

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Neutrino a antineutrino

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 1 (1956), No. 4, 383--384

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137417>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1956

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

NEUTRINO A ANTINEUTRINO

Hypothesu o existenci neutrální částice neutrino vyslovil Pauli, aby odstranil rozpor se zákony zachování energie a momentu hybnosti při rozpadu beta. Na experimentální důkaz existence této částice bylo vynaloženo mnoho práce. Nepřímo se dokazuje existence neutrina pokusy změřit impuls odražených jader a elektronů při radioaktivním rozpadu. Byla, jak se zdá, registrována interakce neutrina s jádrem, která je dějem obráceným rozpadu beta. V poslední době byla shora odhadnuta klidová massa neutrina ($< 0,0005$ massy elektronu [1]) a jeho magnetický moment ($< 10^{-7}$ Bohrova magnetonu [2]).

Spin neutrina je $1/2$. Tuto částici lze popsat Diracovou rovnicí (při $e = m = 0$), z čehož vyplývá existence antineutrina (analogicky dvojici elektron-positron). Neutrino je však možno popsat také modifikovanou rovnicí, předloženou Majoranem, z níž existence antineutrina nutně neplyne. Obě tyto theoretické varianty jsou ekvivalentní a experimentální materiály z výzkumu rozpadu beta neumožňují mezi nimi volbu.

V současné teorii rozpadu beta se předpokládá, že při rozpadu jádra se s elektronem současně vyzářuje antineutrino (ν') a s positronem současně neutrino (ν). Rozpady β^- a β^+ a K -uchvácení lze pak popsat relacemi

$$n \rightarrow p + e^- + \nu'; \quad p \rightarrow n + e^+ + \nu; \quad p + e^- \rightarrow n + \nu.$$

Kromě toho je možný děj

$$p + \nu' \rightarrow n + e^+,$$

který je ekvivalentní vyzáření neutrina, avšak děje

$$p + \nu \rightarrow n + e^+ \quad \text{a} \quad n + \nu' \rightarrow p + e^-$$

jsou nepřipustné, nejsou-li neutrino a antineutrino identické. Rozdíl v interakcích ν a ν' s nukleony umožňuje experimentálně ověřit správnost stávajících teorií.

Nejbezprostřednější byl nedávno v tomto směru provedený pokus [3] zaznamenat rozpad Ar^{37} , který bylo možno očekávat jako výsledek reakce $\text{Cl}^{37} (\nu', e^-) \text{Ar}^{37}$ při ozářování chloru proudem antineutrin, vyzářovaným reaktorem při rozpadu beta odštěpků. Výsledek pokusu byl negativní. Autor nenašel Ar^{37} a odhadl horní hranici průřezu reakce $\text{Cl}^{37} (\nu', e^-) \text{Ar}^{37}$ na $2 \cdot 10^{-42}$ cm^2/atom .

Jiný způsob, jak prokázat ν a ν' , záleží v zjištění dvojného rozpadu beta. Dvojný rozpad beta je děj, při němž z jádra vyletí dva elektrony (nebo dva positrony), které jsou nebo nejsou provázány vyzářením dvou neutrin. Nejsou-li neutrino a antineutrino totožné, vyzáří se při dvojném rozpadu beta čtyři částice

$$2n \rightarrow 2p + 2e^- + 2\nu'.$$

Energetické spektrum elektronů je v tomto případě spojité a poločas je $\sim 10^{21}$ let při energii rozpadu ~ 2 MeV [4]. Jsou-li neutrino a antineutrino identické, je možno dvojný rozpad beta pokládat za dvoustupňový děj, v němž neutrino, vyzářené jedním neutronem, je pohlceno neutronem jiným:

$$n \rightarrow p + e^- + \nu; \quad n + \nu \rightarrow p + e^-.$$

Při takovém rozpadu vylétnou z jádra jen dvě částice:

$$2n \rightarrow 2p + 2e^-.$$

V tomto případě je úhrnná energie dvou elektronů vždy stálá a poločas je 10^{13} — 10^{18} let [4].

Dvojný rozpad beta je možný u isobarických jader, lišících se v náboji o dvě jednotky a v masse o více než $2mc^2$. Dnes se zkoumá přes dvacet takových jader. Většina pokusů se redukuje na určování poločasů. Uveřejněny byly výsledky měření pro Sn^{124} ($T > 1,5 \cdot 10^{17}$ let [5]), Zr^{96} ($T > 2 \cdot 10^{16}$ let [5]), U^{238} ($T > 6 \cdot 10^{18}$ let [6]), Mo^{100} ($T > 3 \cdot 10^{17}$ let [7]), Cd^{116} ($T > 1 \cdot 10^{17}$ let [7]), Cd^{106} ($T > 6 \cdot 10^{16}$ let [7]), Mo^{92} ($T > 4 \cdot 10^{18}$ let [7]). Tyto výsledky jsou konsistentní s oběma teoriemi, i když mluví spíše pro rozpad beta s vyzářením čtyř částic. Byly zkoumány nerosty, obsahující Te^{130} [8]. Byl v nich konstatován Xe^{130} , což je možno vysvětlit dvojným rozpadem beta Te^{130} . Poločas Te^{130} se tu odhadl na $\sim 10^{21}$ let. Tento poločas nelze připsat dvojnému rozpadu beta bez vyzáření neutrina, neboť pro tento případ je theoretický odhad poločasu 10^{18} let. S druhé strany nelze, jak se zdá, bezpečně říci, že v daném případě šlo o dvojný rozpad beta s vyzářením čtyř částic. Nevylučuje se, že přítomnost Xe^{130} v nerostech může být důsledkem obyčejného rozpadu beta.

V roce 1955 byla uveřejněna Mc Carthyova práce [9], v níž kromě stanovení poločasu Ca^{48} byl proveden pokus změřit úhrnnou energii dvou elektronů, vyzářených při rozpadu tohoto jádra. Autor zaregistroval částice s úhrnnou energií asi 4 MeV, což dobře souhlasilo s theoretickým odhadem energie dvojného rozpadu beta Ca^{48} . Poločas byl určen na $1,6 \cdot 10^{17}$ let. Není-li v této práci chyba, přispívá k potvrzení dvojného rozpadu beta bez vyzáření neutrina. Nedávno však bylo publikováno pojednání [10], v němž se popisuje v podstatě opakovaný Mc Carthyův pokus. Pomocí dvou scintilačních počítačů s geometrií 4π se registrovalo záření Ca^{48} a Zr^{96} . Měření se provádělo při velmi nízkém fonu. Výsledky Mc Carthyovy se tu nepotvrdily. Dolní odhady poločasů Ca^{48} a Zr^{96} jsou $2 \cdot 10^{18}$ a $0,5 \cdot 10^{18}$ let, což lze těžko uvést v soulad s představou dvojného rozpadu beta bez vyzáření neutrina.

Až dosud provedené výzkumy tedy ukazují, že dvojný rozpad beta bez vyzáření neutrina je pravděpodobně nemožný, z čehož lze učinit zatímní závěr, že neutrina a antineutrina nejsou identické.

Literatura

- | | |
|--|---|
| [1] Langer and Moffat, <i>Phys. Rev.</i> , sv. 88, 689 (1952). | [6] Levine, Ghiorso, Seaborg, <i>Phys. Rev.</i> , sv. 77, 296 (1950). |
| [2] Cowan, Reines, Harrison, <i>Phys. Rev.</i> , sv. 96, 1294 (1954). | [7] Winter, <i>Phys. Rev.</i> , sv. 99, 88 (1955). |
| [3] Davis, <i>Phys. Rev.</i> , sv. 97, 766 (1955). | [8] Inghram and Reynolds, <i>Phys. Rev.</i> , sv. 78, 822 (1950). |
| [4] Goepfert-Mayer, <i>Phys. Rev.</i> , sv. 48, 512, (1935); Primakoff, <i>Phys. Rev.</i> , sv. 85, 888 (1952); Sliv L. A., <i>ŽETF</i> , sv. 20, 1035 (1950). | [9] Mc Carthy, <i>Phys. Rev.</i> , sv. 97, 1234 (1955). |
| [5] Mc Carthy, <i>Phys. Rev.</i> , sv. 90, 853 (1953). | [10] Awschalom M., <i>Bull. Am. Phys. Soc.</i> , sv. 1, č. 1, 31, (1956). |

(Podle *Atomnaja energija*, č. 2, 1956)
 J. V.