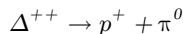
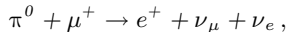
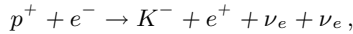


11. ročník, úloha VI. S ... hmotnost pionu a zákony zachování (6 bodů; průměr ?; řešilo 20 studentů)

- a) Najděte horní řádový odhad hmotnosti mezonu π^0 , který podle Yukawovy teorie zprostředkovává silnou interakci mezi dvěma neutrony, když víte, že její dosah je zhruba 10^{-15} m. Vzpomeňte si na „relaci neurčitosti mezi časem a energií“, uvažte, že energie, která se nezachovává je minimálně $m_{\pi^0}c^2$, a že pion za příslušný čas nemůže doletět dál než světlo ve vakuu.
- b) Rozhodněte, zda mohou podle současných znalostí v principu proběhnout následující procesy



a svůj výsledek zdůvodněte.

- a) Když vyše neutron virtuální pion π^0 , nezachová se energie $\Delta E = m_{\pi^0}c^2$, proto nemůže tento pion existovat déle než po dobu

$$\Delta t \leq \frac{\hbar}{\Delta E} = \frac{\hbar}{m_{\pi^0}c^2}.$$

Vzhledem k tomu, že se virtuální pion nemůže pohybovat rychleji než světlo ve vakuu, doletí za dobu své existence maximálně do vzdálenosti

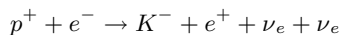
$$R \leq c\Delta t.$$

Z dosahu interakce $R = 10^{-15}$ m můžeme tedy vypočítat horní mez pro hmotnost pionu π^0

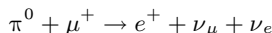
$$m_{\pi^0} \leq \frac{\hbar}{Rc} \simeq 3,5 \cdot 10^{-28} \text{ kg} \simeq 200 \text{ MeV}/c^2.$$

Skutečná hmotnost mezonu π^0 je $135 \text{ MeV}/c^2$, řádový odhad této hmotnosti podle Yukawovy teorie je správný.

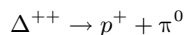
- b) Ani jeden z procesů uvažovaných v zadání nemůže proběhnout. V prvním případě



je baryonové číslo levé strany $1+0=1$ a pravé strany $0+0+0+0=0$, takže by se nemohlo zachovávat. Druhému procesu



brání zákon zachování mionového leptonového čísla. Levá strana má toto číslo $0+(-1)=-1$, zatímco na pravé straně je $0+1=1$. A konečně rozpad



nemůže proběhnout prostě proto, že by se nezachoval elektrický náboj, který je na levé straně 2, ale na pravé pouze $1+0=1$.

Michal Fabinger