

Egzistencija dvaju neutrina



1988 Nobelova nagrada za:

neutrino beam method and the demonstration of the doublet structure of the leptons through the discovery of the muon neutrino



Leon M. Lederman

**Fermi National
Accelerator Laboratory
Batavia, IL, USA**

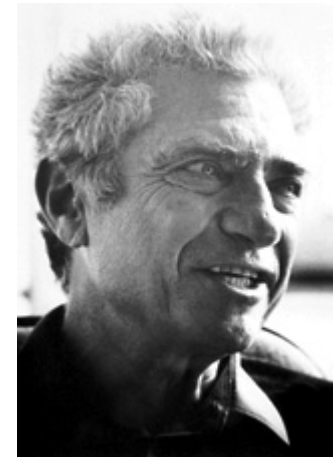
rođen 1922



Melvin Schwartz

**Digital Pathways, Inc.
Mountain View, CA, USA**

rođen 1932
umro 2006



Jack Steinberger

**CERN
Geneva, Switzerland**

rođen 1921

Uvod

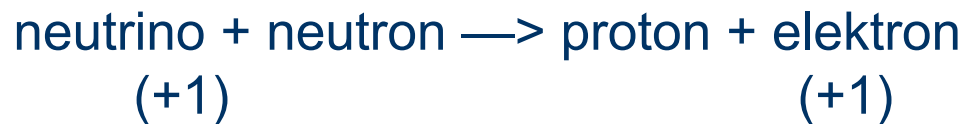
- Melvin Schwartz, Leon Lederman i Jack Steinberger dobili su Nobelovu nagradu za fiziku 1988. godine za otkriće načinjeno u *Brookhaven National Laboratory-ju* (BNL), SAD, i objavljeno 1962. godine. Nagrada je dodijeljena za eksperiment koj je dokazano da postoje barem dvije vrste neutrina: elektronski neutrino i mionski neutrino.
- Od vremena kada je Pauli pretpostavio postojanje neutrina pa do danas neutriini su najmisterioznija klasa elementarnih čestica. Oni nemaju naboja, a nema potvrde ni za njihovu masu mirovanja. Najbliži rođaci neutrinima su elektron, mion i τ -lepton. Svi oni tvore obitelj *leptona* - elementarnih čestica koje ne osjećaju poznatu jaku nuklearnu silu. Ta se leptonska srodnost manifestira u svim pretvorbama ili procesima kao *pravilo očuvanja leptonskog broja*, to jest broja leptona. Pod tim razumijevamo činjenicu da je ukupni broj neutrina i njihovih rođaka u svakom procesu očuvan.

- Pritom se u leptonskom smislu neke čestice računaju s pozitivnim, a druge s negativu predznakom. Uzmimo kao primjer raspad neutrona u proton:

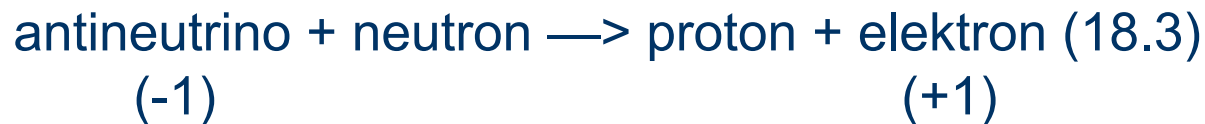


U svakoj relaciji, kao pojašnjenje, ispod leptona napisana je i pripadna vrijednost leptonskog broja. Lijeva strana procesa (18.1) nema leptona. Kada se uzme u obzir da su u leptonskom smislu elektron i antineutrino suprotnog predznaka, vidimo da je leptonski broj očuvan. Ta izjava nije umjetna igra.

U to ćemo se uvjeriti ako u procesu (18.1) prebacimo antineutrino s jedne strane procesa na drugu (naslućujemo da pritom on postaje neutrino):



taj je proces eksperimentalno opažen. Ako u procesu (18.1) ne postupamo pažljivo i pri promjeni strana ne pretvaramo antineutrino u neutrino, dobilo bi se:



a taj proces nitko nije uspio opaziti. U njemu su jednostavno poremećeni predznaci leptonskih brojeva.

Inspirativna zagonetka; prethodnik otkrića dvaju neutrina

Jedan proces zadavao je fizičarima velike probleme:



Kako je mion bio teži član obitelji elektrona, taj je proces bio dopušten energijskim, nabojnim i leptonskim zakonima očuvanja. Ipak sve potrage za tim procesom bile su neuspješne. Činjenica da se proces (18.4) nije ostvarivao mogla se shvatiti samo na sljedeći način: Ako su si pravi leptonski rođaci samo elektron i elektronski neutrino i odvojeni mion i mionski neutrino, tada se proces (18.4) ne zbiva jer mu s desne strane nedostaje mionski, a s lijeve elektronski rođak. Najbolji neutrinški stručnjaci shvatili su izazov da treba dokazati različitost elektronskih i mionskih neutrina.

Ideja o eksperimentu

Pođimo od procesa (18.2) za koji smo već ustanovili da je moguć:



Za njega postoji i dopušteni mionski analogon

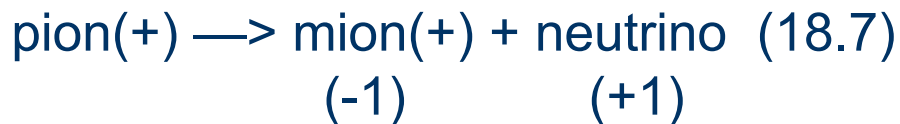


Ako ne postoje dvije vrste neutrina, oba procesa (18.5) i (18.6) su dopuštena. To znači da će neutrinški snop na jezgri koja ima neutrona stvarati podjednako i elektrone i mione.

- Nasuprot tome, neka postoje dvije vrste neutrina i neka jezgru obasjavamo snopom mionskih neutrina. Tada je moguće samo stvaranje miona. Izazov je, znači, konstrukcija snopa mionskih neutrina i detekcija rezultata obasjavanja jezgra takvim snopom.

Realizacija otkrića

Snop mionskih neutrina načinjen je u nekoliko koraka. Najprije je snažni protonski snop (30 GeV) uperen na produkcionu metu. Iz nje buknu mlazovi najrazličitijih čestica, među kojima su brojni kaoni i pioni. Ni kaoni ni pioni nemaju leptonski karakter, no njihovim se raspadom dobivaju mionima pridruženi neutriini. Na primjer pion se raspada ovako:



- Postavljanjem željeznog zida debelog 13,5 m zaustavljene su sve čestice iz produkcione mete osim neutrina. Neutriini nemaju ni naboja ni jakog međudjelovanja od čega bar jedno posjeduju sve ostale komponente snopa. Sloga neutriini ponajviše prolaze kroz željezni zid. Na neutrinSKU putanju je zatim bila postavljena eksperimentalna meta.

Eksperiment

- Na njoj su neutrini izazivali reakcije tipa (18.6), stvarajući mione, dok se elektroni iz procesa (18.5) nisu eksperimentalno opažali. Rezultati procesa na eksperimentalnoj meti pratili su se komorama na iskre, koje su bile u to vrijeme najmoderniji detektori. Kad se, naime, na tanke aluminijske ploče narine puls visokog napon duž putanje nabijene čestice, koja ionizira plin među pločama, zaiskri lijep bljesak. Tako se putanja nabijene čestice prati i određuju se njezina svojstva. Iz snimaka događaja s mionskim snopom bilo je nedvosmisleno utvrđeno da se stvaraju samo mioni. Prema našem prethodnom zaključku na kraju odsječka 18.2. ovo je eksperimentalni postojanja bar dvije vrste neutrina.

Zaključak

Ukupno postoje tri vrste neutrina. U početku se nije shvaćalo kako je bitna ta razlika među neutrinima. Danas je međutim jasno da se svi konstituenti svijeta - kvarkovi i leptoni - dijele u tri generacije. U svakoj od tih generacija samo je jedan neutrino ili elektronski ν_e ili mionski ν_μ ili neutrino tipa ν_τ .

Kasnija su istraživanja pokazala da postoji jedan masivni lepton tau i njemu pridružen odgovarajući tau-neutrino ν_τ . Možemo se pitati da li ta profilacija broja kvarkova i leptona, što znači i neutrina, ide u nedogled. Najnoviji pokusi sa Z-bozonom uvjeravaju nas da se broj neutrina zaustavlja na tri. Argumentacije je otprilike ovakva. Eksperimentalno je mjerena širina stanja Z. Ona je povezana s različitim mogućnostima raspada. Efekti svih zasada poznatih procesa (i neutrina) znadu se proračunati. Slaganje teorije i eksperimenta ne ostavlja otvorene mogućnosti za zasad eventualno nepoznate neutrine.