Rádioaktívne rozpady (opakovanie)

2-FJF-115 Fyzika atómového jadra

RÁDIOAKTÍVNE ROZPADY JADRA

Rozpady atómových jadier

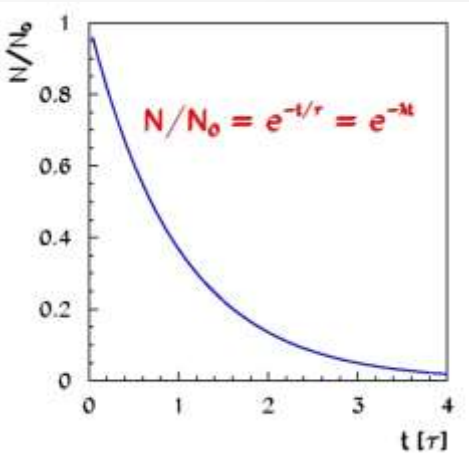
- Vzbudené jadrá, s prebytkom energie voči svojmu základnému stavu, sa snažia dostať do energeticky nižšieho stavu
- Rádioaktívnym rozpadom je taktiež možné de-excitácia na stabilnejšiu konfiguráciu jadra (musí byť taký rozpad energeticky povolený, nakoľko sú prípady, keď základný stav jadra nemusí byť najstabilnejšou konfiguráciou).
- Jadrá sa môžu energeticky rozpadávať na stabilnejši jadrá s väčšou väzbovou energiou.

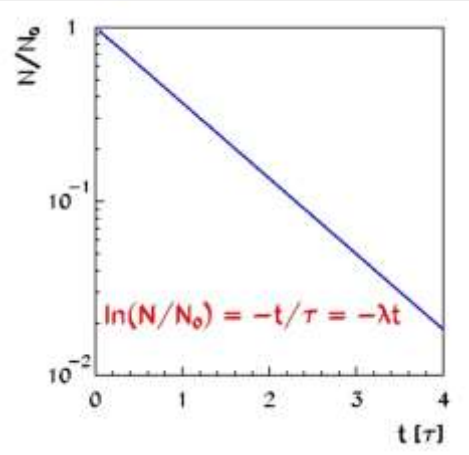
Aktivita

- Aktivita vzorky $A = -\frac{dN}{dt}$
- Zavedieme si pravdepodobnosť rozpadu jadra λ. Logicky, aktivita vzorky bude narastať s veľkosťou vzorky, takže $A = N\lambda$.
- Takže pre počet rozpadov dostávame $dN = -N\lambda dt \Rightarrow \frac{dN}{N} = -\lambda dt$.
- Pravdepodobnosť, že nám rozpad nastane v určitom časovom intervale $t + dt$ je

$$\frac{dN}{N_0} = \lambda e^{-\lambda t} dt$$

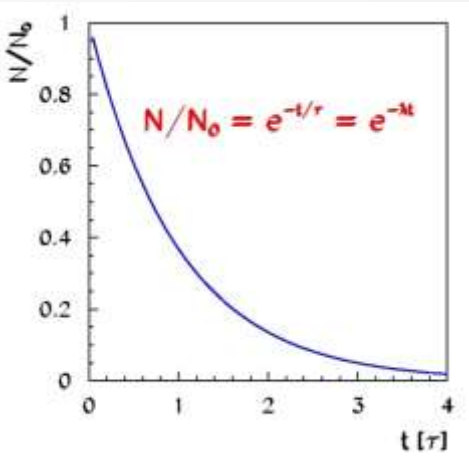
- Po integrovaní získame zákon rádioaktívnej premeny $N = N_0 e^{-\lambda t}$, kde N_0 je počet jadier na začiatku merania.

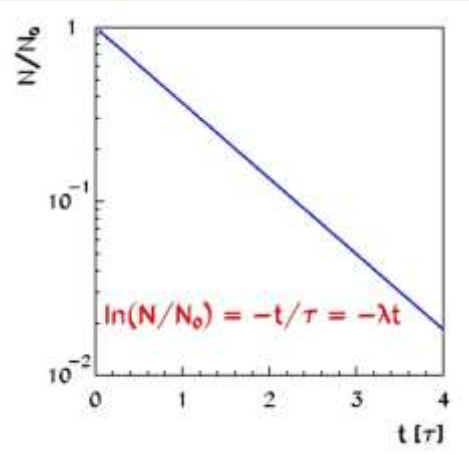




Stredná doba a polčas rozpadu

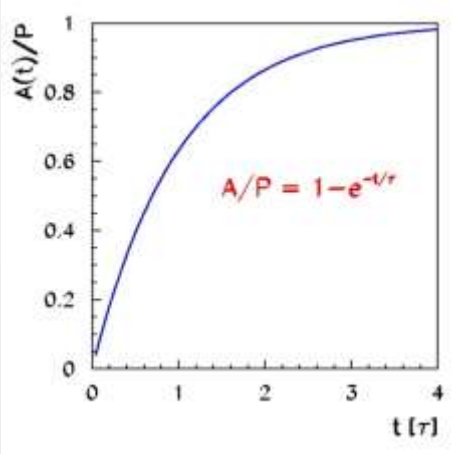
- Strednú dobu života získam integrovaním cez čas $\tau = \lambda \int t e^{-\lambda t}\, dt = \frac{1}{\lambda}$.
  Člen λ je z normovacej funkcie $\int e^{-\lambda t}\, dt = 1/\lambda$, nakoľko integrál funkcie pravdepodobnosti je rôzny od jednotky.
- Polčas rozpadu je definovaný ako čas, za ktorý klesne početnosť jadier na polovicu $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.
- Takže vzťah medzi polčasom a strednou dobou života je $T_{1/2} = \ln 2\ \tau$.





Aktivita

- Špeciálna situácia – vznik rádioaktívnych jadier. Predpokladajme rovnomernú produkciu jadier (napr. pri ožarovaní vzorky v neutrónovom poli) s rýchlosťou P. Potom pre počet vznikajúcich jadier môžem napísať $\frac{dN}{dt} = -\lambda t + P$.
  Predpokladajúc v čase $t = 0$ početnosť N_0 dostávame riešenie pre aktivitu
  $$\lambda N = A(t) = P\left(1 - e^{-\lambda t}\right)$$
  Takže nemá význam ožarovať vzorku príliš dlho, nakoľko dochádza k nasýteniu.



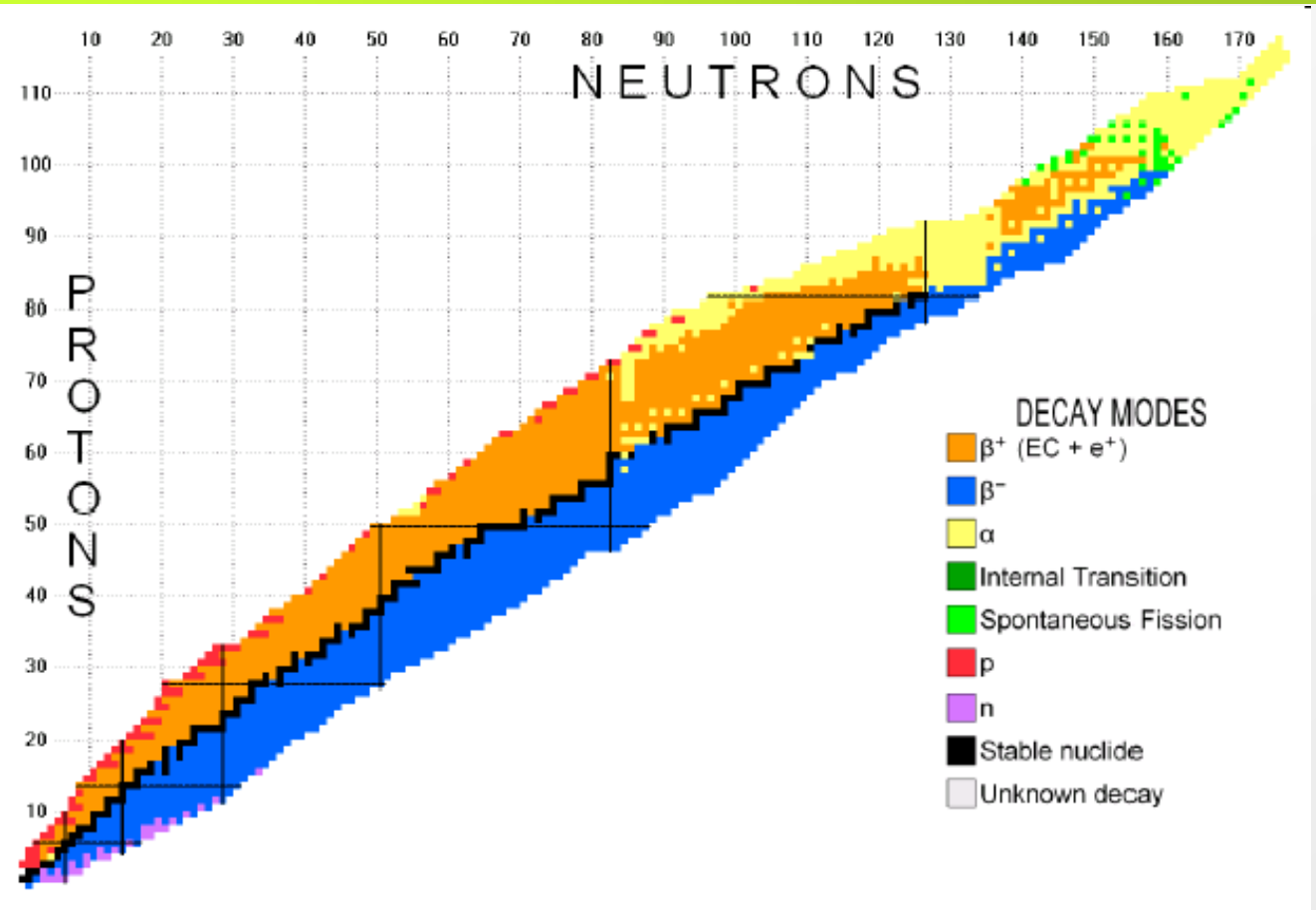
Parciálne polčasy

- V prípade ak sa jadro môže rozpadávať viacerými procesmi, je celková rozpadová konštanta súčtom parciálnych rozpadových konštánt pre jednotlivé proces. Teda platí $\lambda = \sum_i \lambda_i$.
- Keďže stredná doba života je definovaná ako $\tau = \frac{1}{\lambda}$ a polčas rozpadu je čas, za ktorý klesne početnosť jadier na polovicu platí pre polčas rozpadu $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.
- Preto ak poznáme parciálne polčasy rozpadu jednotlivých procesov je polčas rozpadu izotopu $\frac{1}{T_{1/2}} = \sum_i \frac{1}{T_{1/2,i}}$
- Vetviaci pomer pre jednotlivé typy rozpadov je pritom $b_i = \frac{\lambda_i}{\lambda}$ a parciálny polčas je $T_{1/2,i} = \frac{\ln 2}{\lambda_i} = \frac{\ln 2}{\lambda b_i} = \frac{T_{1/2}}{b_i}$.

Typy rozpadu jadier

- Vieme, že jadro sa môže rozpadávať a poznáme základné typy rádioaktívnej premeny - α, β (β-,β+) a štiepenie jadier.
- Naviac jadro, ktoré je v energeticky nestabilnom stave má tendenciu emitovať častice príp. γ kvantá pokiaľ neskončí v základnom stave stabilného jadra.
- Dôležitá je otázka pravdepodobnosti jednotlivých premien – akýkoľvek stav môže podliehať v princípe ľubovolnéj jadrovej premene (s výnimkou gama emisie v základnom stave)

Typy rozpadu jadier



Rádioaktívna premena je prirodzená vlastnosť väčšiny izotopov. Poznáme cca 3000 izotopov a iba 254 je stabilných (z nich iba 90 má energeticky vylúčený rádioaktívny rozpad).