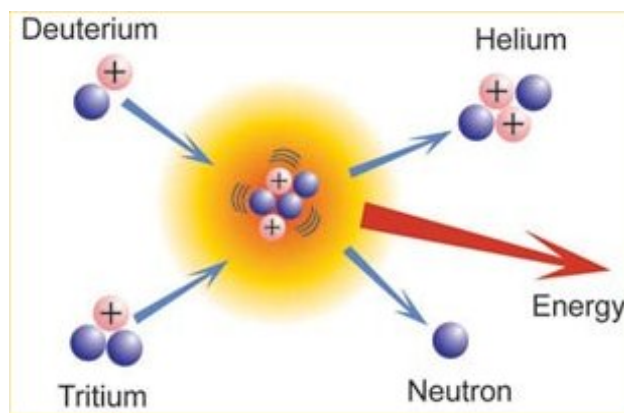


Framtiden med fusion

En framtida möjlig energiproduktion är genom fusion. Fusion innebär att lätta atomkärnor slås ihop till tyngre. Fusion är solens och alla andra stjärnors sätt att producera energi. Solen och stjärnorna hålls ihop av gravitationen, i fusionsreaktorer kommer den heta gasen att hållas ihop av ett magnetfält. Fusionsenergi betraktas som mycket attraktiv, inte minst därför att en del av bränslet finns i vanligt vatten.

Vanligt vatten består av en blandning av ”lätt” vatten och ”tungt” vatten (i förhållandet 6000:1). I tungt vatten är väteatomerna ersatta med deuteriumatomer. Deuteriumatomen är en väteisotop med dubbla massan jämfört med en vanlig väteatom. Det är relativt enkelt och billigt att framställa deuterium från vatten. Tritium är också en väteisotop, men med massan tre gånger vanligt väte.

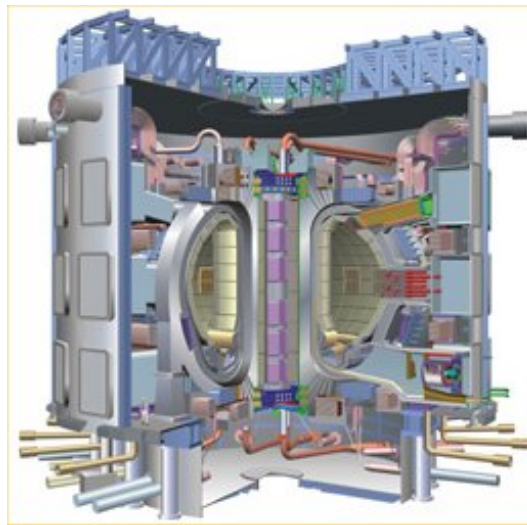


Atomkärnorna deuterium och tritium kolliderar och smälter samman till en heliumkärna som efter en mycket kort tid sändning ut en neutron och en stor mängd överskottsenergi.

Om man slår ihop två lätta atomkärnor blir det energi över. Om två deuteriumatomer slås samman blir slutprodukten en heliumkärna, ^3He , och en neutron. Alternativt kan en tritiumkärna och en proton uppstå. Dessa två processer är lika sannolika. Om en tritiumkärna slåss ihop med en deuteriumkärna, så uppstår en heliumkärna, ^4He , och en neutron. Den senare processen är illustrerat i figuren ovan. I samtliga tre reaktioner frigörs en stor mängd energi. Motsvarande energimängd som frigörs vid kemiska reaktioner – till exempel förbränning av kol, olja, ved etc. – är ungefär en miljon gånger mindre. Detta är orsaken till att det går åt så lite bränsle och blir så lite avfall vid fission/fusion jämfört med vanlig förbränning.

Alla atomkärnor är positivt laddade och stöter därför bort varandra. För att övervinna krafterna och få atomkärnor att slås samman måste man antingen sätta hög fart på en av kärnorna (det gör man isåfall i en accelerator) eller hettar man upp gasen till hundratals miljoner grader. I en het gas rör sig atomerna med en mycket hög hastighet och de tre kärnreaktionerna kan ske. Att använda en accelerator är meningslöst, energibehovet för

att driva acceleratoren är mycket större än energivinsten. Vid hundratals miljoner grader är atomkärnor laddade och elektroner rör sig fritt, man säger att gasen är en plasma. För att en fusionsreaktor ska fungera måste plasmat hållas ihop och partikeltätheten i plasmat vara tillräckligt högt. Annars sker inte kollisionerna tillräckligt ofta. Plasmat går givetvis därför inte att förvara i en behållare. Oavsett behållarens material, skulle den omedelbart smälta. Eftersom plasmat består av laddade partiklar påverkas de av ett magnetfält. Plasmat finns därför i en lufttom behållare och kraftiga magnetfält hindrar plasmat från att röra vid behållarväggarna. Energin som frigörs finns som rörelseenergi hos de bildade partiklarna. Energin överförs till en mantel som omger plasmat. Manteln kyls med vatten. Det upphettade vattnet får i sin tur driva en turbin kopplad till en elektrisk generator, på samma sätt som i dagens elproduktion.



Så här planeras ITER att se ut. Titta gärna på ITERs hemsida www.iter.org

Ett europeiskt fusionsforskningsprojekt är JET i England. Det startade i början av 80-talet och har under de gångna åren givit mycket värdefulla forskningsresultat. Nästa projekt kallas ITER och uppförs just nu i södra Frankrike, se figuren ovan. Detta är ett internationellt projekt mellan bland annat EU, Ryssland, Japan och USA. ITER som planeras tas i bruk om tio år kommer inte att bli en energiproducerande fusionsreaktor utan snarare en avancerad testanläggning. Det som kommer att studeras är egenskaperna hos ett brinnande plasma under reaktorliknande förhållanden. Många plasmafysikaliska och fusionsteknologiska problem och problem förknippade med en kommande fullskalig reaktor kommer att angripas. Steget efter ITER planeras bli en demonstrationsreaktor eller prototypreaktor i full skala. Planeringen idag är att kommersiell användning av fusion kan börja om ungefär 35 år.

I första generationens kommersiella fusionsreaktorer kommer deuterium och tritium att användas som bränsle. Tillverkningskostnaden för ett kg deuterium är ungefär 10 kronor. Denna liter har ett energiinnehåll på ungefär 300 GJ. Bränslekostnaden blir alltså fullständigt försumbar. Tritium är radioaktivt med 12 års halveringstid. Tritium finns inte naturligt utan framställs genom en kärnreaktion mellan neutroner och grundämnet litium.

Priset för ett kg litium är idag 400 kronor. Från ett kilogram litium kan man utvinna omkring 7000 GJ. Även detta är givetvis en försumbar bränsle kostnad. Litium i marken, för framställning av tritium, kommer att räcka för att producera energi på nuvarande nivå i närmare 10^5 år, i oceanerna finns litium motsvarande svindlande $3 \cdot 10^7$ års produktion. Primärbränslet är alltså deuterium och litium (som i reaktorn omvandlas till tritium). Det vill säga det blir icke-radioaktivt bränsle som kommer att transporteras till kraftverket.

I andra generationens reaktorer planeras deutron-deutron reaktionen att användas. Bränslet, deuterium, uppskattas räcka i 10^{10} år. Denna reaktion är svårare att uppnå eftersom den kräver högre temperatur och högre täthet på plasmat. Detta är orsaken till att man vill vänta med denna metod tills man har fått erfarenhet av första generationens reaktorer. För senare generationers reaktorer finns möjlighet att använda andra lätta grundämnen som helium-3 eller bor-11. Fördelen med dessa senare ämnen är att det inte produceras några neutroner och därmed inte inducerar aktivitet.

Plasmat kan värmas på olika sätt. I JET används neutrala partiklar av väte och deuterium med energin 80 – 160 keV som skjuts in i gasen. Totala effekten i strålen är 25 MW. För ITER planeras också uppvärmning med neutrala strålar. Dock med mycket högre energi, eftersom plasmats täthet kommer att behöva vara högre. De neutrala strålarna i JET skapas genom att en positiv jonstråle neutraliseras vid passage genom en gascell. För ITER med högre energi hos primärstrålen skulle denna neutraliseringsprocess inte vara tillräckligt effektiv. Man planerar därför att istället ha en negativ primärstråle. Det blir en utmaning att skapa negativa strålar med tillräcklig strömtäthet.

Vad är då fördelarna med fusion utöver den stora tillgången på bränsle och det billiga bränslet. Jo, en fusionsreaktor kan inte råka ut för en härdsmälta, radioaktiviteten hos använt bränsle är lägre jämfört med fission och väggmaterial kan väljas så att tiderna för radioaktivitetsminskningen blir korta. Vid lagring av avfall kommer därför kärnkraftindustrins väl beprövad teknologi för ytförvaring att kunna användas.

Med de mycket stora tillgångar på bränsle och som därför kommer att vara så länge, blir ev diskussioner om ”ändlig – förnybar” helt meningslösa.