

Я. В. Павленко

# Нейтринна астрономія

**НЕЙТРИННА АСТРОНОМІЯ** – галузь астрономії, що вивчає походження, трансформацію та еволюцію у часі й просторі космічних нейтрино-елементарних частинок, що утворюються у результаті певного типу розпаду радіоактивних речовин або ядерних реакцій. Феноменологічно нейтрино (Н.) як елементарні частинки відносять до стабіль. нейтрал. лептонів із напівцілим спіном, що беруть участь лише у слабкій та гравітац. взаємодіях. Слабка взаємодія створює електронні, мюонні Н. або тау-Н. у поєднанні з відповід. зарядж. лептоном. Хоча Н. вважали безмасштаб., нині відомо, що є три дискретні маси Н. з різними крихіт. значеннями. Для кожного Н. існує відповідна античастинка (антинейтрино), що також має спін  $1/2$  та не має електр. заряду. Антинейтрино відрізняються від Н. тим, що мають протилежні знаки лептон. числа та праворучну замість ліворуч. хіральності. Слабка взаємодія стає ефективною на надмалих відстанях, гравітац. взаємодія дуже слабка, тому Н. надзвичайно слабо взаємодіють з речовиною. Зокрема, Н. з енергією 1 МеВ мають у свинці довжину вільного пробігу сумірну з  $10^{20}$  см (~ 100 світл. років). Для вивчення фіз. властивостей косміч. Н. застосовують спец. Н.-детектори, що розташ. у захищених від зовн. впливу нейтрон. обсерваторіях (будують під землею або під товщею води, щоб ізолювати детектор від косміч. променів та ін. фонових випромінювань). Оскільки Н. дуже слабо взаємодіють з ін. частинками речовини, Н.-детектори мають бути дуже великими, щоб виявити істотну кількість Н. При цьому спец. увагу приділяють відокремленню та верифікації саме потріб. подій взаємодії, їх статист. аналізу. Густина потоку косміч. Н. на поверхні Землі вражає. На кожен квадрат. сантиметр земної поверхні «падають» щомиті десятки мільярдів Н. Щоб «зловити» окремі Н. з такого щільного потоку часток, використовують різноманітні детектори. Один із пошир. методів полягає у реєстрації подій взаємодії Н. з атом. ядрами хлору або галію, у результаті яких продукуються відповідно атоми аргону та германію. Як хлорну «мішень», для Н. використовують багато десятків тон чотирихлористого вуглецю – речовини відносно дешевої та поширеної. Ця реакція характерна для реєстрації саме Н., а не антинейтрино, причому стан сучас. техніки такий, що дає змогу «ловити» Н. з енергією понад 1 млн еВ (електроновольт), якщо потік часток не менший від 10 млрд шт. за секунду через кожен квадрат. сантиметр. Нині відомо декілька джерел Н. Перше – ядерні реакції всередині земних атом. станцій. Ядер. реактор є за своєю суттю ефектив. джерелом Н. (реактори

потуж. 3 ГВт випромінюють бл.  $5E20$  Н. за секунду). Перше детектування Н. здійснили 1956 амер. учені К. Коуен і Ф. Райнес в експерименті з використанням ядер. реактора як джерела Н. Згодом виявилось, що вони детектували антинейтрино. Друге – усередині Землі відбуваються ядерні реакції, тому наша планета є розсередженим джерелом Н. Третє – Н., утворені в надрах Сонця та зір. Перші сонячні Н. детектували 1968 амер. учені Р. Девіс і Дж.-Н. Бакал. Енергія, яку випромінює Сонце у вигляді Н., досить велика: кілька відсотків від усієї енергії, котру випромінює світило. Четверте – Н., утворені процесами взаємодії високоенергет. променів з атомами земної матерії. Перші детектування атмосфер. Н. датовані 1965 та здійснені майже водночас двома групами. Амер. фізик Ф. Рейнс та ін. використовували сцинтиляц. детектор у шахті на тер. Пд. Африки, розташ. на глибині, що відповідає шару води у 8,8 км. Ін. група вчених використовувала детектор в індій. шахті на еквівалент. глибині води в 7,5 км. Також виділяють кілька гіпотет. джерел Н.: генеровані вибухами нових (див. Нові зорі) і особливо наднових (див. Наднові зорі) зір, під час колапсу ядра наднової зорі лише 1 % енергії вивільняється у формі квантів світла та кінет. енергії викинутої матерії, решта ж 99 % енергії вивільняється у вигляді Н.; генеровані процесами в актив. ядрах галактик, процесами злиття косміч. об'єктів (зір, нейтрон. зір та ін.), що супроводжуються вивільненням великої кількості енергії; космол. або релікт. Н. (див. Космологія), їхня щільність майже збігається зі щільністю релікт. фотонів, що відмінно ловляться радіотелескопами у мікрохвил. діапазоні, проблема їхнього детектування у тому, що кінет. енергія таких Н. зовсім невелика.

## Рекомендована література

1. C. L. Cowan, F. Reines, F. B. Harrison, H. W. Kruse, A. D. McGuire. Detection of the free neutrino: A Confirmation // Science. 1956. Vol. 124;
2. R. Davis, D. S. Harmer, K. C. Hoffman. A search for neutrinos from the Sun // Phys. Rev. Lett. 1968. Vol. 20;
3. F. Close. Neutrinos. Oxford, 2010;
4. B. Follin, L. Knox, M. Millea, Z. Pan. First Detection of the Acoustic Oscillation Phase Shift Expected from the Cosmic Neutrino Background // Phys. Rev. Lett. 2015. Vol. 115.

### **Бібліографічний опис:**

Нейтринна астрономія / Я. В. Павленко // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2021. – Режим доступу:

<https://esu.com.ua/article-72985>

2001-2025 © Ця енциклопедична стаття захищена авторським правом згідно з чинним законодавством України ([докладніше](#)).