

# Rádioaktívne rozpady

Upresnenie a  
doplnenia k PhD JF





# DOPLNENIE K ALFA ROZPADU

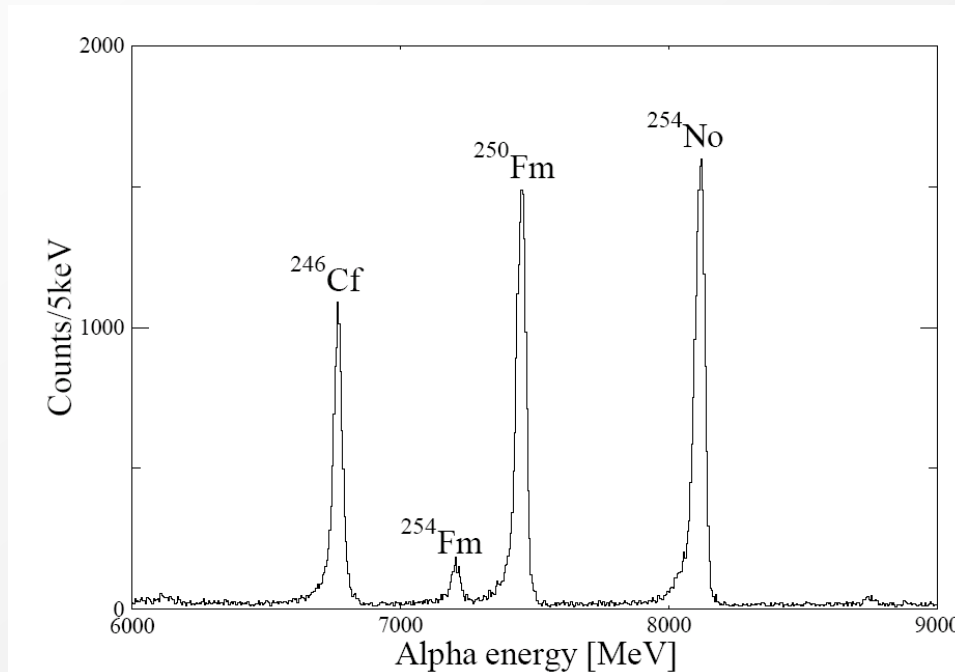


# Vplyv odstredivého potenciálu

Vieme, že v prípade zmeny uhlového momentu hybnosti dochádza k dodatočnému zvýšeniu bariéry, ktorú musí alfa častica prekonať.

$$V(r) = \frac{2(Z-2)e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \rightarrow V(r) = \frac{2(Z-2)e^2}{4\pi\epsilon_0 r} + \frac{\eta^2}{2\mu r^2} l(l+1)$$

Preto je alfa rozpad veľmi citlivý na štruktúru obsadzovaných stavov a v prípade páro párných jadier vidíme zvyčajne iba dominantné prechody medzi dvoma stavmi.

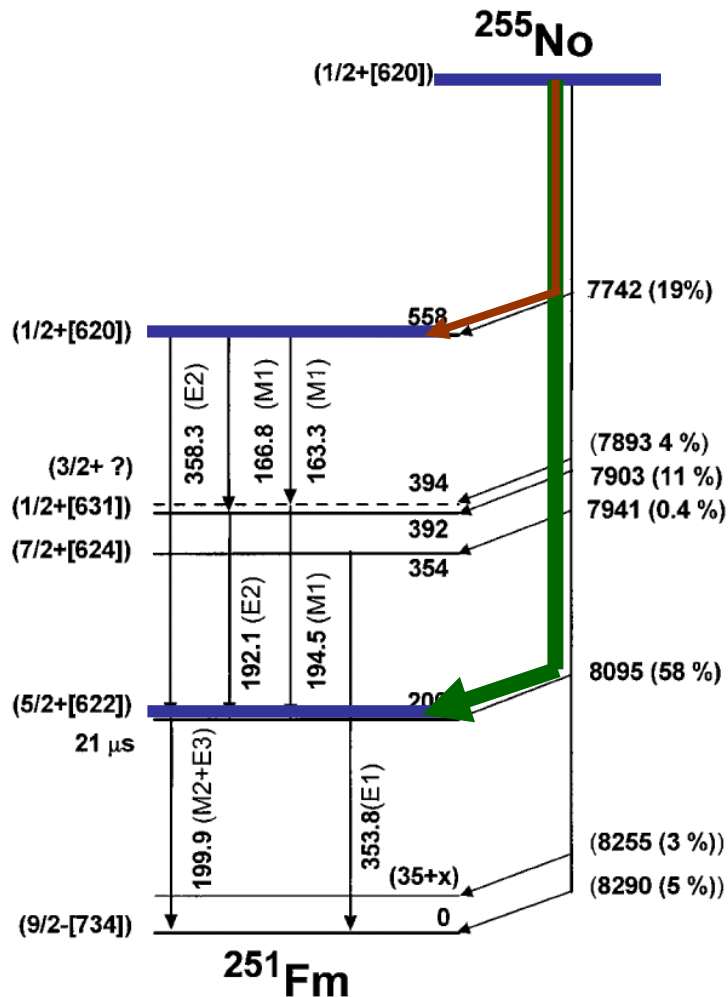


# Parita v $\alpha$ rozpade



- Samotná  $\alpha$  častica má dva protóny a dva neutróny, všetky na 1s, takže samotná  $\alpha$  častica má celkový spin 0.
- Ak  $\alpha$  rozpad prebieha medzi dvomi stavmi uhlovými momentami  $I_i$  a  $I_f$  emitovaná alfa častica odnáša uhlový moment hybnosti súvisiaci iba so zmenou uhlového momentu jara od  $|I_i - I_f|$  po  $|I_i + I_f|$ .
- Vlnová funkcia  $\alpha$  rozpadu  $Y_{lm}$  závisí od  $(-1)^l$ . V dôsledku zákona zachovania parity sú povolené iba alfa rozpady pre prechody s  $l$  párnym pre  $\pi_i = \pi_f$  a  $l$  nepárnym pre  $\pi_i \neq \pi_f$

# Alfa rozpady s rôznou energiou



Pravdepodobnosť obsadenia finálneho stavu je vždy určitým kompromisom medzi minimalizovaním zmeny štruktúry a maximálnou energiou uvoľnenou pri alfa rozpade.

Alfa rozpad je citlivý nástroj na štúdium jadrovej štruktúry, keď z pravdepodobnosti prechodu dokážeme určiť zmenu v konfigurácii materského a dcérskeho jadra.

F.P. Hessberger et al. *Eur. Phys. Journal A* 29, 165 (2006)

# Redukovaná šírka rozpadu



- Problém: Intenzita prechodu je závislá od energie (viď. Geiger-Nutal zákon)
- Riešenie: Využitie redukovanej šírky rozpadu -pravdepodobnosť prechodu očistená o energetickú závislosť. Vyššia redukovaná šírka, zodpovedá rýchlejšiemu rozpadu.

$$\delta_{\alpha}^2 = \frac{\lambda \eta}{P} \leftarrow P \approx e^{-G} = \exp \left\{ -2 \frac{\sqrt{2m_{\alpha}}}{\eta} \int_R^b \sqrt{[V(r) - E_{\alpha}]} dr \right\}$$
$$V(r) = -1100 \exp \left\{ -\frac{r - 1.17 A^{1/3}}{0.574} \right\} \text{MeV}$$

*J.O.Rasmussen, Phys. Rev. 113 (1959) 1593*

- Riešenia sú zvyčajne založené na numerických výpočtoch so zvolenou výškou bariéry.

# Hindrance factor



Na určenie vplyvu štruktúrálnej zmeny pri alfa rozpade sa využíva tzv. faktor potlačenia (hindrance factor). Čím je faktor potlačenia vyšší, tým je alfa rozpad pomalší v porovnaní alfa rozpadom bez štruktúrálnej zmeny (t.j. s nulovým odstredivým

# Vyhodnotenie faktoru potlačenia



Potlačenie pravdepodobnosti alfa premeny pri štrukturálnych zmenách možno je pomerom skutočnej (experimentálnej) pravdepodobnosti rozpadu a pravdepodobnosti očakávanej pre alfa rozpad medzi dvomi stavmi s rovnakou konfiguráciou.

Možnosť vyjadrenia cez pomer redukovaných širok rozpadu pre páрно-párne jadrá (t.j. rozpad medzi dvomi 0+ stavmi)

$$HF = \frac{\delta_{\text{even-even}}^2}{\delta_{\text{exp}}^2}$$

Možnosť vyjadrenia pomerom parciálnych polčasov rozpadov pre očakávaný rozpad medzi dvomi 0+ stavmi s danou energiou a experimentálnym parciálnym polčasom rozpadu.

$$HF = \frac{T_{1/2,\text{exp}}}{T_{1/2,\text{theo}}}$$



# Parciálneho polčasu alfa rozpadu



Pre očakávaný „teoretický“ parciálny polčas sa využíva semiempirický prístup vychádzajúci z G-N zákona a z penetrácie cez bariéru. Všeobecne osvedčený je napr. prístup z *D.N.Poenaru et al. J. Physique 41 (1980) 589*

$$\log T = (B_1 + B_2 y + B_3 z + B_4 y^2 + B_5 yz + B_6 z^2) K_s / \ln 10 - 20.446$$

$$K_s = 2.529\ 56\ Z_d (A_d / A Q)^{1/2} \times \\ \times [\arccos \sqrt{x} - \sqrt{x(1-x)}]$$

$$x = 0.425\ 3\ Q(1.587\ 4 + A_d^{1/3}) / Z_d;$$

$$A_d = A - 4; \quad Z_d = Z - 2$$

Parametre  $B_1 - B_6$  sú

$$B_1 = 0.988662$$

$$B_2 = 0.016314$$

$$B_3 = 0.020433$$

$$B_4 = 0.027896$$

$$B_5 = B_6 - 0.003033$$

Zahrnutá úprava podľa E. Ruraz  
*Acta Phys. Pol. B14, 917 (1983)*

Parametre  $y$  a  $z$  sú vzdialenosti od poslednej uzavretej vrstvy

$$y = (N - N_i) / (N_{i+1} - N_i); \quad N_i < N \leq N_{i+1}; \quad N_i = \dots, 51, 83, 127, 185, \dots$$

$$z = (Z - Z_i) / (Z_{i+1} - Z_i); \quad Z_i < Z \leq Z_{i+1}; \quad Z_i = \dots, 51, 83, 115, 121, \dots$$

