

### Ядролық күштер. Ядроның массасы және байланыс энергиясы.

**Ядролық күштер.** Ядролардағы нуклондардың орасан зор байланыс энергиясының болуы (атомдағы электрондардың байланыс энергиясымен салыстырғанда) нуклондар арасында қуатты ядролық тартылыс күштерінің әрекет ететіндігін білдіреді, бұлармен салыстырғанда электромагниттік тебіліс күштері жүздеген есе әлсіз. Осы күштердің ерекше өзгешеліктерін атап өтейік. (Х. Юкава, 1935):

- Ядролық күштер жақыннан әрекет етуші күштер, бұлардың әрекет ету радиусы  $r \sim 10^{-15}$  м.
- Ядролық күштер зарядтық тәуелсіздік байқатады; екі протон арасындағы, екі нейтрон арасындағы, нейтрон - протон арасындағы өзара әрекет ету күштері бірдей болады.
- Ядролық күштер қанығу қасиеттеріне ие (әрбір нуклон оған ең жақын көрші нуклондардың шектеулі санымен өзара әрекеттеседі).
- Ядролық күштердің шамасы нуклондардың спиндерінің бағытына тәуелді болады (дейтрон - дейтерий ядросы, егер нуклондарының спиндері параллель болса орнықты болады).

**Ядроның массасы және байланыс энергиясы.** Ядро массасы ядроны құраушы нуклондардың массалары қосындысына тең болуы тиіс еді. Бірақ масс – спектрометриялық өлшеулер ядроның шын массасы осы қосындыдан кіші болатындығын көрсетеді. Аталған массалардың  $\Delta m$  айырымын массаның ақауы деп атайды. Массаның ақауын масса мен энергияның сақталу заңын бейнелейтін

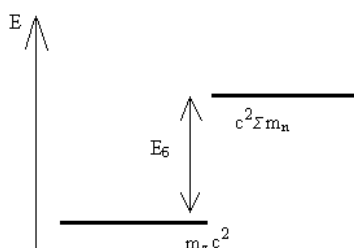
$$\Delta E = \Delta m c^2 \quad (2.1.8)$$

формуласы негізінде түсіндіруге болады.

$Z$  протон мен  $N$  нейтрон ядроға біріккен кезде бұлардың массасының  $\Delta m$  бөлігі жойылады да оның орнына оған пара – пар энергия  $\Delta E = \Delta m c^2$  бөлінеді (әдетте  $\gamma$ -кванттар энергиясы түрінде). Осы энергияны берілген ядроның  $E_\delta$  байланыс энергиясы деп атайды. Орнықты атомдық ядроны оны құраушы протондар мен нейтрондарға бөлшектеу үшін кем дегенде  $E_\delta$  байланыс энергиясына тең энергия жұмсау керек. Сонымен, ядроның байланыс энергиясы мына формуламен өрнектеледі:

$$E_\delta = (Zm_p + Nm_n)c^2 - m_{\text{я}}c^2 \quad (2.1.9)$$

(2.1.9) формуланы мына түрде жазуға болады  
2.1 сурет



$$E_\delta = (Zm_H + Nm_n)c^2 - m_{\text{атом}}c^2 \quad (2.1.10)$$

көбінесе байланыс энергиясын энергия бірліктерінде емес, массаның атомдық бірлігінде (м.а.б.) өрнектеу ыңғайлырақ болады екен. Сонда (2.1.10) формуладағы  $c^2$  көбейтіндісі болмайды:

$$E_\delta = (Zm_H + Nm_n) - m_{\text{атом}} \quad (2.1.11)$$

Есептеулерді бұдан әрі жеңілдету үшін ядроның немесе нуклонның  $m$  массасы (м.а.б.) мен  $A$  массалық санының айырымы ретінде массаның  $\Delta$  ақауы ұғымын енгізеді:  $\Delta = m - A$ . Сонда

$$m_H = 1 + \Delta_H, \quad m_n = 1 + \Delta_n, \quad m_a = A + \Delta_a \quad (2.1.12)$$

Ал осы жағдайда (2.1.11) формула мына түрге келеді:

$$E_\delta = Z\Delta_H + N\Delta_n - \Delta_a \quad (2.1.13)$$

мұндағы  $N=A-Z$ . Осыған сәйкес кестелерде нуклидтердің массалары емес, бұлардың массаларының ақаулары келтіріледі.

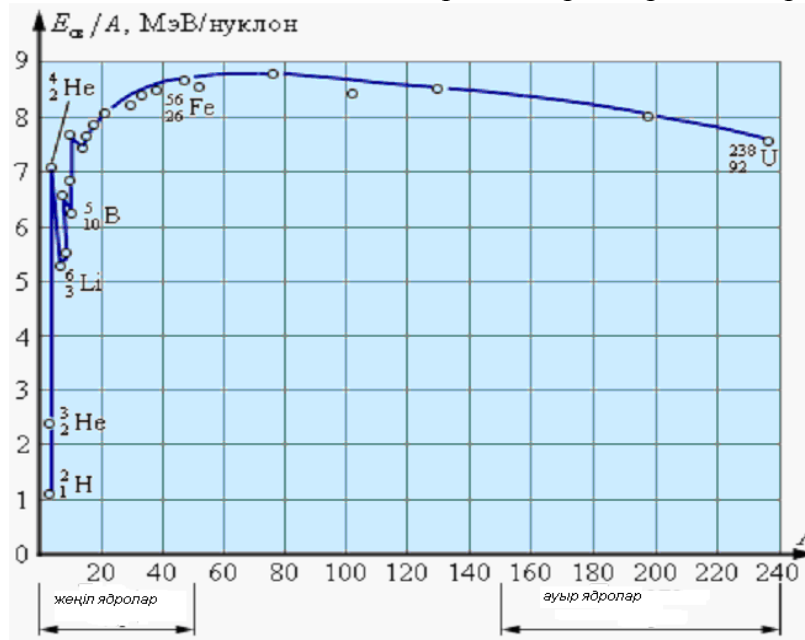
**Меншікті байланыс энергиясы.** Орташа алғанда бір нуклонға келетін байланыс энергиясы осылай аталады, яғни

$$\delta E_{\sigma} = \frac{E_{\sigma}}{A} \quad (2.1.12)$$

Бұл шама ядроның беріктік өлшемі: неғұрлым  $E_{\sigma}/A$  үлкен болса, соғұрлым ядроның беріктігі жоғары болады.

$E_{\sigma}/A$  меншікті байланыс энергиясының шамасы  $A$  массалық санға тәуелді. Осы тәуелділіктің графигі 2.2–суретте көрсетілген. Осы графикті талдау ядроның қасиеттері жайында және нуклондар арасындағы ядролық күштердің ерекшелігі жайында дамаңызды мәлімет береді.

Массалық сандары  $A \sim 50 \div 60$  ядролар, яғни Сг-нан Zn-ке дейінгі элементтердің ядролары ең берік ядролар болып табылады. Осы ядролардың бір нуклонға келетін меншікті байланыс энергиясы  $E_{\sigma}/A$  8,7 МэВ-ке жетеді.  $A$  өскенде де, кемігенде де меншікті байланыс энергиясы кішірейеді. Сонда ауыр ядролардың жеңіл ядроларға бөлінуі энергетикалық тиімді. Ал, жеңіл ядроларға, керісінше, ауырырақ ядро құрап, бір – бірімен бірігуі тиімді. Екі жағдайда да энергия бөлінеді. Мысалы,  $^{235}\text{U}$  ядросы бөлінген кезде  $\sim 200$  МэВ. Ал дейтрон тритонмен біріккенде, 17,6 МэВ энергия бөлініп,  $\alpha$  – бөлшектер  $^4\text{He}$  нуклиді ядроларының синтезі іске асады. Бірінші жағдайда бөлінген энергия атомдық, екінші жағдайда бөлінген энергия – термиядролық энергия деп аталады.



2.2 сурет

2.2.суретте  $E_{\sigma}/A$  меншікті байланыс энергиясының  $A$  массалық санға тәуелділігі көрсетілген.