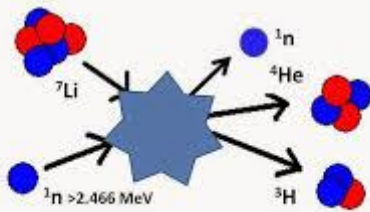


Dobře známé schéma fúzní reakce deuteria a tritia.

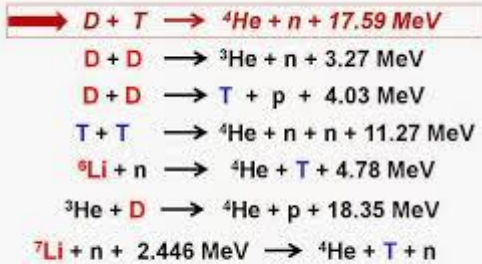


High-energy ^1_0n can also produce ^3_1H from ^7_3Li in an endothermic reaction, consuming 2.466 MeV.

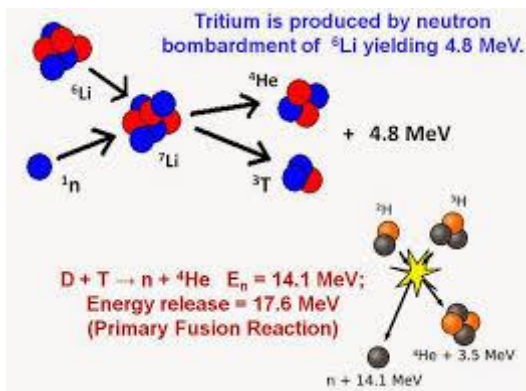
The 1954 Castle Bravo nuclear test produced yield of 15 MT instead of the expected 5 to 6 MT.

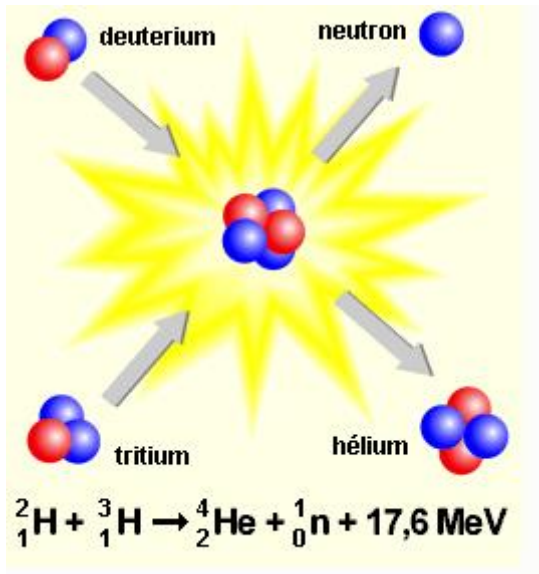


Primary Reactions in a Fusion Bomb



The temperature and pressure in a fusion bomb can be as high as 100 million K and 64 billion atm.





fúze

$$\begin{array}{ccccccc}
 p \ n & + & p \ n^2 & \rightarrow & p^2 \ n^2 & + & n \\
 x^6 \cdot t^1 & & x^9 \cdot t^2 & & x^{12} \cdot t^2 & & x^3 \cdot t^1 & 15 \ 16 \\
 \hline
 x^0 \cdot t^5 & \cdot & x^0 \cdot t^8 & = & x^0 \cdot t^{10} & \cdot & x^0 \cdot t^3 & 15 \ 16
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccccc}
 p \ n & + & p \ n^2 & \rightarrow & p^2 \ n^2 & + & n \\
 x^3 \cdot t^0 & x^3 \cdot t^1 & x^3 \cdot t^0 & x^6 \cdot t^2 & x^6 \cdot t^0 & x^6 \cdot t^2 & x^3 \cdot t^1 & 15 \ 16 \\
 \hline
 x^0 \cdot t^2 & x^0 \cdot t^3 & x^0 \cdot t^2 & x^0 \cdot t^6 & x^0 \cdot t^4 & x^0 \cdot t^6 & x^0 \cdot t^3 & 15 \ 16
 \end{array}$$

Chápu, že se Vám do dlouhého debatování o plazmatu nechce. Já si o tom čtu jinde. Ale i tak, takové malé krátké otázky by ke zpestření neuškodily, že ? : Když probíhá ta fúze deuterium + tritium s výstupem helia, respektive přesněji „alfa částice“ + neutron + energie, tak kam se poděly ty elektrony ? v tom plazmatu ?, co dělají ? Např. Kulhánek říká, cituji ho „Plazma vzniká odtržením elektronů z elektrického obalu“