

ნეიტრინოს მასის პრობლემა

2015 წლის ნობელის პრემია ფიზიკაში გადაეცათ კანადელ არტურ მაკდონალდსა და იაპონელ ტაკაკი კაჯიტას ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი პრობლემის გადაჭრისათვის - მათ ექსპერიმენტულად დაადასტურეს, რომ სუსტი ურთიერთქმედების გადამტან ნაწილაკს - ნეიტრინოს გაქნია მასა. ეს კი ნიშნავს, რომ ეს უკანასკნელი მოძრაობს სინათლის სიჩქარეზე ნაკლები სიჩქარით. მაგრამ მაინც რითია ეს ნაწილაკი ასე გამორჩეული და საინტერესო?

1930 წელს ვოლფგანგ პაულიმ თავისი თეორიული კვლევის მიხედვით β დაშლების შესახებ იმპულსის, ენერგიის და სპინის შენახვის აუცილებლობისდაგამო ივარაუდა, რომ ამ დაშლის შედეგად უნდა წარმოიქმნას კიდევ ერთი ელექტრულად ნეიტრალური ნაწილაკი, და მას უწოდა ნეიტრონი. ორი წლის შემდეგ ბრიტანელმა ჯეიმს ჩედვიკმა აღმოაჩინა უფრო მასიური და ასევე ელექტრულად ნეიტრალური ნაწილაკი და მას მსგავსად პაულის მიერ ნავარაუდევია β დაშლის პროდუქტისა, უწოდა ნეიტრონი. ოდნავ მოგვიანებით პაულის „ნეიტრონს“ უწოდეს ნეიტრინო მოფერებითად, რადგან მისი ურთიერთქმედება გრავიტაციასთან შეუმჩნეველი რჩებოდა. 1934 წელს ენრიკო ფერმიმ დაასრულა სამეცნიერო ნაშრომი, რომელიც აერთიანებდა დირაკის პოზიტრონისა და ჰაიზენბერგის პროტონ-ნეიტრონულ მოდელს. სამწუხაროდ ეს ნაშრომი არ მიიღო ცნობილმა სამეცნიერო ჟურნალმა - NATURE. ამავდროულად ბორმა წამოაყენა იდეა, რომ β დაშლის დროს ენერგიის შენახვის კანონი არასწორია. თუმც უმაღლესი ექსპერიმენტულმა კვლევებმა დაადასტურა ბორის ჰიპოთეზის სიმცდარე β ნაწილიაკების ენერგიის სპექტრის შემოსაზღვრულობიდან გამომდინარე, რაც შეუძლებელია თუ არ ინახება ენერგია. ეს კი თავისთავად ეწვეს იწვევს, რომ β დაშლის დროს გამოსხივდება ფერმის მიერ ნაწინასწარმეტყველები ნაწილაკი ნეიტრინო.

1956 წლის 20 ივლისს კლაიდ ქოუენის სამეცნიერო ჯგუფმა გამოაქვეყნა ცნობილი ექსპერიმენტის - ცირკას (CIRCA) - ექსპერიმენტალური შედეგები, რომლებიც ადასტურებენ ნეიტრინოს არსებობას. მათ 40 წლის შემდეგ (1995) ამ მიღწევისათვის ნობელის პრემია დაიმსახურეს. ექსპერიმენტი მიმდინარეობდა შემდეგი მეთოდით: ბირთვულ რეაქტურში β დაშლის შედეგად წარმოქმნილი ანტინეიტრინო პროტონთან რეაქციის შედეგად წარმოქმნიდა ნეიტრონ - პოზიტრონის წყვილს. პოზიტრონი უმაღლესი ანიჰილირდებოდა ელექტრონთან, ხოლო ნეიტრონი ჩაიჭირებოდა ბირთვის მიერ, რაც ნიშნავს ერთადერთ რამეს - ანტინეიტრინოს არსებობას. ხოლო 1965 წლის

თებერვალში სამხრეთ აფრიკის რესპუბლიკაში, ერთ-ერთ ოქროს მადაროში აღმოაჩინეს ნეიტრინო.

1962 წელს ლეონ ლედერმანმა, მელვინ შვარცმა და ჯეკ სტაინბერგმა აჩვენეს, რომ გარდა ელექტრონული ნეიტრინოსი (β დაშლის დროს წარმოქმნილი) არსებობს მიონური ნეიტრინოც, რის გამოც მათ 1988 წელს ნობელის პრემია მიიღეს. 1975 წელს სტენფორდის წრფივი ამაჩქრებლის მიერ აღმოჩენილი იქნა ლეპტონები და ტაუ ნაწილაკები, რასაც მოჰყვა ვარაუდი, რომ არსებობს შესაბამისი ნეიტრინო - ტაუ ნეიტრინო.

მზის სტანდარტული მოდელის მიხედვით მზისგან გამოიფრქვევა ელექტრონული ნეიტრინოები, რომლებიც წარმოიქმნებიან მის ბირთვში. 1960 წლებში წამოწყებული ცნობილი ჰომსტიკის ექსპერიმენტების მიხედვით, რომლის საშუალებითაც აკვირდებოდნენ მზიდან დედამიწამდე მოღწეულ ნეიტრინოთა ნაკადებს, აღმოჩნდა, რომ დედამიწამდე აღწევდა დაახლოებით $1/3$ -დან $1/2$ - მდე რაოდენობა ელექტრონული ნეიტრინოებისა რომლებიც გამოსხივდნენ მზიდან. ამ შედეგმა წარმოშა კიდევ ერთი სამეცნიერო პრობლემა ფიზიკაში, რომელიც ცნობილია როგორც მზის ნეიტრინოს პრობლემა. მიუხედავად ექსპერიმენტის შედეგისა, მზის სტანდარტული მოდელი უნიკალურ მიახლოებად ითვლებოდა, და შესაბამისად ეჭვქვეშ დადგა ნეიტრინოზე არსებული ცოდნის სრულყოფილება. ამავდროულად გაჩნდა მოსაზრება, რომ ნეიტრინოს გააჩნია მასა და მოძრაობის დროს შეიძლება ის გარდაიქმნებოდეს ერთი სახიდან მეორეში.

1985 წელს სტანისლავ მიხაიევმა და ალექსანდრ სმირნოვმა გამოაქვეყნეს ნაშრომი, სადაც აღნიშნული იყო, რომ ნეიტრინოთა ნაკადის გავრცელების დროს თუ ის განიცდის რხევას გარმოს ცვლილებისდაგამო, მაშინ ერთი სახის ნეიტრინო შეიძლება გარდაიქმნებოდეს მეორე სახისაში. ამ შემთხვევაში მას უნდა გააჩნდეს მასა.

ამ ყოველივეს შემდეგ, კი ერთ-ერთი უკანასკნელი დიდი აღმოჩენის მოწმე გახდა კაცობრიობა. 1998 წელს იაპონიაში, მთა იკენოს მახლობლად, სუპერ-კამიოკანდეს ლაბორატორიაში დაიწყო ექსპერიმენტთა ციკლი მაღალი ენერგიის მქონე ნეიტრინოთა დასაკვირებლად. აკვირდებოდნენ რა ატმოსფეროში წარმოქმნილ მიუ-ნეიტრინოებს, შედეგად მიიღეს, რომ ისინი არ გარდაიქმნებოდნენ ელექტრონულ სახეში. 2001 წელს სუდბურის ნეიტრინოს ობსერვატორიაში დააფიქსირეს მზიდან

წამოსული ელექტრონული ნეიტრინოები და დაადგინეს, რომ მათი $2/3$ გარდაიქმნებოდა არაელექტრონულ ნეიტრინოდ. ეს კი ნიშნავს პირდაპირ ასაბუთებს, რომ ნეიტრინოს გააჩნია მასა.

ეს აღმოჩენა ძალიან დაეხმარა ფიზიკოსებს სხვადასხვა თეორიის შემოწმება-განვითარებისთვის და ახალი ფაქტების დადგენისთვის. კარგად იქნა შესწავლილი მზის ბირთვში მიმდნარე ბირთვული პროცესები, აგრეთვე აუცილებელი გახდა ნაწილაკთა სტანდარტული მოდელის გადახედვა, რადგან იგი წინასწარმეტყველებდა ნეიტრინოთა უმასობას. აგრეთვე დადგინდა, რომ ნეიტრინო ბნელი მატერიის ერთ-ერთი შემადგენელი ნაილაკია. მისი მცირე მასის არსებობა გახდა მიზეზი კლუსტერთა ამგვარი ფორმირებისა და ევოლუციისა გალაქტიკებში.