

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Josef Veselka

Neutrino

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 3 (1958), No. 4, 434--437

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137029>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1958

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>

vodičů desítky výzkumných ústavů v Leningradě, Moskvě, Kyjevě, Oděse, Minsku, Vilnu, Saratově, Machač-Kale a Baku, ve Lvově, Rostově, Kazani, Gorkem, Taškentě a v jiných městech.

Několik specializovaných závodů se zabývá výrobou polovodičových materiálů a výrobků z nich. Akademie věd SSSR a Leningradský sovět národního hospodářství přijaly usnesení o všemožném rozvoji prací na polovodičích.

To vše je možno chápat jako vítané předpoklady dalšího pokroku v této oblasti, pokroku, který prohloubí naše poznání přírodních jevů a posílí naši vládu nad nimi. Úspěšný rozvoj našeho úsilí musí vést k revolučním přeměnám v technice — k přeměnám, které je možno srovnat jen s perspektivami nukleární fyziky.

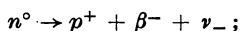
Přeložil K. Vacek

NEUTRINO

Při tak zvaném rozpadu beta¹⁾ emituje atomové jádro spontánně kladně nebo záporně nabitý elektron (positron, elektron). Tím se ovšem charakter atomového jádra změní, neboť jeho náboj — při zachování hmotového čísla — se ve srovnání s původním jádrem změní o jedničku. Při rozpadu beta dochází však dále k ztrátě energie, kterou nebylo možno žádným přístrojem zachytit. První výklad tohoto zajímavého zjevu vycházel z domněnky, že v interatomárních oblastech neplatí zákon zachování energie. To je ovšem výklad nepříliš uspokojivý. W. Pauli vyslovil proto v roce 1933 domněnku, že zároveň s částicí beta (elektronem, positronem) uniká z atomového jádra při rozpadu beta jiná fundamentální částice, která neodnáší s sebou elektrický náboj, která však má energii a hybnost, jež tvoří právě manka v energetické bilanci rozpadu beta. Tato částice uniká z aparatury, aniž ji lze detekovat.

E. Fermi nazval tuto hypotetickou částici „neutrino“ a vypracoval na jejím podkladě svou teorii rozpadu beta, která se ukázala velmi plodnou při studiu atomového jádra. Zároveň byla provedena řada pokusů, které potvrzovaly hypotézu neutrina a ukazovaly na některé vlastnosti této částice. Na příklad pečlivým proměřením energetického spektra při rozpadu beta tritia bylo možno určit horní hranici pro klidovou hmotu neutrina: 1/500 klidové hmoty elektronu. Obecně se klidová hmotu neutrina pokládá za nulovou. Výpočty, související s maximálním přenosem tepla neutriny od Slunce k Zemi bylo možno určit horní hranici magnetického momentu neutrina na 2×10^{-10} elektronových Borových magnetonů. Užitím velkého scintilačního detektoru, umístěného v blízkosti jednoho z reaktorů v Savannah River (USA) byla tato hranice nedávno zpřesněna na 10^{-9} elektronových Borových magnetonů. Zeslabováním pozadí v detektoru, způsobeného paprsky gama a neutrony, bude pravděpodobně možno tuto hranici dále zpřesnit.

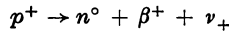
Podle Pauliho-Fermiho teorie není neutrino jen nositelem části energie a impulsu jádra po rozpadu beta, ale má také spin. Nejjednodušší rozpad beta je rozpad volného neutronu:



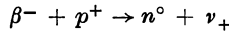
neutron n^0 přechází v této reakci v proton p^+ , při čemž se emituje částice beta a neutrino. Neutron n^0 , proton p^+ a částice β^- mají poločíselný spin; je proto nutno připsat neutrinu kvantové číslo spinu $\frac{1}{2}$, aby zůstala zachována rovnováha momentu impulsu v uvedené reakci, v níž kterékoli dvě z částic p^+ , β^- a ν_- musí být orientovány nesouhlasně rovnoběžnými vektory spinu. Všechny čtyři uvedené částice jsou tedy fermiony, vyhovující

¹⁾ Rozpad beta je nukleární reakce, v níž nestabilní atomové jádro se přeměňuje v jádro stabilní, při čemž se emituje částice beta (elektron, positron). Analogická reakce, v níž se emitují dvě částice beta, se nazývá dvojitý rozpad beta.

Diracově relativistické rovnici pro částice o spinu $\frac{1}{2}$. Každé z nich proto odpovídá antičástice. Zatím byly zjištěny jen antielektron (positron) a antiproton. Antičástice k ν_- odpovídá reakci

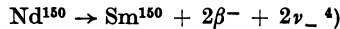


(tak zvaný positronový rozpad jádra s nestabilním počtem protonů; proton p^+ a vzniklý neutron n^0 jsou nukleony jádra). Částice ν_+ se však objevuje také v reakci



(pohlcení jednoho z vnitřních elektronů elektronové slupky atomu jádra). Tato reakce je ekvivalentní předcházející reakci. Tak vzniká otázka, jsou-li částice ν_- a ν_+ identické nebo nikoli. Tvzení, že jde o identické částice, nelze zatím oprít o přímá měření charakteristik těchto částic (hmota, magnetický moment). Princip, že fermiony vznikají a zanikají ve dvojicích částice-antičástice vede k závěru, že ν_- v prvé z výše uvedených reakcí třeba pokládat za „antineutrino“, vzhledem k tomu, že vzniká zároveň s částicí β^- .

V rámci obyčejného rozpadu beta nelze otázku totožnosti nebo rozdílnosti částic ν_- a ν_+ rozhodnout. Výzkum v tomto směru je však možný v dvojitým rozpadu beta některých isotopů³⁾, na příklad dvojitého rozpadu beta Nd^{150} ³⁾. Zkoumal se dvojitý rozpad beta za předpokladu, že ν_+ a ν_- nejsou totožné:



(Dirac-Mayer), a za předpokladu, že ν_+ a ν_- jsou totožné částice:

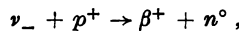


(Majorana-Furry).

Předpokládáme-li totiž, že neutrino a antineutrino jsou totožné částice, je virtuální emise neutrina spojená s bezprostředně následující jeho absorpcí (reabsorpcí antineutrina) jádrem a k emisi neutrina efektivně nedojde (tedy reakce $\text{Nd}^{150} \rightarrow \text{Sm}^{150} + 2\beta^-$). V opačném případě, to jest když předpokládáme, že neutrino a antineutrino nejsou totožné, dojde k emisi $2\nu_-$ (tedy reakce $\text{Nd}^{150} \rightarrow \text{Sm}^{150} + 2\beta^- + 2\nu_-$).

Výzkum těchto reakcí vedl zatím k závěru, že neutrino a antineutrino jsou různé částice.

Reálnost neutrina lze přesvědčivě prokázat jen přímým jeho pozorováním, i když pečlivý rozbor experimentů, týkající se částic n^0 , p^+ a β^- v reakci $n^0 \rightarrow p^+ + \beta^- + \nu_-$ hypotesu neutrina potvrzuje. Z druhé strany, je-li neutrino reálně existující částicí, která z místa rozpadu beta odnáší energii a impuls, pak zjištění tohoto manca jinde reálnost neutrina dokazuje. Kdyby tedy bylo možno reakci $n^0 \rightarrow p^+ + \beta^- + \nu_-$ spojit s jinde proběhnuvší reakcí



kteřá by proběhla s předpověděnou rychlostí, byl by důkazový kruh uzavřen.

Tuto reakci lze sledovat v pokusu, v němž se intenzivní tok neutrin zachytí terčem z velkého počtu vodíkových atomů. Technická stránka takového pokusu je velmi složitá. Pokus vyžaduje použít velkého počtu zářičů beta a detektorů, které jsou jednak schopny registrovat současný vznik positronu a neutronu, jednak umožnit vydělení žádaných jevů na pozadí z neutronů a paprsků gama (z reaktoru), z přirozené radioaktivity a z kosmického záření. Tyto požadavky splňuje jednak dnešní velmi vyspělá technika nukleárních reaktorů, jednak technika dnešních kapalinových scintilačních látek.

²⁾ Viz pozn. 1).

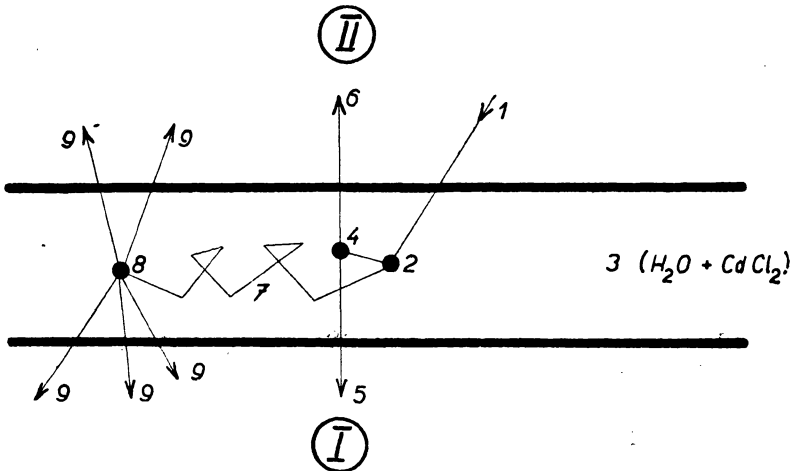
³⁾ Nd — neodym, prvek z třídy lanthanidů (vzácných zemin), atomové číslo 60, hmotové číslo 144,27, za pokojové teploty světla žlutý kov.

⁴⁾ Sm — samarium, prvek z třídy lanthanidů, atomové číslo 62, hmotové číslo 150,43, za pokojové teploty světla šedý kov.

Po prvé byl tento pokus proveden v roce 1953 v hanfordském závodě Severoamerické komise pro atomovou energii. Poměr signálu k úplnému pozadí byl však ještě nízký (1/20), výsledky měly proto jen charakter orientační. Pokus však přesto ukázal, že problém lze s konečnou platností řešit. Zároveň byl vypracován projekt nového pokusu, jehož cílem bylo redukovat dále pozadí a umožnit prověření každého členu v reakci $\nu_- + p^+ \rightarrow \beta^+ + n^0$ samostatně, nezávisle na členech ostatních.

Schéma pokusu je toto (viz obraz):

Neutrino *I*, které vznikne při rozpadu odštěpku při štěpení jader v nukleárním reaktoru, narazí na proton *2* v terči *3*, a přemění jej v neutron, při čemž se emituje positron *4*.



Obr. 1.

Positron *4* je pohlcen jedním elektronem z vody v terči, při čemž vzniknou dvě kvanta gama *5* a *6*, každé s energií 0,51 MeV. Tato kvanta gama se současně registrují počítači *I* a *II* (kapalinové scintilační detektory). Neutron se zpomalí, difunduje (v obraze difundační cesta *7*), až nakonec po několika mikrosekundách je pohlcen kadmíem (*8*), dáváje vzniknout několika kvantům gama (*9*) o úhrnné energii 9 MeV. Tato kvanta se rovněž registrují detektory *I* a *II*.

Takovým způsobem můžeme získat v intervalu několika mikrosekund dvě rychlé koincidence, čímž se fixuje zcela určitý sled jevů.

Pokus byl proveden v blízkosti jednoho z reaktorů v Savannah River. Pokusná aparatura byla opatřena olověno-parafinovým pláštěm a uložena pod zemí. Signály detektorů se vyváděly mimo budovu reaktoru koaxiálními kabely. Aparatura byla vybavena z kontrolních důvodů detektorem mezonů μ z kosmického záření; pracovala 1371 hodin, a to jak po dobu, kdy reaktor byl v činnosti, tak v době, kdy v chodu nebyl.

Výsledkem pokusu byla prověrka každého členu reakce $\nu_- + p^+ \rightarrow \beta^+ + n^0$, která prokázala, že neutrino je dostupné přímému pozorování v blízkosti mohutného nukleárního reaktoru.

— o —

Máme jisté, stále ještě ovšem dosti mlhavé poznatky o neutrinu — nejmenší to dnes známé částici světa⁵). Známe trochu také druhý okraj — vesmír.

Pokusy osvětlit dění na jednom z těchto konců v měřítcích z druhého znamená pokoušet se překlenout obrovskou odlehlost těchto „krajů“ objektivního světa. Neutrino, nedávno objevené, dosud málo poznané, klade již naléhavě další otázky základní důležitosti, jimž se fyzik nemůže vyhnout. Je na příklad stejně mnoho neutrin jako antineutrin? Jestliže klidová hmota neutrina je nulová — jak se obecně má za to — je neutrino částicí látky nebo je možno je zkoumat jen v souvislosti s elektromagnetickým zářením? Jakou úlohu mají reakce, odehrávající se v subatomárním světě, v „rození“ hvězd, galaxií a galaktických systémů? Velké a obtížné problémy dnes fyzik řeší, větší a obtížnější problémy ho čekají. Nemusíme pochybovat, že bude vždy na svém místě.

(Podle článku Dr Frederik Reines and Dr Clyde Cowan, jun., University of California, Los Alamos Scientific Laboratory, Los Alamos, New Mexico, The Neutrino, *Nature*, September 1, 1956, Vol. 178, 446—449. Ruský překlad v *Uspechi fizičeskich nauk*, sv. LXII (1957, č. 4, str. 391—398).

Dr Josef Veselka

NORMALISACE VELIČIN, JEDNOTEK A ZNAČEK VE FYSICE

B. KLIMEŠ

V dubnu tohoto roku vyšla po téměř tříleté přípravné práci norma ČSN 01 1301 „Veličiny, jednotky a značky ve fyzice“. Úkolem tohoto článku je naznačit důvody, které vedly ke vzniku této normy, postup při jejím zpracování, souvislost této normy s národními zvyklostmi a zahraničními normami, a nejzávažnější části problematiky, kterou norma řeší a konečně perspektivu dalšího vývoje v tomto oboru.

1. Vznik a vývoj normy

Československo je jednou z posledních zemí v Evropě, která dosud neměla normalisováno označování základních veličin. To se projevovalo nejednotností a roztržitostí, která zejména nepříznivě ovlivňovala vyučování na všech stupních škol, přestup žáků mezi školami a dále přechod absolventů těchto škol do praxe. Snahy po sjednocení, které se tu a tam projevovaly, byly většinou omezeny na jednotlivé obory, někdy dokonce jen na některé skupiny pracovišť v těchto oborech, a nemohlo proto dojít k jejich širšímu uplatnění.

Bezprostřední příčinou, která vedla k návrhu na sjednocení terminologie a symboliky ve fyzice užívané bylo různé označování veličin a užívání jednotek v učebnicích fyziky pro všeobecně vzdělávací a v učebnicích pro odborné školy, vydaných v r. 1955. Tyto rozpory vyvolaly diskuse mezi příslušnými odbory na MŠK a z iniciativy odboru pro odborné školy s podporou tehdejšího náměstka ministra prof. Dr Z. Pírka bylo rozhodnuto řešit otázku sjednocení značek základních veličin fyziky pro vyučování na středním stupni škol všech druhů. Vypracováním návrhu pověřilo MŠK v roce 1955 katedry fyziky a matematiky na elektrotechnické fakultě ČVUT v Praze a uvedené katedry svěřily

⁵) Vlastnosti neutrina: hmota $< 1/500$ elektronu, má-li vůbec neutrino hmotu; spin $\frac{1}{2}\hbar$; náboj 0; magnetický moment $< 10^{-9}$ Borových magnetonů; účinný průřez pro reakci $\nu_{-} + p^{+} \rightarrow \beta^{+} + n^{0}$ při 3 MeV je 10^{-43} cm²; neutrino a antineutrino nejsou totožné.