

Ядролардың бөлінуі

Ядролық бөліну реакциялары тек өте ауыр ядролар үшін мүмкін болады. Бөліну реакциялары ішінен ең ықтималды бөліну реакциясы уран ядросының екі бөлікке—бөліну жарықшақтарына бөлінуі болады. Ауыр ядроның бөлінуі үлкен энергияның бөлініп шығуымен өтеді. ${}_{92}^{235}\text{U}$ уран ядросының әрбір бөліну ісінде 200 МэВ-ке жуық энергия бөлініп шығады.

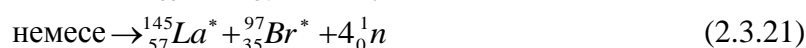
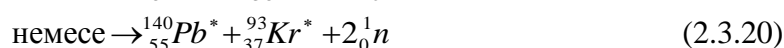
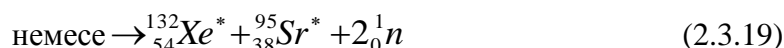
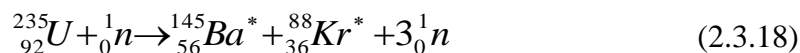
Сонда:

- ыдырау өнімдерінің кинетикалық энергиясы 168 МэВ,
- пайда болатын нейтрондардың кинетикалық энергиясы 5 МэВ;
- γ - сәуле энергиясы 5 МэВ,
- иондану өнімдерінің α - және β - сәулелерінің энергиясы 13 МэВ,
- нейтрино энергиясы 9 МэВ

болады.

1 кг уран-235 урандағы ядролар бөлінгенде массаның ақауы 1 г – жетеді. Бұл $9 \cdot 10^{13}$ Дж энергияға сәйкес келеді, осы энергия 2500т тас көмір жанғанда алынады, $25 \cdot 10^6$ кВт·сағат электр энергиясының немесе 20000т тринитротолуол қопарылғыш зат энергиясына тең.

${}_{92}^{235}\text{U}$ уран ядросының нейтрондармен бөліну реакциясы (1938ж. Ган, Штрассман, Мейтнер)



Уран ядроларының бөліну өнімдері басқа қос ядролар да болады. Бөліну өнімдерінің бәрі радиоактивті болады.

Уран ядросының бөлінуі кезінде бөлінуді туғызатын әрбір нейтронға жаңадан екі немесе үш нейтрон пайда болады, олар басқа ядролардың бөлінуін туғызады. Тізбекті тасқынды реакция пайда болады, осы жағдайда нейтрондар саны тез өседі.

Тізбекті бөліну реакциясы нейтрондардың көбею процесі болатын ортада байқалады. Осындай орта активті орта деп аталады. Нейтрондардың көбею интенсивтігі маңызды сипаттамасы көбею коэффициенті болып табылады.

Нейтрондардың көбею коэффициенті K – бір бөліну ісінде пайда болатын нейтрондар санының мұның алдындағы бөліну актысындағы осындай нейтрондардың санына қатынасына тең,

$K=1$ – бірлік уақыттағы бөліну істерінің саны тұрақты, реактор тұрақты қуатпен жұмыс істейді;

$K<1$ – бірлік уақыттағы бөліну ісінің саны кемиді, тізбекті реакция өшеді;

$K>1$ – бірлік уақыттағы бөліну ісінің саны өседі, реактор қуаты экспонентті өседі. Жарылыс боулы мүмкін.

Атомдық ядролардың синтезі

Ядролардың синтезі, яғни жеңіл ядролардың бір ядроға бірігуі реакциясында, ауыр ядролардың бөлінуі сияқты, энергияның үлкен мөлшері бөлінеді. Ядролардың синтезі үшін өте жоғары температуралар қажет болғандықтан, осы процесс термоядролық реакция деп аталады.

Реттік нөмірлері Z_1 және Z_2 ядролардың кулондық тебілістен пайда болған потенциалдық тосқауылды еңсерулері үшін мынадай энергиясы болуы тиіс

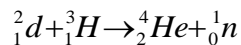
$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z_1 Z_2 e^2}{r_{\text{я}}}$$

мұндағы r_α – ядролық күштердің әрекет ету радиусы, реттік шамасы шамамен $2 \cdot 10^{-15}$ м-ге тең, $Z_1 = Z_2 = 1$ болғанның өзінде ядролар үшін осы энергия

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_\alpha} = 9 \cdot 10^9 \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{2 \cdot 10^{-15}} = 1,15 \cdot 10^{-13} \text{ Дж} \approx 0,7 \text{ МэВ} \text{ болады.}$$

Соқтығысатын әрбір ядроның үлесіне 0,35 МэВ келеді. 0,35 МэВ-ке тең орташа жылулық қозғалыс энергияға $\sim 2 \cdot 10^9$ К температура сәйкес келеді. Бірақта жеңіл ядролардың синтезі едәуір кіші температураларда да өте алады. Мәселе мынада, бөлшектердің жылдамдықтар бойынша кездейсоқ үлестірілуі себепті, энергиясы орташа мәннен елеулі түрде басым болатын ядролардың қайсыбір саны әрқашан болады. Бұдан басқа, ядролар туннельдік эффект арқылы біріге алады. Сондықтан кейбір термоядролық реакциялар елеулі түрде тіпті $\sim 10^7$ К температураларда өте алады.

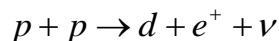
Дейтерий мен тритий ядроларының синтезі үшін жағдай ерекше қолайлы, өйткені бұлардың арасындағы реакция резонанстық сипатта болады. Дәл осы заттар сутегі бомбасының зарядын құрайды. Осы бомбаның тұтандырғыш қызметін кәдімгі атом бомбасы атқарады. Осы бомба жарылған кезде реттік шамасы 10^7 К температура алынады. Дейтрон (${}^2_1\text{H}$) мен (${}^3_1\text{H}$) ядросының синтез реакциясына



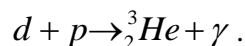
17,6 МэВ-ке тең энергияның бөлінуі ілесе өтеді, сонда бір нуклонға $\sim 3,5$ МэВ энергия келеді. Салыстыру үшін уран ядросының бөлінуі реакциясында бір нуклонға $\sim 0,85$ МэВ бөлінеді.

Сутегі ядроларының гелий ядросына синтезі Күн және басқа жұлдыздар энергиясының негізгі көзі болып табылады, бұлардың қойнауларындағы температура $10^7 - 10^9$ К-ге жетеді. Осы синтез екі жолмен іске аса алады.

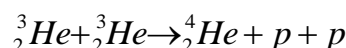
Төменірек температуралар жағдайында протон – протондық цикл орын алады. Ол былай өтеді. Алдымен, екі протонның синтезінен дейтрон, позитрон және нейтрино пайда болады



Пайда болған дейтрон протонмен соқтығысып, онымен бірігіп ${}^3_2\text{He}$ ядросы құралады:

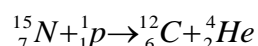
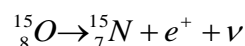
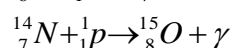
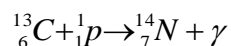
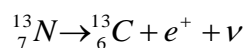
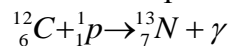


Циклдың соңғы бөлігін



реакция құрайды.

Жоғарырақ температураларда көміртектік (немесе көміртек - азоттық) циклдың ықтималдығы үлкенірек (Бете ұсынған). Бұл цикл мына бөліктерден тұрады:



Көміртектік циклдың қорытындысы: төрт протон жойылады да бір α -бөлшек түзіледі. Көміртек ядроларының мөлшері өзгеріссіз қалады, осы ядролар реакцияға катализатор рөлінде қатысады.