

Jaderné síly

Tabulka 1:

Hmotnosti elementárních částic (u = atomová hmotnostní jednotka, m_e = hmotnost elektronu)

Částice	el. náboj	m / u	m / m_e
Proton	$+e$	1,007277	1 836
Neutron	---	1,008665	1 839
Elektron	$-e$	0,0005486	1

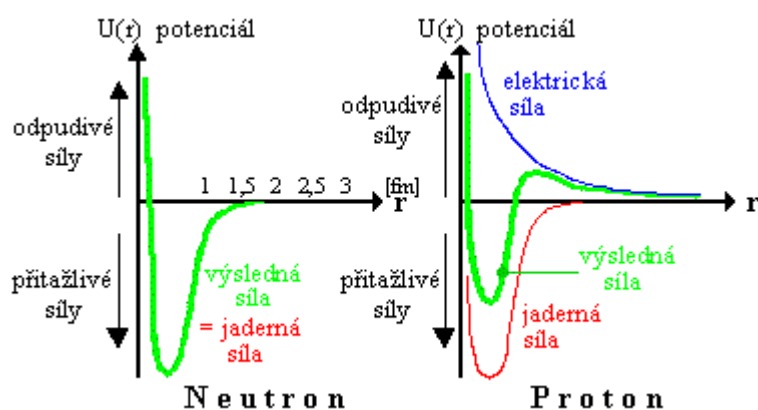
Příklad 1: Jakou hmotnost (v atomových hmotnostních jednotkách u) má atom vodíku?

$$m_p = 1,007277 \, u$$

$$m_e = 0,0005486 \, u$$

$$m_H = m_p + m_e = 1,007277 + 0,0005486 = \underline{1,007826 \, u}$$

Jak je možné, že protony – kladně nabitě částice – drží v jádru pohromadě?



Jaderné síly

- přitažlivé (při vzdálenosti okolo 1 fm odpudivé)
- působí na krátkou vzdálenost
- mnohonásobně silnější než odpudivá elektrická síla mezi protony

Příklad 2: Jaká je hmotnost jádra helia?

Hypotéza: jádro helia se skládá ze dvou protonů, dvou neutronů, obal obsahuje dva elektrony.

$$m_p = 1,007277 \text{ u}$$

$$m_n = 1,008665 \text{ u}$$

$$m_e = 0,0005486 \text{ u}$$

$$m_{\text{He}} = 2 \cdot m_p + 2 \cdot m_n + 2 \cdot m_e = 2,014554 + 2,01733 + 0,001097 = \underline{4,032981 \text{ u}}$$

Skutečnost: $m_{\text{He}} = \underline{4,002603 \text{ u}}$

???

Hmotnostní úbytek: $\underline{0,030378 \text{ u}}$

$$E = m \cdot c^2$$

$$(c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})$$

Hmotnostní úbytek reprezentuje energii, která by se uvolnila při vytvoření atomu. Zároveň odpovídá energii, kterou bychom potřebovali na rozdělení jádra atomu na protony a neutrony.

Jak je to s relativními atomovými hmotnostmi prvků?

V periodické tabulce prvků jsou uváděny hodnoty relativní atomové hmotnosti pro směs izotopů daného prvku, která se vyskytuje v přírodě.

Například uhlík (zdroj: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Uhl%C3%ADk>):

Izotop	Protonů	Neutronů	Atomová hmotnost	Poločas rozpadu	Výskyt v přírodě
^{12}C	6	6	12	stabilní	98,9 %
^{13}C	6	7	13,0033548378	stabilní	1,1 %
^{14}C	6	8	14,003241989	5730 let	10^{-10} %

Kromě těchto přírodních izotopů existuje přes deset dalších uměle připravených izotopů. Z nich nejstabilnější je izotop ^{11}C s poločasem rozpadu 20,3 minut.

V periodické tabulce najdeme pro uhlík hodnotu $A_r = 12,0107 \text{ u} \pm 0,0008 \text{ u}$, která platí pro v přírodě se vyskytující směs izotopů.

Příklad 3: Porovnejte hmotnostní úbytky, které vzniknou při vytvoření jednoho atomu izotopu uhlíku ^{12}C a jednoho atomu izotopu ^{13}C . Atomové hmotnosti: $m_{^{12}\text{C}} = 12,0 \text{ u}$, $m_{^{13}\text{C}} = 13,003355 \text{ u}$.

^{12}C : 6 protonů + 6 neutronů + 6 elektronů

$$m' = 6 \cdot m_p + 6 \cdot m_n + 6 \cdot m_e$$

$$m' = 6 \cdot 1,007277 + 6 \cdot 1,008665 + 6 \cdot 0,0005486 = 12,098944 \text{ u}$$

$$\Delta m = m' - m_{^{12}\text{C}} = 12,098944 - 12,0 = \underline{0,098944 \text{ u}}$$

¹³C: 6 protonů + 7 neutronů + 6 elektronů

$$m' = 6 \cdot m_p + 7 \cdot m_n + 6 \cdot m_e$$

$$m' = 6 \cdot 1,007277 + 7 \cdot 1,008665 + 6 \cdot 0,0005486 = 13,107609 \text{ u}$$

$$\Delta m = m' - m_{13\text{C}} = 13,107609 - 13,003355 = \underline{\underline{0,104254 \text{ u}}}$$

Shrnutí:

Nukleony v jádru atomu drží pohromadě **jaderné síly**, které působí na všechny nukleony bez ohledu na jejich elektrický náboj = jsou **nábojově nezávislé**. Jsou mnohem silnější než odpuzivé elektrické síly mezi protony. Mají krátký dosah, působí přitažlivě, jen v atomovém jádru. Na velmi krátkou vzdálenost (1 fm = 10⁻¹⁵ m) jsou odpuzivé – tuto délku proto považujeme za rozměr nukleonu.

Hmotnost atomového jádra je menší než součet hmotností nukleonů. Tento **hmotnostní úbytek** svědčí o tom, že při skládání jádra z jednotlivých nukleonů by se uvolnila obrovská energie.

JV 12. 3. 2018