

## Търсенето на стерилни неутрино се засилва<sup>1</sup>

Е. Ханд

Неутрино обичат да се пазят. Тези прозрачни частици така се съпротивляват на взаимодействието с обикновеното вещество, че милиарди от тях пронизват безболезнено и ежедневно нашите тела, без да ги усетим. Ето защо са необходими специални гигантски детектори, за да уловим няколко от тях. Днес астрономите откриват белези за съществуването на дори още по-неуловим тип неутрино, които са толкова “боязливи”, че може би никога няма да ги открием пряко: така наречените стерилни неутрино.

“Проблемът за стерилни неутрино е свършено критичен за физиката на ядрените частици и за астрофизиката.”, казва Уилям Луис от Лос Аламоската Национална лаборатория. Повече от десетилетие откак този субатомен фантом интересува теоретиците и експериментаторите, но всички опити да го заловят са за сега неуспешни. Днес две наблюдения в Космоса – едното в микровълновия, другото в рентгеновия диапазон – отново възродиха надеждите.

Ако бихме могли да наблюдаваме стерилни неутрино, те биха осигурили за пръв път възможност да надникнем в една нова област на физиката, намираща се отвъд стандартния модел на частиците. Те биха могли също така да подпомогнат изясняването на множество астрономически загадки, в това число дори същността на тъмното вещество, за което вярваме, че съставлява над 85 % от масата на Вселената.

Достатъчно трудно е регистрирането дори на трите типа неутрино. Те реагират с веществото посредством слабото ядрено взаимодействие, което означава, че могат да преминат през огромни обеми, запълнени в вещество, и въпреки това рядко да се ударят в някое атомно ядро. За да ги уловят, физиците строят детектори, представляващи огромни цистерни с минерално масло или тежка вода, а за увеличаване вероятността за взаимодействие насочват към тях пороите неутрино, идващи от ядрените реактори, от ускорителите на частици и от Слънцето.

### Саможивата частица

През 1998 г. резултатите, получени на ускорителя в ЦЕРН, Женева, показаха, че в слабото взаимодействие биха могли да участват само трите познати семейства, или аромати, от неутрино. Всичко друго извън тези три семейства би трябвало да бъде “стерилно”, т.е. имунизирано по отношение на слабата ядрена сила. А това би означавало, че то би преминавало безпрепятствено през съществуващите детектори на неутрино.

Защо им трябваше на теоретиците да се захващат с такава необщителна частица? Заради едно друго изненадващо откритие, направено през 1998 година: че трите обикновени неутрино имат малка, но все пак ненулева маса.

Този резултат бе шокиращ и то не просто защото стандартният модел предполага нулева маса за неутриното. Масите на трите неутрино, определени от начините, по които те осцилират, т.е. се превръщат от един аромат в друг, се оказаха невероятно малки: най-тежкото измежду обикновените неутрино е на поне седем порядъка по-малка от масата на електрона. Теоретиците заключиха, че би трябвало да съществува някаква друга частица – нещо като стерилно неутрино.

<sup>1</sup> Публикувано на 17. март, 2010 г. в *Nature* **464**, 334-335 (2010)

Намек за съществуването на такова липсващо звено се появи от Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP), космическият апарат, който от 2001 година прави карта на нищожните флукуации на реликтовото лъчение, останало след Големия взрив. Схемата на флукуациите съдържа указания за съдържанието на “супата” от частици, съществували кратко време след Големия взрив.

Резултатите от последните седем години, публикувани през януари, свидетелстват, че най-вероятно броят на типовете неутрино в раната Вселена е бил четири, което означава, че още едно неутрино очаква да бъде открито. “Да кажеш, че съществува още нещо, е голямо предизвикателство.” казва главният изследовател Чарлз Бенет от университета Джон Хопкинс в Балтимор, Мериленд. Но той предупреждава, че все още границите на грешките са твърде широки, така че все още е възможно максималният брой типове неутрино да се окаже три. “Бих нарекъл това интригуващо, но за сега не страдам от безсъние заради него.”

По-ново указание дойде от намиращата се в орбита рентгенова обсерватория Чандра. Стерилните неутрино, ако съществуват и ако са достатъчно тежки, би трябвало да излъчват слаби рентгенови импулси при разпадането си на по-леки неутрино. Александър Кузенко от университета на Калифорния, Лос Анджелис, фокусира наблюденията си върху участъци от небето, за които се смята, че съдържат много тъмно вещество, но малко звезди или други светлинни източници. Той твърди, че е намерил предсказаните рентгенови импулси във Willman 1, една бледа галактика, която обикаля около Млечния път. Но, подобно на Бенет, и Кузенко казва, че е твърде рано да се говори за откритие. “Изглежда, че всичко съвпада и това събужда известни надежди.”, казва той.

Неутрино то на Кузенко би било тежко и в изобилие, така че тези частици биха могли да представляват тъмното вещество. Данните от WMAP обаче сочат в противоположна посока, към края на спектъра от възможни маси, където са леките частици. Джордж Фулър, директор на Центъра за астрофизика и космически науки в университета на Калифорния, Сан Диего, в Ла Тойя, би приел тези по-леки частици като по-подходящи, защото те биха му помогнали да реши един отдавнашен проблем със свръхновите. Тези експлозии на масивни звезди карат неутроните да се свързват и раждат елементи, по-тежки от желязото, които впоследствие влизат в състава на други звезди и на планетите. Но те произвеждат също така прекомерно голямо количество неутрино, които, поне теоретически, би трябвало да препятстват ядрения синтез, тъй като “убиват” неутроните, превръщайки ги в протони и електрони.

Стерилните неутрино биха могли да предложат изход. Ако някои неутрино, родени в свръхновите, се преобразуват в стерилни, те биха отлетели без да взаимодействат с неутроните, оставяйки много от тях непокътнати. Фулър казва: “Ние сме много заинтересовани от това, защото залозите са твърде големи.”

### **Объркани послания**

Този месец за търсачите на стерилни неутрино се получиха отрезвяващи новини от Main Injector Neutrino Oscillation Search (MINOS). В този експеримент един сноп неутрино от Фермилаб в Батавия, Илинойс, се насочва към отдалечен на 735 километра, в Минесота, подземен детектор. Целта е да се наблюдават осцилациите на неутрино. Данните от MINOS сочат, че едно от семействата неутрино не е склонно да се

превърща в стерилно, въпреки че говорителят Роберт Плънкет казва, че резултатите оставят място за стерилни неутрино. “Ние ограничаваме пространството на параметрите за тях.”

Друг експеримент във Фермилаб, който трябва да проследи по-ранните следи за стерилни неутрино, потенциално е по-окуражаващ. Началните данни дойдоха от един експеримент в Лос Аламос, в който взе участие и Луис. От 1993 г. до 1998 г. той и колегите му използваха експериментите с течния сцинтилационен неутринен детектор, за да обстрелват с антинеутрино – античастиците на неутрино – 167 тона минерално масло. Техните данни за превръщането на антинеутрино от един вид в друг свидетелстваха за четири аромата. Десет години по-късно данните от следващия експеримент, също във Фермилаб – експериментът Mini Booster Neutrino Experiment, или MiniBooNE, не показаха наличие на четвърти тип неутрино. MiniBooNE обаче използва сноп от неутрино, което затруднява сравняването на резултатите с тези от антинеутрино от Лос Аламос. Сега, след година и половина натрупване на данни с антинеутрино, експериментът MiniBooNE показва различен резултат. Луис казва, че когато се комбинират с данните от другите провеждани по света опити с антинеутрино, новите данни съответстват “прекрасно” на модела  $3 + 1$ : три обикновени неутрино, плюс едно стерилно.

Луис, който също участва в колаборацията MiniBooNE, казва, че следващата група данни, които ще се натрупат до това лято, би трябвало да дадат по-добра представа за това, дали този мимолетен награвник най-накрая е заловен.

### Литература

1. 1. Komatsu, E. *et al.* Preprint at <http://arxiv.org/abs/1001.4538v1> (2010).
2. Komatsu, E. *et al.* Preprint at <http://arxiv.org/abs/1001.4538v1> (2010).
3. Lowenstein, M. & Kusenko, A. Preprint at <http://arxiv.org/abs/0912.0552> (2009).
4. Adamson, P. *et al.* *Phys. Rev. D* **81**, 052004 (2010). | [Article](#)
5. Karagiorgi, G., Djurcic, Z., Conrad, J. M., Shaevitz, M. H. & Sorel, M. *Phys. Rev. D* **80**, 073001 (2009). | [Article](#) | [ChemPort](#) |