

# АНТИМАТЕРІЯ: ФІЗИКА МАЙБУТНЬОГО ТА ПОТЕНЦІАЛ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

У роботі розглянуто поняття антиматерії, історію її відкриття, фізичні властивості та сучасні сфери застосування. Проаналізовано процес анігіляції речовини та антиматерії, а також перспективи використання антиматерії у медицині, енергетиці та космічних дослідженнях. Особливу увагу приділено сучасним експериментам у сфері фізики елементарних частинок та проблемам зберігання антиматерії.

**Ключові слова:** антиматерія, анігіляція, позитрон, елементарні частинки, CERN, енергія.

## Abstract

The paper examines the concept of antimatter, the history of its discovery, physical properties, and modern fields of application. The process of annihilation of matter and antimatter, as well as the prospects for the use of antimatter in medicine, energy, and space research are analyzed. Special attention is paid to modern experiments in the field of elementary particle physics and the problems of antimatter storage.

**Keywords:** antimatter, annihilation, positron, elementary particles, CERN, energy.

## Вступ

Антиматерія вважається одним із найменш досліджених і водночас найбільш цікавих явищ сучасної фізики. Вона привертає увагу науковців тим, що її властивості суттєво відрізняються від властивостей звичайної речовини. Дослідження антиматерії допомагає глибше зрозуміти процеси, які відбувалися під час утворення Всесвіту, а також відкриває перспективи створення нових технологій у медицині, енергетиці та космічній галузі.

### Історія відкриття антиматерії:

Ідея існування антиматерії з'явилася після досліджень англійського фізика Paul Dirac. У 1928 році він створив рівняння, яке описувало поведінку електрона та одночасно передбачало існування частинки з такими ж характеристиками, але протилежним зарядом.

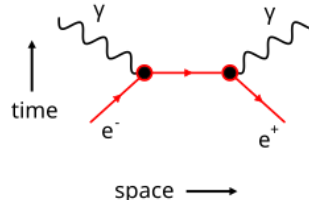


Рисунок 1 - Процес анігіляції електрона та позитрона

Через кілька років американський фізик Карл Андерсон експериментально відкрив позитрон — першу відому античастинку. Це відкриття стало важливим етапом розвитку фізики елементарних частинок.

### Будова та властивості антиматерії:

Антиматерія складається з античастинок, які мають однакову масу зі звичайними частинками, але відрізняються електричним зарядом та деякими квантовими характеристиками. Наприклад:

- електрон має негативний заряд;
- позитрон має позитивний заряд;
- протону відповідає антипротон;
- нейтрону — антинейтрон.

Частинка	Античастинка
електрон ( $e^-$ )	позитрон ( $e^+$ )
протон ( $p^+$ )	антипротон ( $p^-$ )
нейтрон ( $n^0$ )	антинейтрон ( $\bar{n}^0$ )

Таблиця 1 - Відповідність частинок і античастинок

Сукупність таких античастинок утворює антиречовину. Основною особливістю антиматерії є її нестабільність при контакті зі звичайною речовиною.

### Процес анігіляції

Однією з головних властивостей антиматерії є анігіляція. Якщо частинка та античастинка стикаються між собою, вони взаємно знищуються, а їхня маса переходить у енергію. Цей процес описується відомою формулою Альберта Ейнштейна:

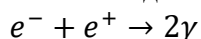
$$E = mc^2$$

де:

- $E$  — енергія;
- $m$  — маса;
- $c$  — швидкість світла у вакуумі.

Формула показує, що навіть невелика маса здатна перетворитися на величезну кількість енергії.

Процес взаємодії електрона та позитрона можна подати рівнянням:



У результаті реакції утворюються гамма-кванти — частинки електромагнітного випромінювання їхня енергія описується квантовим співвідношенням:

$$E = h\nu$$

де  $h$  — стала Планка, а  $\nu$  — частота випромінювання.

### Використання антиматерії

Медицина:

Сьогодні антиматерія вже використовується у медичній сфері. Найбільш відомим прикладом є позитронно-емісійна томографія (ПЕТ). Цей метод застосовується для діагностики онкологічних та інших серйозних захворювань. Під час процедури спеціальні речовини випромінюють позитрони, які взаємодіють з електронами в організмі людини. У результаті анігіляції виникає випромінювання, яке фіксується спеціальними приладами.

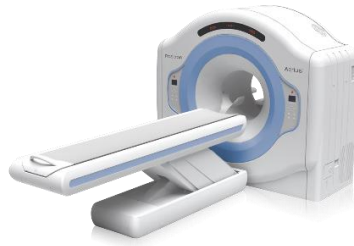


Рисунок 2 – ПЕТ-сканер

Рисунок 2 – ПЕТ-сканер. Джерело: [https://en.wikipedia.org/wiki/Positron\\_emission\\_tomography](https://en.wikipedia.org/wiki/Positron_emission_tomography)  
Космічні технології:

Антиматерія також викликає значний інтерес у космічній галузі. Науковці припускають, що в майбутньому вона може використовуватися як паливо для космічних апаратів. Причиною цього є надзвичайно висока енергетична ефективність процесу анігіляції.



Рисунок 3 - Космічний корабель майбутнього

Рисунок 3 – Космічний корабель майбутнього. Джерело:

[https://texty.org.ua/fragments/96815/Podyvitsa\\_na\\_cej\\_kosmichnyj\\_korabel\\_starship\\_Jogo-96815/](https://texty.org.ua/fragments/96815/Podyvitsa_na_cej_kosmichnyj_korabel_starship_Jogo-96815/)

### Проблеми зберігання антиматерії

Однією з найбільших проблем є зберігання антиматерії. Вона не може контактувати зі звичайною речовиною, оскільки миттєво відбувається анігіляція. Саме тому для утримання античастинок використовують спеціальні магнітні пастки та вакуумні камери.

Сучасні експерименти проводяться у CERN, де фізики досліджують властивості античастинок та намагаються зрозуміти причини переважання звичайної матерії у Всесвіті.



Рисунок 4 - CERN лабораторія

Рисунок 4 – CERN лабораторія. Джерело:

[https://www.festo.com/media/cms/central/media/editorial/img/tia\CMS-Detektor\\_fix1024x469.webp](https://www.festo.com/media/cms/central/media/editorial/img/tia\CMS-Detektor_fix1024x469.webp)

У фізиці високих енергій також важливо враховувати зв'язок між енергією, імпульсом і масою частинки. Для цього використовується релятивістське рівняння:

$$E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$$

Це співвідношення є базовим для опису процесів у прискорювачах частинок, зокрема у дослідженнях, що проводяться в CERN.

## Висновки

Антиматерія є одним із найперспективніших напрямів сучасної фізики. Її дослідження дозволяють краще зрозуміти фундаментальні закони природи та процеси утворення Всесвіту. Незважаючи на складність отримання та зберігання антиматерії, вона вже знаходить застосування у медицині та може відіграти важливу роль у розвитку космічних технологій у майбутньому.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dirac P. A. M. The Quantum Theory of the Electron // *Proceedings of the Royal Society A*. — 1928. — Vol. 117. — P. 610–624.
2. Anderson C. D. The Positive Electron // *Physical Review*. — 1933. — Vol. 43. — P. 491–494.
3. □ Einstein A. *Relativity: The Special and General Theory*. — New York : Henry Holt and Company, 1920. — 168 p.
4. Griffiths D. *Introduction to Elementary Particles*. — Weinheim : Wiley-VCH, 2008. — 454 p.
5. CERN. Antimatter research [Electronic resource]. — Access mode: <https://home.cern/science/physics/antimatter>
6. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Фізичний факультет. Навчальні матеріали з фізики елементарних частинок [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://phys.knu.ua/biblioteka/metodichni-posibniki>

**Тасьмук Анастасія Ігорівна** – студентка групи 4KN-25б, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, email: [anastasiatasmuk@gmail.com](mailto:anastasiatasmuk@gmail.com)

Науковий керівник: **Мартинюк Володимир Валерійович** — канд. техн. наук, доцент кафедри загальної фізики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

**Tasmuk Anastasia Igorivna** – student of group 4KN-25b, Faculty of Intellectual Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: [anastasiatasmuk@gmail.com](mailto:anastasiatasmuk@gmail.com)

Supervisor: **Martyniuk Volodymyr Valeriiovych** — Candidate of Philology tech. Sciences, Associate Professor of General Physics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.