

НЕЙТРИНО НА СЛУЖБІ НАУКИ

Віоріка Оліх – учениця 10 класу школи – гімназії №30, Вінниця, гуртківець ОЦТТУМ

У статті йдеться про історію відкриття нейтрино, розташування та роботу нейтринних обсерваторій.

Розглянуто його значення у нейтринній астрономії та у вивчені процесів, що відбуваються в далеких астрофізичних об'єктах. Досліджено роль нейтрино в засобах зв'язку, геології, у виявленні і знешкодженні атомної зброї супротивника. В роботі також йдеться про дослідження Великого адронного колайдера.

Ключові слова: нейтрино; бета-розпад; черенковське випромінювання; АМАНДА, IceCube, Басканська, Байкальська та Каміюкська обсерваторії.

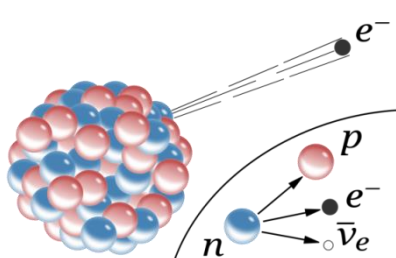
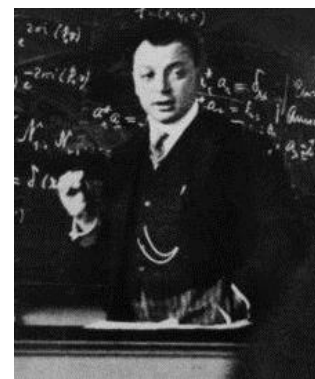


Рис. 1. Бета-розпад

Близько сто років тому фізиків почала бентежити дивна поведінка електронів, що вилітають з нестабільних ядер при бета-розпаді (рис. 1). Експериментальні дані показують, що кінетична енергія цих частинок змінюється в досить широких межах. У той же час, з'являється все більше і більше підтверджень, згідно яких можна вважати, що такі ядра гублять енергію переривно однаковими порціями. У цьому випадку кожен конкретний вигляд бета-розпадника начебто повинен був генерувати електрони однакової енергії, а цього не відбувалося [1].

Нейтрино — загальна назва нейтральних фундаментальних частинок з напівцілим спіном, що беруть участь тільки в слабкій і гравітаційній взаємодіях і відносяться до класу лептонів [2]. Гіпотезу про існування частинки, яка надзвичайно слабо взаємодіє з речовиною, висунув 4 грудня 1930 року Ернст Паулі – відомий Віденський фізик-теоретик ХХ сторіччя. У 1934 році Енріко Фермі включив частинку, яку назвав *нейтрино* в свою теорію бета-розпаду [2].

Рис. 2. Вольфганг Ернст Паулі — фізик-теоретик ХХ сторіччя, один з піонерів квантової фізики



Існування нейтрино вперше було експериментально підтвержене у 1956 році Фредеріком Райнесом, зі штату Нью-Джерсі в США, і Клайдом Кованом в Обсерваторії нейтринних досліджень Національного наукового фонду IceCube на американській станції Південний полюс Амундсена – Скотта [2].

• *Нейтринна астрономія* — галузь астрономії, що спостерігає астрономічні об'єкти в спеціальних обсерваторіях за допомогою нейтринних детекторів. Частинки нейтрино утворюються внаслідок деяких видів радіоактивного розпаду, ядерних реакцій, подібно до тих, що відбуваються на Сонці, чи внаслідок зіткнення космічних променів з атомами. Через дуже слабку взаємодію з речовиною нейтрино надає унікальну можливість спостерігати за процесами, які недоступні для оптичних телескопів [3].

Властивості

нейтрино. Кожному зарядженому лептону відповідає своя пара:

- *нейтрино/антинейтрино;*
- *електрон/позитрон;*
- *електронне нейтрино/електронне антинейтрино.*

Електрон — стійка негативно заряджена частинка атому.

Електронне нейтрино — стабільна елементарна частинка, електрично нейтральна. Бере участь лиш у слабкій гравітаційній взаємодії. До речі, є першим передбаченим та відкритим підвидом нейтрино [2].

- Мюон/антимюон — мюонне нейтрино/мюонне антинейтрино

Мюон — нестійка негативно заряджена частинка.

- *тау-лептон/антитау-лептон*; *тау-лептонне нейтрино/тау-лептонне антинейтрино*.

Тау-лептон — нестійка елементарна частинка з негативним електричним зарядом [2].

Нейтринні обсерваторії

Антарктичний мюонно-нейтринний масив детекторів. Це — нейтринний телескоп, розташований під полярною станцією Амундсена-Скотта. У 2005 році, після дев'яти років роботи, телескоп офіційно став частиною проекту — нейтринної обсерваторії «Ice Cube» [4].

Мюон-нейтринний детектор AMANDA реєструє високонергетичні нейтрино (50+ GeV), які проходять крізь Землю в північній півкулі і потім вступають в реакцію проходячи через антарктичний лід. Оптичні модулі реєструють Черенковське випромінювання (випромінювання електромагнітних хвиль зарядженою часткою, яка рухається у середовищі з більшою, ніж у світла швидкістю [5]) від новоутворених частинок [4].



Рис. 3. Оптичний модуль детектора нейтрино AMANDA в північній півкулі

Метою AMANDA була спроба розпізнати і охарактеризувати джерела нейтрино, які знаходяться поза Сонячною системою.

Всього у 1997 р. було виявлено близько 300 потенційних нейтронних подій з північної півкулі, зображених на рис. 4. Жодна з них не мала позаземного походження, тобто не була викликана нейтрино з позаземних джерел.

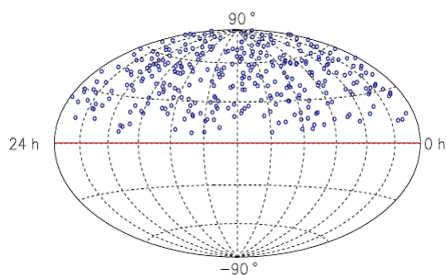


Рис. 4. Географічне розташування нейтринно подібних подій, виявлених на детекторі

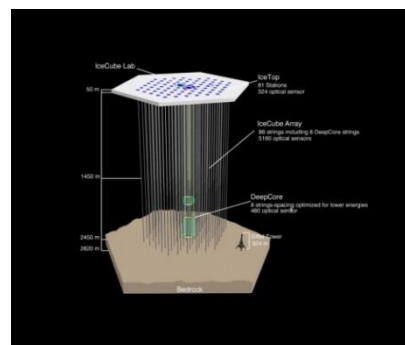
Після двох років інтегрування детектора - у 2009 році, його обчислювальний центр AMANDA припинив свою роботу [6].

IceCube

IceCube — нейтринна обсерваторія, побудована на антарктичній станції Амундсен-Скотт, що належить США [7].

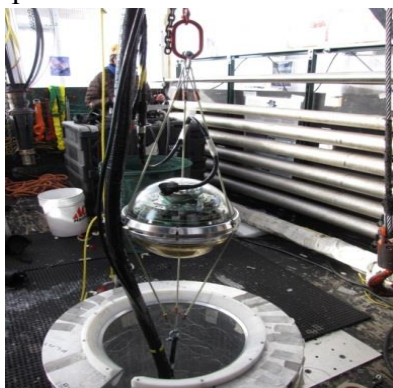
Нейтринний телескоп IceCube складається з 86 струн з 5160 цифровими оптичними модулями, які використовуються для визначення і реєстрації нейтрино подій. Хоча висота телескопа становить 2820 метрів, середня глибина - 2 452 метри [8].

Рис. 5. Оптичний модуль IceCube



Оптична система реєструє черенковське випромінювання мюонів високої енергії, що рухаються в напрямку вгору (тобто з-під

землі). Ці мюони можуть народжуватися лише при взаємодії з мюонними нейтрино, що пройшли крізь Землю, з електронами і нуклонами льоду (і шару ґрунту під льодом, товщиною близько 1 км) [7]. Потік мюонів, що рухаються зверху вниз, значно вищий, проте вони здебільшого народжуються у верхніх шарах атмосфери за рахунок космічних променів.



Тисячі кілометрів земної речовини діють як фільтр, відсікаючи всі частинки, які відчувають сильну або електромагнітну взаємодію (мюони, нуклони, гамма-кванти тощо).

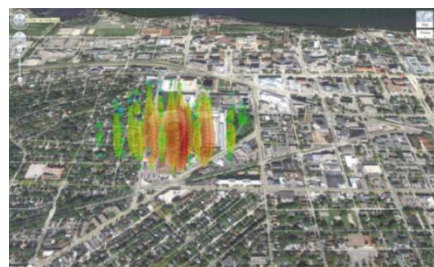
Рис. 6. Цифровий оптичний модуль IceCube Нейтринні події

З усіх відомих частинок тільки нейтрино можуть пройти Землю наскрізь. Таким чином, хоча IceCube розташований на Південному полюсі, він детектує нейтрино, що приходять з північної півсфери неба [7].

Компіляція деяких класних унікальних напів-чинних нейтринних подій, нейтринної обсерваторії IceCube.

Рис. 7. Надзвичайно високо-енергетична подія

Було виявлено, що аромати, напрямки та енергії цих нейтрино несумісні з очікуваними від атмосферних мюонних і нейтронних фонів і узгоджуються із загальними



прогнозами для додаткового компонента позаземного походження [9].

Рис. 8. Нейтрино з найвищою енергією, що коли-небудь спостерігалось

Двадцять вісім подій з енергіями близько 30 TeV і вище були виявлені при пошуку на всьому небі, проведеному в період з травня 2010 року по травень 2012

року, для нейтринних подій високої енергії з вершинами, що містяться в нейтринному детекторі IceCube [8].

Коли нейтрино взаємодіє з льодом Антарктики, воно створює інші частинки.

Баксанська нейтринна обсерваторія

Баксанська нейтринна обсерваторія — науковий комплекс, який входить до складу Інституту ядерних досліджень Російської академії наук. Обсерваторія розташована на Північному Кавказі в районі річки Баксан на висоті 1700 м над рівнем моря [10]. Підземні споруди розташовані під горою Андирчі (3922 м) на різних відстанях від входу в штольню, довжина її становить 4000 м. Вона почала діяти 1977 року [10, 11].

Рис. 9. Розташування Баксанської нейтринної обсерваторії



Основний напрям досліджень — реєстрація нейтрино та космічних променів високих енергій сонячного і галактичного походження, які виникають під час гравітаційного колапсу зір або спалахів нових чи наднових (нейтринна астрономія) [11].

Байкальська нейтринна обсерваторія

Байкальський глибокий підводний нейтринний телескоп (BDUNT) - це нейтрино-детектор, що проводить дослідження під поверхнею озера Байкал (Росія) з 2003 року. [1].

Рис.10. Сцинтиляційний телескоп



Перший в Росії детектор був запущений у 1990 році, завершив роботу у 1998 році. У 2005 році був



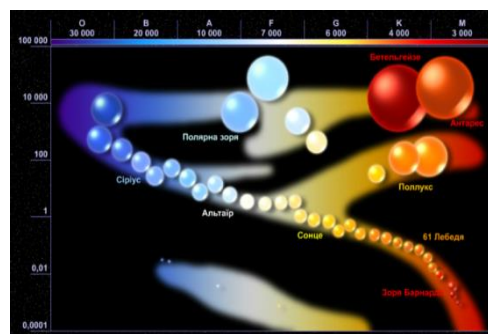
модернізований і знову запущений у 2015 році для створення детектора об'ємом Гігатона (Baikal-GVD) [2].

BDUNT збирає багато атмосферних нейтрино, створених космічними променями, що взаємодіють з атмосферою [12].

Рис. 11. Детектор Байкальської нейтринної обсерваторії Застосування нейтринно

Нейтринна астрономія. Цей розділ астрономії вивчає нейтринні випромінювання, що надходять із джерел поза сонячною системою.

Рис 12. Всі зірки випромінюють не тільки світло, а й нейтринні потоки, що виникають як наслідок ядерних реакцій.



Так як нейтринні потоки без будь-якого поглинання здатні долати гігантські відстані, це дає можливість вивчати властивості дуже віддалених об'єктів [13].

Зв'язок на основі нейтринних потоків поки що тільки в теоретичних розробках. Вважаю, що такий зв'язок зробить можливим передачу даних в будь-які точки земного простору, підземні і підводні. Дуже важлива перевага - передача інформації крізь товщу планети та наддалекі відстані відбувається без втрат потужності сигналу [13].

Геологія. Ті нейтрино, які утворилися після радіоактивного розпаду елементів, що знаходяться всередині Землі, можуть допомогти у вивченні внутрішнього складу планети. Якщо виміряти інтенсивність потоку нейтрино в різних точках планети, можливе складання карти, на якій будуть відображені джерела радіоактивного тепловиділення [13]. Вважаю, що це може бути використано у сейсмології для прогнозування виверження вулканів та землетрусів.

Виявлення і знешкодження атомної зброї супротивника.

У майбутньому, після відповідного технічного прогресу, нейтрино можна буде використовувати для виявлення і знешкодження атомної зброї супротивника [14].

Причому "стріляти" нейтринна гармата зможе з протилежного боку земної півкулі, пронизуючи планету наскрізь. Тоді військовим доведеться терміново заново переховувати всі свої атомні запаси, аби винахідники не змогли випробувати на практиці своєї нейтринні гармати [14].

Дослідження Землі. Використовуючи дані детектору IceCube, вчені змогли вивчити внутрішні особливості Землі. У ході роботи вони використовували для розрахунків кількість нейтрино, зареєстровану детектором. Перш за все цікавили фізиків атмосферні нейтрино, народжені у верхніх шарах земної атмосфери. Зрідка ці частинки все ж взаємодіють з речовиною, а наслідки цього посилюються детектором [15].

Астрономи вперше знайшли джерело нейтрино надвисоких енергій

Астрономи кілька років тому вперше змогли ідентифікувати джерело космічних нейтрино високих енергій, зафіксованих обсерваторією IceCube, що знаходиться на антарктичній станції Амундсен-Скотт, яка належить США.

Вчені зробили висновок, що частинки з енергіями в сотні разів більшими, ніж у протонів у Великому адронному колайдері, породили блазар (активне ядро галактики), світло від якої йшло до Землі кілька мільярдів років.

Цей результат означає новий етап розвитку багатоканальної астрономії та підтверджує ідею, що блазари — джерела космічних променів високих енергій [16].



Рис. 13. Великий адронний колайдер — найбільший у світі прискорювач елементарних частинок розташований у Швейцарії

Які процеси відбуваються в далеких астрофізичних об'єктах

Вчені отримують можливість це визначити з енергетичного спектра зареєстрованих частинок і у напрямку їхнього прильоту. Завдяки тому, що нейтрино дуже легкі, не мають заряду та взаємодіють з речовиною тільки на дуже малих, субатомних відстанях.

28 вересня 2017 року команда космічної гамма-обсерваторії «Фермі» повідомила, що певний напрямок прильоту зареєстрованих нейтрино з середньою енергією 290 TeV відповідав відомому джерелу гамма-променів в стані підвищеної активності [16].

Це блазар TXS 0506 + 056, який є активною галактикою, що розташована недалеко від лівого плеча сузір'я Оріона. Світло від джерела добиралося до Землі чотири мільярди років.

Вивчаючи спостереження та дослідження особливостей нейтрино, я використовувала результати нейтринних обсерваторій, користуючись при цьому їх сайтами.

Отже, використання цих часточок у сейсмології для прогнозування виверження вулканів та землетрусів збереже життя мільйонів людей.

❖ Діагностика протікання ядерної реакції може бути застосована до промислових ядерних реакторів і атомних електростанцій. Це забезпечить людство від аварій подібних Чорнобильській.

❖ Можливість встановлення зв'язку у будь-якій точці земного простору: в горах, під землею, під водою, і що головне без втрат потужності сигналу.

❖ Вважаю, що згодом будуть розроблені нейтринні телефони для зв'язку з посланцями на Місяць, на Марс та інші тіла Сонячної, а з часом до позасонячних систем.

❖ Виявлення і знешкодження атомної зброї супротивника знівелює її виготовлення та розташування, а згодом приведе до повного ядерного роззброєння.

Космічна частинка нейтрино, як безпечне джерело енергії, надзвичайно потрібна для людства. Вона є унікальною, оскільки є енергетичним ресурсом, творцем енергії майбутнього, альтернативним джерелом, яке ми можемо використовувати постійно, адже ця технологія використовує невидимий спектр Сонця, а не його світло.

Список використаних джерел:

1. Дивна поведінка електронів. [Електроний ресурс]. – Режим доступу: https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/430999/Chastitsa_prizrak_neytrino
2. Нейтрино. [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Нейтрино>
3. Нейтринна астрономія. [Електроний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Нейтринна_астрономія

4. Антарктичний мюонно-нейтринний масив детекторів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Антарктичний_мюонно-нейтринний_масив_детекторів
5. Черенковське випромінювання. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Черенковське_випромінювання
6. Аманда. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://amanda.uci.edu/>
7. IceCube [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/IceCube>
8. IceCube. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://icecube.wisc.edu/news/view/171>
9. Ice cube. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://icecube.wisc.edu/science/icecube/detector>
10. Баканська нейтринна обсерваторія. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.inr.troitsk.ru/eng/ebno.html>
11. Баксанська нейтринна обсерваторія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Баксанська_нейтринна_обсерваторія.
12. Байкальська нейтринна обсерваторія. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Baikal_Deep_Underwater_Neutrino_Telescope
13. Де застосовують нейтрино [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://light-science.ru/fizika/nejtrino.html>
14. Виявлення і знекодування атомної зброї. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://postup.brama.com/usual.php?what=10453>
15. Дослідження Землі. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ua.korrespondent.net/tech/science/4029998-fizyky-z-dopomohou-chastynok-neitryno-vymirialy-masu-zemli>
16. Джерело нейтрино. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hromadske.ua/posts/astronomy-vpershe-znaishly-dzherelo-neitryno-nadvysokykh-enerhii-nym-vyjavlyvsia-blazar>

NEUTRINOS AT THE SERVICE OF SCIENCE

Viorika Olih – student of 10 grade, School-gymnasium №30, RCTCSY

The article told about the history of neutrino discovery, the location and operation of neutrino observatories. Its significance in neutrino astronomy and in the processes occurring in distant astrophysical objects is considered. The role of neutrinos in communications, geology, in the detection and disposal of enemy nuclear weapons has been investigated. The work also told about the research of the Large Hadron Collider.

Key words: neutrino; beta breakup; Cherenkov radiation; AMANDA, IceCube, Basque, Baikal Observatories.

КОМЕТИ. СПЕКТРИ КОМЕТ

Микола Томащук – вчитель інформатики Гулівського НВК «ЗЗСО I – II ст. – ЗДО», викладач фізики та астрономії Михайловецького професійного аграрного ліцею

Запропоновано узагальнення та систематизація відомостей про комети, їх будову, види, склад на основі аналізу спектрів. Розглянуто класифікацію комет за періодом обертання і види кометних хвостів. Охарактеризовано склад комет на основі аналізу спектрів на прикладах деяких комет. Дано рекомендації щодо спостереження та відкриття комет.

Ключові слова: комета, спектр, ядро, кома, хвіст комети.

Астрономія є найдавнішою з наук. У перекладі з грецької її назва означає «закони зір», тому що дослідження неба древні астрономи розпочали із зірок. Сучасна астрономія