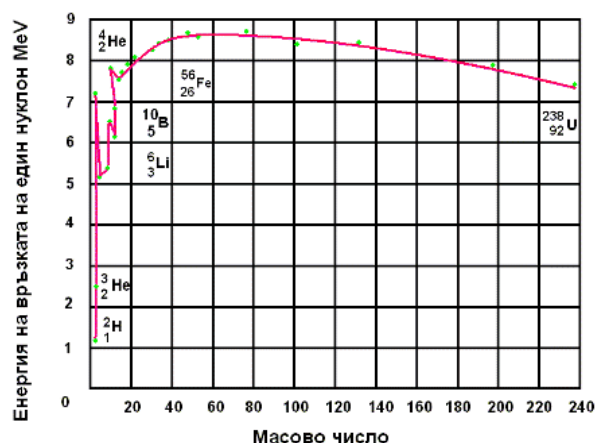


Термоядрен синтез

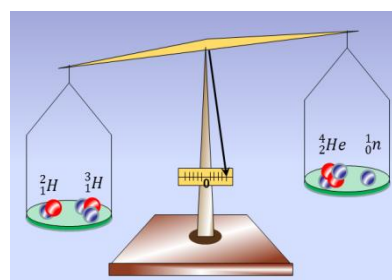
1. Ядрен синтез

Да разгледаме графиката, изразяваща специфичната енергия на връзката като функция на масовото им число A . Специфичната енергия на връзката има най-голяма стойност за ядрата с масово число около 60. Следователно както в тежките, така и в леките ядра нуклоните са по-слабо свързани, отколкото в ядрата от средата на периодичната система. Затова са възможни два противоположни процеса, при които се отделя енергия:

1. *Делене на тежки ядра*
2. *Сливане на две леки ядра*



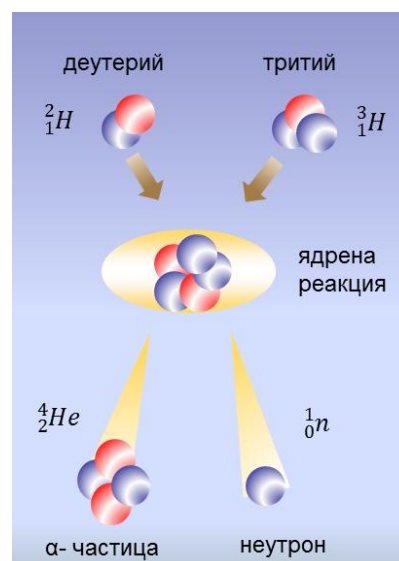
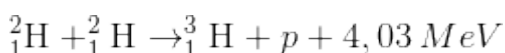
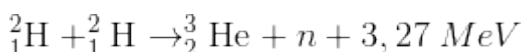
Процесът, при който две леки ядра се сливат и се образува ядро с по-голямо масово число и по-голяма енергия на връзката, се нарича реакция на ядрен синтез. Тъй като общата маса на получените след ядрения синтез ядра и частици е по-малка от общата маса на изходните ядра, процесът на сливане е съпроводен с отделяне на енергия: част от енергията на покой на изходните се превръща в кинетична енергия на продуктите на ядрения синтез (фиг. 8-1).



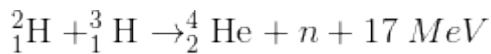
Фиг. 8-1.

Енергията, която се освобождава при сливането на две леки ядра, е десетина пъти по-малка от енергията, освободена при деленето на едно тежко ядро. Тъй като в едно делене участват около 240 нуклона, а в една реакция на синтез – само няколко нуклона, при синтеза (пресметнато на един нуклон) се отделя много повече енергия, отколкото при деленето. От тази гледна точка реакциите на синтез са по-изгодни от реакциите на делене.

Интерес за ядрената енергетика представляват реакциите на ядрен синтез, в които участват изотопите на водорода деутерий (${}^2_1\text{H}$) и тритий (${}^3_1\text{H}$) (фиг. 8-2).



Фиг.8-2.



Най- голяма енергия (17,6 MeV) се отделя при реакцията Излъченият при реакцията неутрон отнася 80% от освободената енергия (кинетична енергия на неутрона), а останалите 20% преминават в кинетична енергия на полученото при сливането хелиево ядро (α - частица) (фиг. 8- 3).

Неутроните, получени при деленето на урана, имат голяма кинетична енергия (около 2 MeV). Вероятността ядро ${}^{235}_{92}\text{U}$ да захване такъв бърз неутрон е много малка. Колкото по- малка е енергията на неутроните, толкова по- лесно те се захващат от ядрата. Затова неутроните трябва да бъдат забавени преди да предизвикат делене на други ядра. Това става в резултат на ударите с леките ядра на водорода от водните молекули: при ударите неутроните отдават на водорода по- голяма част от енергията си.

Деленето на ядрата на урана е съпроводено с мощно γ - излъчаване. Освен това голяма част от продуктите на делене са радиоактивни. Затова е много важно да се осигури надеждна радиационна защита около активната зона на реактора. Тази защита включва прегради от стомана, вода и бетон, които поглъщат радиоактивните лъчения. При реакторите на АЕЦ- Козлодуй са предвидени три последователни защитни бариери за околната среда от радиоактивните продукти. Въведена е автоматична система за контрол на радиоактивните лъчения, както в самата централа, така и в 110-километровата зона около нея. След аварията в атомната електроцентрала в Чернобил (Украйна) (фиг. 7- 6) през 1986 година се обръща изключително голямо внимание на безопасността на ядрените реактори.

Освен при авария опасност за околната среда може да възникне при неправилно съхраняване на радиоактивните отпадъци. Ядрените реактори периодично се зареждат със свежо гориво. Вече използваното гориво съдържа голямо количество радиоактивни вещества. То се подлага на преработка, а получените радиоактивни отпадъци се "погребват" в специално построени за тази цел хранилища. Вземат се мерки, за да се изключи възможността радиоактивни отпадъци да попаднат в почвата и водата.

2. Термоядрен синтез

Сливане на две положително заредени ядра е възможно само ако те имат достатъчно голяма кинетична енергия, за да преодолеят електричните сили на взаимно отблъскване и да се доближат на такива малки разстояния (около 10^{-14} m), на които ядрените сили на привличане стават по- големи от силите на електрично отблъскване. Необходимата кинетична енергия може да се получи чрез загряване на средата, съдържаща леки ядра, до неколкостотин милиона градуса. При такава огромна температура атомите са напълно йонизирани и веществото се намира в плазмено състояние: представлява смес от свободни електрони и атомни ядра с голяма кинетична енергия. В такъв случай процесът на сливане на леките ядра се нарича **термоядрен синтез**.

3. Управляем термоядрен синтез

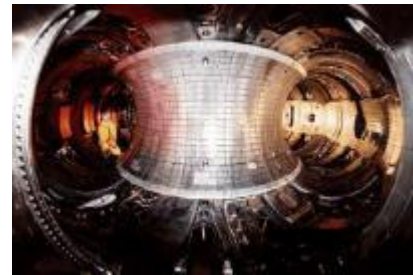
Устройствата, с които се получава енергия чрез управляеми реакции на термоядрен синтез, се наричат **термоядрени реактори**. Термоядрените реактори, използващи за гориво деутерий и тритий, имат редица предимства пред реакторите, в

които се осъществява делене на урана. Преди всичко тяхното гориво е много по-евтино и практически е в неограничено количество. Деутерият се съдържа в обикновената вода: от 1 m^3 вода може да се извлече около 30 g деутерий. Необходимият за реакцията тритий се получава като страничен продукт при работата на самия реактор. Освен това в термоядрените реактори се създават много по-малко радиоактивни продукти и опасността за радиоактивно замърсяване на околната среда е минимална.

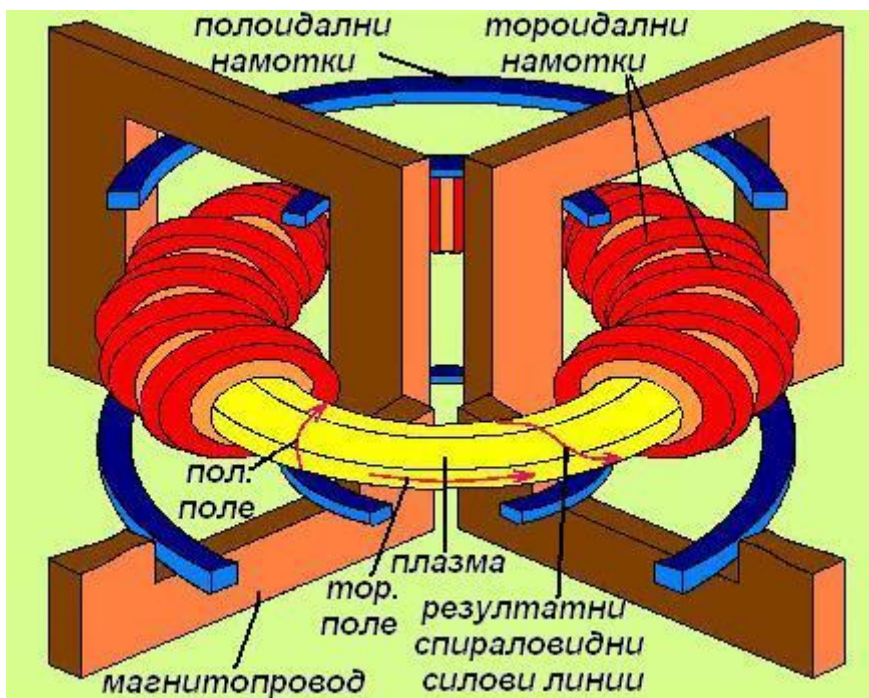
Практическото използване на термоядрения синтез за производство на електроенергия обаче е все още нерешен проблем. За протичане и управление на термоядрен синтез в реактора трябва да са изпълнени следните три условия:

1. *Създаване на високотемпературна плазма.*
2. *Поддържане на голяма плътност на плазмата, за да се увеличи броят на ударите между ядрата.*
3. *Задържане на плазмата достатъчно дълго време, за да се осъществи сливането на леките ядра в резултат на ударите между тях. При това плазмата не трябва да се допира до стените на реактора. При допир плазмата се охлажда, а веществото на стените се изпарява и термоядреният синтез става невъзможен.*

За задържане и свиване на високотемпературната плазма се използва силно магнитно поле, което се създава в специална камера (фиг. 8-4), наречена "Токамак" (тороидална камера със стабилизиращо магнитно поле). Първият експериментален термоядрен реактор от типа "Токамак" е създаден през 1963 година в Съветския съюз. Сега в редица научноизследователски лаборатории от Европа, Япония и САЩ работят различни разновидности на реакторите "Токамак", в които отделената при термоядрения синтез мощност достига няколко мегавата. Разработени са проекти за термоядрени реактори с мощност 1000 MW.

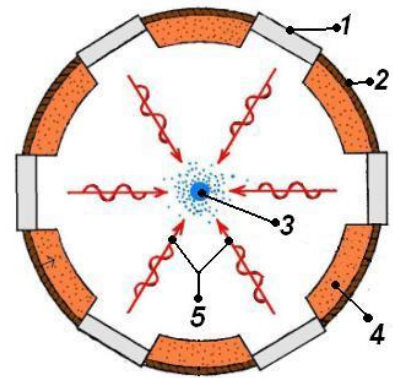


Фиг.8-4.а



Фиг.8-4.б

На фиг. 8-5 схематично е показан друг метод за осъществяване на управляем термоядрен синтез- с помощта на лазерно лъчение. Върху малко топче (с диаметър около 1 mm) от замръзнала смес от деутерий и тритий едновременно и симетрично от различни страни се фокусират няколко снопа мощно лазерно лъчение (фиг. 8- 6). (В американската програма "Омега" броят на сноповете е 24.) То предизвиква много бързо изпарение на повърхонстния слой на топчето. Както при реактивното движение, излитащите с голяма скорост изпарени частици действат с огромни сили на натиск върху вътрешната част на топчето и намаляват обема ѝ над 1000 пъти. При бързото свиване плътността и температурата на сместа рязко нарастват и се създават условия за протичане на термоядрен синтез.



Фиг.8-5.