

Deficyt masy - energia wiązania

Teoretyczna masa jądra – suma mas (spoczynkowych) nukleonów (tzn. protonów i neutronów) znajdujących się w jądrze:

$$m_{j,t} = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n$$

gdzie:

$m_{j,t}$ – teoretyczna masa jądra,

Z – liczba atomowa jądra,

A – liczba masowa jądra,

m_n – masa spoczynkowa neutronu,

m_p – masa spoczynkowa protonu.

Doświadczalnie stwierdzono, że masy teoretyczne jąder wszystkich izotopów (poza ${}^1_1\text{H}$) są większe od ich mas rzeczywistych (zmierzonych np. spektroskopem masowym). Defektem masy jądra (Δm_j) nazywa się różnicę teoretycznej i rzeczywistej masy jądra ($m_{j,rz}$):

$$\Delta m_j = m_{j,t} - m_{j,rz} = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_{j,rz} > 0$$

Z wzoru Einsteina: $E = m \cdot c^2$ oraz zasady zachowania energii – masy wynika, że energia odpowiadająca defektowi masy: $E = \Delta m_j \cdot c^2$ została wydzielona w czasie tworzenia się jądra z części składowych (nukleonów). Aby rozłożyć jądro na części składowe należy dostarczyć energii o takiej samej wartości, dlatego energia ta nosi nazwę energii wiązania nukleonów w jądrze (E_w):

$$E_w = \Delta m_j \cdot c^2$$

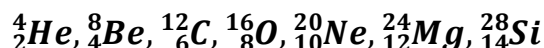
Miarą trwałości jądra jest tzw. średnia energia wiązania nukleonu w jądrze (\bar{E}_w lub $E_{w,śr}$), którą definiuje się jako stosunek całkowitej energii wiązania nukleonów (E_w) do liczby masowej jądra (A):

$$E_{w,śr} = \frac{E_w}{A} = \frac{\Delta m_j \cdot c^2}{A}$$

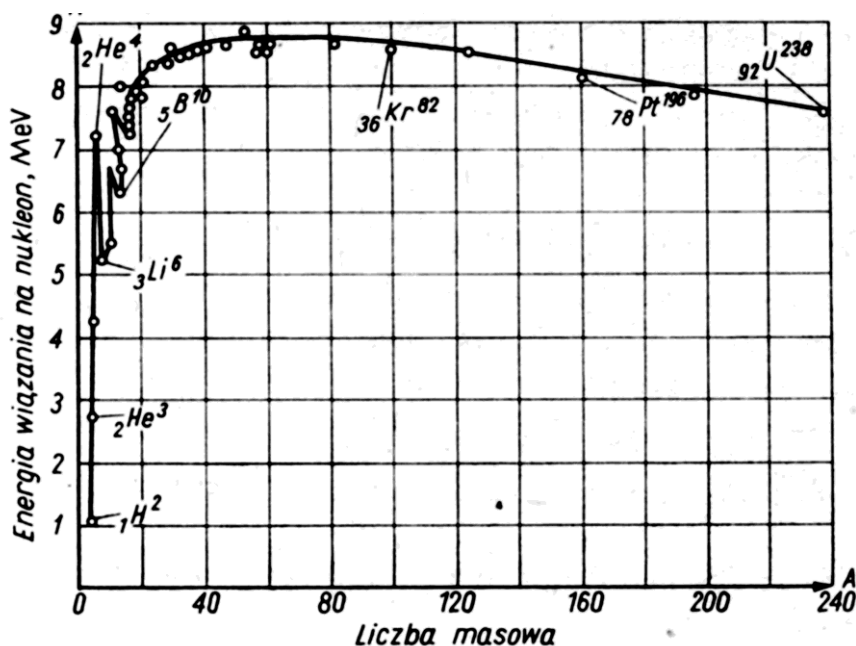
Energia ta jest około 10^6 razy większa od energii wiązania elektronów zewnętrznych w atomach. Ze względów praktycznych w fizyce jądrowej jako jednostek energii używa się często tzw. elektronowoltów (eV):

$$1 \text{ eV} \cong 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}, \quad 1 \text{ J} \cong 6,25 \cdot 10^{18} \text{ eV}$$

Średnie energie wiązania nukleonu $E_{w,śr}$ dla jąder lekkich wykazują duże wahania wartości (szczególnie dużą wartość tej energii mają jądra:



to znaczy jądra o jednakowej liczbie protonów i neutronów). Przy zwiększaniu liczby masowej (do $A \cong 60$) energia ta powoli rośnie do około $8,7 \text{ MeV}$, po czym (dla $A > 60$) zaczyna stopniowo maleć do około $7,5 \text{ MeV}$.



Z przebiegu krzywej można wnioskować, w jakich przypadkach zostanie w reakcjach jądrowych wyzwolona energia. Ma to miejsce w sytuacji, gdy układ jądrowy o danej średniej energii wiązania $E_{w,śr,1}$ przechodzi w układ o większej energii wiązania $E_{w,śr,2}$, wówczas całkowita ilość wydzielonej energii wyraża się zależnością:

$$E_c = A \cdot \Delta E_{w,śr} = A \cdot (E_{w,śr,2} - E_{w,śr,1})$$

Tego rodzaju reakcje zachodzą podczas łączenia się jąder lekkich w jądra cięższe (*reakcje syntezy termojądrowej*) lub podczas *rozszczipienia jąder ciężkich na lżejsze* (np. podczas reakcji łańcuchowej).