

6-mavzu: Neytrino fizikasi. Neytrino ossilyatsiyasi. Neytrino tabiatini o'rganish bo'yicha olib borilayotgan tadqiqotlar.

Tayanch iboralar: *neytrino, neytrino avlodlari (oilalari), saqlanish qonunlari, neytrino ossilyatsiyasi, Quyosh neytrinosi muammosi, atmosfera neytrinosi, kollaboratsiyalar.*

Neytrino (italyanchada neutrino–kichik neytron, neytroncha) – yarim spinga ega fundamental neytral zarra, kuchsiz va gravitatsion o'zaro ta'sirlarda qatnashadi, leptonlar sinfiga oid zarra. Past energiyali neytrino modda bilan o'ta kuchsiz ta'sirlashadi. Masalan, 3-10 MeV energiyali neytrinoning suvdagi erkin yugurish uzunligi 10^{18} metr (taxminan 100 yorug'lik yili). Har sekunda Yerdan har bir 1 sm² yuza orqali 6×10^{10} ta Quyoshdan chiqqan neytrino o'tadi. Lekin ularning biror moddaga ta'siri deyarli sezilmaydi. Lekin yuqori energiyali neytrinolarning nishon bilan o'zaro ta'siri sezilarli darajada payqalmoqda. Takaaki Kadzita va Artur Makdonald 2015 yili neytrinoning massaga egaligini ko'rsatuvchi neytrino ossilyatsiyasini kuzatganlari uchun Nobel mukofotiga sazovor bo'ldi. Neytrino ossilyatsiyasig'oyasi 1957 yilda B.M. Pontekorvotomonidan ilgarisurilgan.

Neytrino tabiati, xususiyatlari. Neytrino ossilyatsiyasi.

Har bir lepton (antilepton) ga o'zining neytrino (antineytrino) jufti mos keladi:

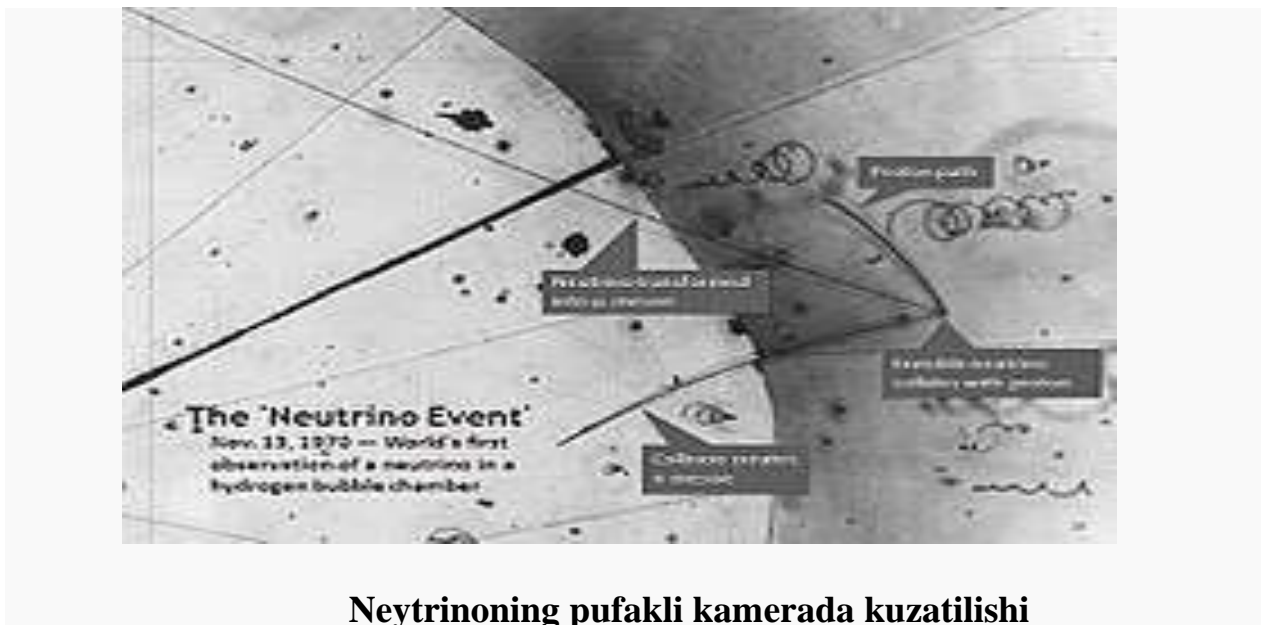
- [elektron neytrino](#)/elektron antineytrino;
- [myuon neytrino](#)/myuon antineytrino
- [tau neytrino](#)/tau antineytrino

Turli neytrino turlari bir-biriga aylanishi sodir bo'ladi. Bu hodisaga neytrino ossilyatsiyasi deyiladi. Bu hodisa neytrinolarning noldan farqli massaga egaligidan sodir bo'ladi. Ultrarelyativistik zarralar tug'ilishini o'rganish bo'yicha o'tkazilgan eksperiment neytrino manfiy spirallikka, antineytrino esa musbat spirallikka egaligini ko'rsatdi. Nazariy modellar neytrinoning to'rtinchi turi – steril neytrino mavjudligini ko'rsatmoqda. Lekin bu neytrinoning mavjudligini tasdiqlovchi eksperimentlar hozircha mavjud emas (masalan, MiniBooNE va LSND loyihalarida).

Massasi

Neytrino massasi nolga teng emas, lekin bu massa o'ta yengil. Barcha turdagi neytrinolar massalari yig'indisining eksperimentda baholangan qiymati 0,28 eV ga teng. Neytrino massasining aniq qiymati Koinotning yashirin massasini tushuntirish uchun ham muhimdir. Neytrino massasining o'ta yengilligiga qaramasdan uning Koinotdagi konsentratsiyasi yetarli darajada yuqori va bu bilan o'rtacha zichlikka hissa qo'shishi mumkin.

Kashf qilinish tarixi



Neytrinoning pufakli kamerada kuzatilishi

XX asrning 20- va 30- yillarida Yadro fizikasining asosiy muammolaridan biri beta-parchalanishda elektron spektri muammosi edi. Jeyms Chedvik tomonidan 1914 yilda o'tkazilgan tajribada beta-parchalanishda hosil bo'lgan elektronlar energiyasi uzluksiz spektrga egaligi aniqlangan. Ya'ni yadrodan turli energiyali elektronlarning uchib chiqishi kuzatilgan.

Ikkinchi tomondan, 20-yillarda Kvant fizikasining rivojlanishi atom yadrosida energiya sathlari diskret xarakterga egaligini ko'rsatdi. Bu fikr birinchi bo'lib avstriyalik fizik Liza Meytner tomonidan 1922 yilda aytilgan. Ya'ni, yadro parchalanishida hosil bo'lgan zarralar energiyasi diskret bo'lib bu energiya yadro sathlari orasidagi farqqa teng bo'lishi kerak. Masalan, alfa – parchalanishda alfa – zarralar energiyasi bu fikrni tasdiqlaydi. Shu sababli beta – parchalanishda hosil bo'lgan elektronlar energiyasining uzluksizligi energiyaning saqlanish qonunini shubha ostiga qo'ydi. Bu muammo shu darajada muhimlik kasb etdiki, 1931 yili mashhur daniyalik fizik Nils Bor Rim konferensiyasida so'zga chiqib mikroolamda energiyaning saqlanish qonuni buzilishi mumkin degan fikrni ilgari surdi. Lekin bu holatni boshqacha tushintirish yo'li ham mavjud edi. Bu “yo'qotilgan” energiyaning noma'lum va sezilmas zarra tomonidan olib ketiladi degan g'oya edi. Bu g'oya V. Pauli tomonidan 1930 yilning 4 dekabrda Tyubingendagi fizika bo'yicha anjuman ishtirokchilariga yuborilgan xatida ilgari surilgan edi. Bu zarra Enriko Fermi tomonidan “neytrino” deb nomlandi. V. Pauli 1933 yilda bo'lib o'tgan Solvey kongressda $\frac{1}{2}$ spinga ega neytral zarra ishtirokidagi beta-parchalanish mexanizmiga bag'ishlangan referati bilan chiqish qildi. Bu chiqish neytrinoga bag'ishlangan birinchi rasmiy maqola edi. Hozirda neytrino tabiati jahonning 10ga yaqin laboratoriyalarida o'rganilmoqda.

Quyosh neytrinosi muammosi

Quyosh yadrosida sodir bo'ladigan jarayonlar katta miqdordagi elektron neytrinolarning hosil bo'lishiga olib keladi. Yerga kelayotgan neytrino oqimi 1960 yillar oxiridan buyon o'rganib kelinmoqda. Bu o'rganishlar registratsiya qilinayotgan Quyosh, ya'ni elektron neytrino oqimining Quyoshdagi jarayonlarni bayon qiluvchi Standart Quyosh modeli doirasida topilgan qiymatidan taxminan 3

marta kamligini ko'rsatadi. Nazariya va eksperiment orasidagi bu nomutunosiblik "Quyosh neytrinosi muammosi" nomini oldi.

Bu muammoni yechishning ikki yo'li taklif qilindi. Birinchi yo'l – Standart Quyosh modelini modifikatsiya qilish, ya'ni Quyosh yadrosidagi temperaturani, termoyadro aktivligini aniqlashtirish orqali neytrino oqimi qiymatini kamayishiga erishish. Ikkinchi yo'l – neytrino ossilyatsiyasi, ya'ni Quyoshda hosil bo'lgan neytrino Yerga tomon harakat davomida neytrinonining boshqa turlariga aylanishi hodisasining sodir bo'lishi. Ikkinchi yo'l hozirda bu muammoni hal qilishning haqiqatga yaqin yo'li sifatida qaralmoqda. Va Sadberidagi tajribalar natijasida neytrino ossilyatsiyasi sodir bo'lishi to'g'ridan to'g'ri tasdiqlandi. Bunda vakuumda elektron (Quyosh) neytrinosi myu- va tau-neytrinolariga aylanadi. Bu holat Quyosh moddasida ham sodir bo'ladi (Mixeyev-Smirnov-Volfenshteyn effekti). Moddadagi neytrino ossilyatsiyasi neytrino moddada effektiv massaga ega bo'lish (aslida nol massaga ega bo'lsa ham) ligidan kelib chiqadi. Zichligi tekis o'zgaruvchan moddada 2 tur neytrinolarning effektiv massalari bir-biriga yaqin bo'lib qolganda ossilyatsiya kuchayadi. Buning uchun 2 turdagi neytrinolar modda bilan har xil ta'sirlashishi kerak, ya'ni neytrinolarning effektiv potentsiallari modda zichligi bilan turlicha bog'langan bo'lishi kerak. Moddada kuzatiladigan bunday ossilyatsiya Mixeyev-Smirnov-Volfenshteyn effekti deb ataladi va elektronneytrino defetsitligini tushintiruvchi asosiy sabab deb qaralmoqda.

Neytrinoni o'rganish bo'yicha olib borilayotgan eksperimentlar.

Ossilyatsiya quyidagi hollar uchun kuzatildi:

- Quyosh neytrinosi (Devisning xlor-argon eksperimenti, [SAGE](#), GALLEX/GNO galliy-germaniy eksperimentlari, Kamiokande suv-cherenkov eksperimenti va [SNO](#)), BOREXINO [ssintillyatsion](#) eksperimenti;
- Atmosfera neytrinosi (Kamiokande, IMB), koinot nurlarining atmosfera atom yadrolari bilan o'zaro ta'sirlashishidan hosil bo'lgan;
- [reaktor](#) antineytrinosi ([KamLAND](#) [ssintillyatsion](#) eksperimenti, [Daya Bay](#), Double Chooz, RENO);
- Tezlatgich neytrinosi (K2K eksperimenti (inglizchada *KEK To Kamioka*) 250 km qalinligini o'tgach myuon neytrino miqdori kamaygani kuzatildi, OPERA eksperimentida 2010 yili myuon neytrinoning tau-neytrinoga ossilyatsiyalanishi natijasida tau-lepton tug'ilishi kuzatilgan).

Hozirda myuon neytrino va antineytrinosining elektron neytrino va antineytrinosiga ossilyatsiyalanishi Mini BooNE eksperimentida o'rganilmoqda (LSND eksperimenti shartlari bo'yicha). Bu eksperiment natijasi neytrinolar va antineytrinolar ossilyatsiyasi orasidagi farqni ko'rsatadi.

Foydalanish istiqbollari.

Neytrinodan foydalanishning istiqbolli yo'nalishlaridan biri – neytrino astronomiyasi. Ma'lumki, yulduzlar yorug'lik nuridan tashqari ulardagi yadro reaksiyalari jarayonida hosil bo'ladigan neytrinolarning ham katta oqimini tarqatadilar. Yulduz evolyusiyasining o'nggi bosqichlarida nurlanadigan energiyaning 90% ga yaqini neytrinolar hisobiga to'g'ri keladi. Bu hol neytrino hisobiga sovush deb ataladi. Shu sababli neytrino xossalari o'rganish bu astrofizik jarayonlarni tushinishga yordam beradi.

Olamni o'rganishda neytrinoning ahamiyati.

Bundan tashqari neytrino hech qanday yutilmasdan juda katta masofalarni bosib o'ta oladi. Uning bu xususiyati juda uzoqa strofizik obektlarni ham o'rganishga imkon beradi. Neytrinoning boshqa qo'llanishiga sanoat yadro reaktorlarining neytriondiagnostikasi misol bo'ladi. Bu maqsadda yaratiladigan neytrinodetektor yadro reaktori quvvati va yoqilg'isi tarkibini nazorat qilib turadi. Nazariy jihatdan neytrino oqimidan aloqa vositasida ham foydalanish mumkin. Bu yo'lda hozirda ish olib borilmoqda. Yerning ichki qatlamlaridagi radiaktiv elementlar parchalanishida chiqqan neytrinolarni o'rganish orqali Yerning ichki tuzilishini o'rganishda foydalanish mumkin. Ya'ni, Yerning turli nuqtalaridagi geologik neytrino oqimini o'rganish orqali radioaktiv manbalar xaritasini tuzish mumkin.