

УДК 621.3.049.77

**АНТИМАТЕРИЯ***Клименко Н. В.**Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
филиал Минский радиотехнический колледж  
г. Минск, Республика Беларусь**Научный руководитель: Кусенок Е.Н. – преподаватель высшей категории дисциплин общепрофессионального и специального циклов, представитель цикловой комиссии «Микро- и нанoeлектронных технологий и систем».*

**Аннотация.** Данная работа посвящена истории открытия антивещества, исследованиям и рассмотрению основных свойств, а также применению античастиц сейчас и в будущем.

**Ключевые слова:** аннигиляция, антивещество, антиматерия, античастица, заряд, позитрон, электрон, ядро.

Уже долгое время ученые занимаются исследованием античастиц и их свойств, так, уже в ближайшее время полученные знания могут позволить использовать антивещество как механизм влияния для проведения более точных исследований элементарных частиц.

Теоретическое и практическое открытие антиматерии.

Начало истории открытия существования антивещества было положено, когда Эйнштейн сформировал уравнение энергии  $E = mc^2$ , для движущей частицы уравнение имеет другой вид и учитывает её импульс (1):

$$E^2 = p^2 \cdot c^2 + m^2 \cdot c^4 \quad (1)$$

Для того чтобы получить значение энергии из уравнения, необходимо извлечь корень. Однако, при извлечении значения из-под корня мы получаем его как с положительным, так и с отрицательным знаком. Так в 1930 г. Поль Дирак – английский физик-теоретик, один из создателей квантовой механики – вычислил с помощью матриц значение энергии для частиц двигающихся с большой скоростью. Изначально в научном обществе утверждали, что отрицательный ответ в этом случае не имеет физического смысла, но ведь речь шла об элементарных частицах, многое о которых до сих пор остаётся не известным. Дирак долго работал над доказательством существования частиц с отрицательной энергией, выдвигая разные теории.

Для доказательства существования частицы с отрицательной энергией необходимо было найти что-то, что должно быть заряжено положительно и по массе соответствовать электрону.

Предполагается, что первым странные частицы наблюдал Дмитрий Скобельцын в 1920-х годах. Ему удалось заметить в детекторе треки, похожие на электрон, но с положительным зарядом.

После аспирант нобелевского лауреата Милликена Чунг-Яо Чао наблюдал прохождения фотонов через свинцовую фольгу и тоже обнаружил необычные частицы. Но руководитель и научное сообщество не поверило результатам.

Второй аспирант Милликена, Карл Андерсон, наблюдал фотоны в камере Вильсона (руководитель ожидал увидеть, как они будут раскалывать атомы на протоны и электроны). Частицы в камере летели в основном сверху вниз. И снова среди них обнаружили «электроны», отклоняющиеся в магнитном поле другую сторону – то есть положительно заряженные. Сначала Андерсон подумал, что это обычные электроны, но летящие снизу вверх. Он добавил в эксперимент свинцовую пластинку, чтобы убедиться, что частицы прилетели именно сверху (рисунок 1).

Милликен вновь не поверил своему аспиранту. Андерсон после продолжительных безуспешных попыток убедить шефа все же опубликовал свою работу [2].

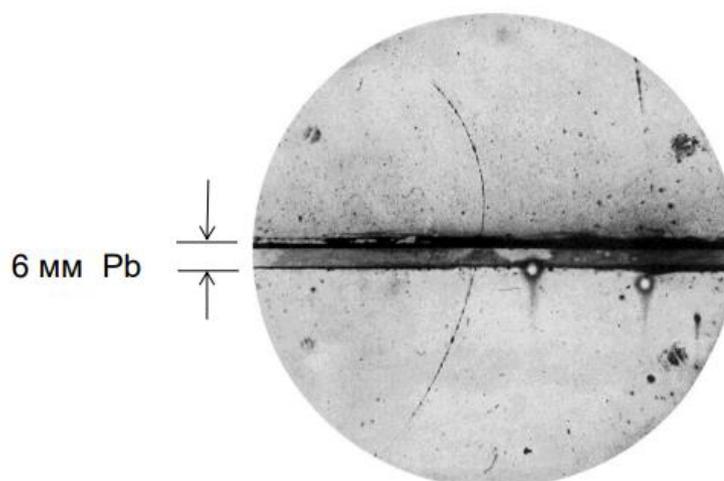


Рисунок 1 – Эксперимент Андерсона

Следующий шаг сделали в Кембридже Блэкетт и Оккиалини. Они сумели сфотографировать достаточно большое число треков легких положительных частиц.

Андерсон, прочитав работу коллег, опубликовал второе, более подробное описание своих экспериментов и, под напором большого числа доказательств общественность признала открытие позитрона – именно так была названа предсказанная Дираком частица. За свое открытие Андерсон получил в 1936 году Нобелевскую премию.

Антиматерия. Понятие и свойства.

Антиматерия – материя, состоящая из античастиц – ряд элементарных частиц, которые обладают одинаковыми спином и массой, но отличаются друг от друга знаками всех других характеристик взаимодействия: электрического и цветового заряда, квантовых чисел (рисунок 2).

Если сравнить протон и антипротон, то некоторые характеристики у них одинаковы: масса у обоих 938.2719(98) мегаэлектронвольт, спин  $\frac{1}{2}$  [1]. Но электрический заряд протона равен 1, а у антипротона – (-1), барионное число (оно определяет количество сильно взаимодействующих частиц, состоящих из трех кварков) 1 и -1 соответственно.

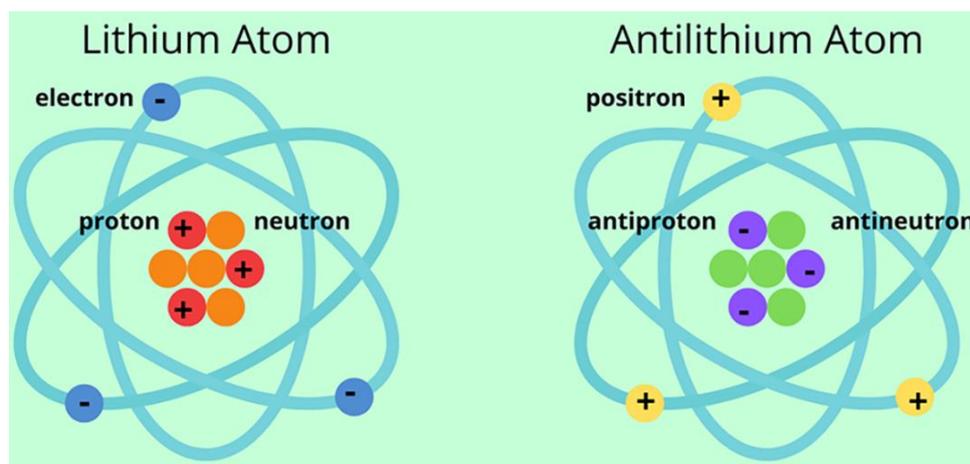


Рисунок 2 – Схематичное изображение атома лития и антилития

Не все частицы имеют свои античастицы, так, например, бозон Хиггса и фотон, не имеют антианалогов и называются истинно нейтральными.

Когда антиматерия встречается материей, они мгновенно аннигилируют в энергию [3]. Так, Позитрон является стабильной частицей и может в пустом пространстве существовать, так же как электрон, бесконечно долго. Однако при взаимодействии медленных электрона и

позитрона происходит их аннигиляция: электрон и позитрон исчезают, а вместо них рождаются два  $\gamma$ -кванта (рисунок 3) (2):

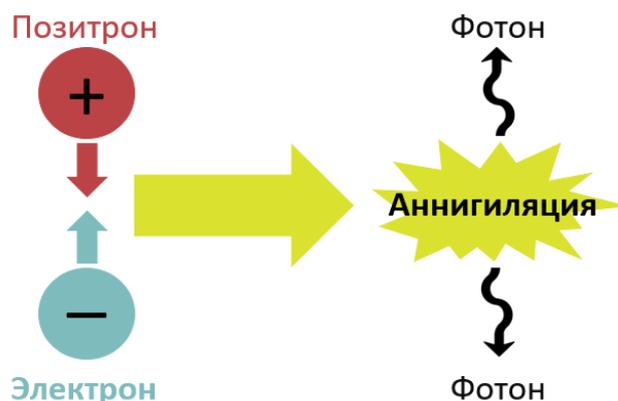


Рисунок 3 – Аннигиляция позитрона с электроном

В природе античастицы возникают при столкновении космических лучей с атмосферой Земли, внутри массивных звезд, рядом с пульсарами и активными ядрами галактик. Ученые же используют для этого коллайдеры-ускорители.

Всего горстка антиматерии может произвести огромное количество энергии. Это делает ее популярным топливом для футуристических транспортных средств в научной фантастике. Вообще, ракетный двигатель на антивеществе гипотетически возможен; главное ограничение – это накопление достаточного количества антивещества, чтобы использовать его.

По предварительным подсчётам энергии 1 миллиграмма антивещества хватит для полета на Марс.

Все антипротоны, созданные на ускорителе частиц Тэватрон в Фермилабе, составляют всего 15 нанограмм. Те, которые производятся в ЦЕРНе, составляют около 1 нанограмма. На сегодняшний день в DESY в Германии произведено примерно 2 нанограмма позитронов.

Неожиданным открытием за последние 5 лет стало то, что антиматерия, производить которую так дорого в лабораториях, рождается прямо в атмосфере Земли. Довольно давно было известно, что вспышки молний создают ядерные реакции. Чтобы лучше понять их природу, ученые установили вдоль западного побережья Японии несколько детекторов гамма-излучения. Во время одной из гроз они получили следующие результаты: были зафиксированы крупные вспышки гамма-излучения от ударившей неподалеку от детектора молнии.

Подробная расшифровка показала, что произошло 3 типа вспышки гамма-излучения, продолжавшихся различное время. Первая и самая короткая гамма-вспышка была вызвана непосредственно ударом молнии. Порожденные ею фотоны обладали достаточной энергией, чтобы выбить фотоны и нейтроны из атомов газов, находящихся в атмосфере – так появилась вторая гамма-вспышка. Появившиеся нестабильные атомы азота – 13 и кислорода – 15 распались, испустив позитрон – античастицу электрона. Через несколько мгновений позитрон, как и полагается антиматерии, аннигилирует с электроном, выделяя при этом энергию. Этими процессами и вызвана третья – самая продолжительная вспышка гамма-излучения.

Ионная ловушка.

Антиматерия уже давно изучается сама по себе, но теперь она освоена достаточно хорошо, чтобы люди могли начать использовать ее в качестве зонда для материи. Единственным препятствием остаётся сложность хранения антиматерии.

К сожалению, редкость и нестабильность антиматерии мешают ученым изучать ее особенности. Антиматерия может быть получена в крошечном количестве только в недрах мощных ускорителей, таких, как большой адронный коллайдер, где в столкновениях частиц рождаются пары частиц и античастиц. Эти античастицы улавливаются, изолируются и по-

мещаются в специальные ловушки, которые называются ловушками Пеннинга. Впервые словить антивещество учёным удалось в 2010 году [4].

В ловушках Пеннинга используются электрические и магнитные поля, которые удерживают частицы антиматерии и не дают им возможности войти в контакт с частицами вещества, из которого изготовлены стены ловушки. Пойманные таким образом частицы антивещества охлаждаются до сверхнизких температур для избавления от тепловых шумов при проведении измерений.

В сентябре 2021 ученые Европейской организации ядерных исследований CERN закончили разработку и создание новой ловушки, в которой антивещество может быть охлаждено до сверхнизких температур буквально за несколько секунд, а не часов, как это было ранее. Быстрое охлаждение антиматерии оставит ученым больше времени для проведения экспериментов.

Уже в 2023 году планируется закончить проект создания ловушки, в которой антивещество можно будет транспортировать в грузовике между лабораториями и, возможно, на большие расстояния.

Сферы применения антивещества.

Помимо уже описанного выше применения антивеществ в качестве зондов при исследовании ядер «нормальных» веществ, существует так же способ использования антиматерии в медицине.

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) используется для диагностики в онкологии, кардиологии и неврологии. В основе позитронно-эмиссионной томографии лежит свойство биологической ткани выборочно поглощать определенные вещества. Если в состав поглощенного вещества входит радиоактивный изотоп, по регистрации его распада можно судить о состоянии биологической ткани. Метод ПЭТ основан на регистрации двух аннигиляционных гамма-квантов, вылетающих в противоположных направлениях, что позволяет получить изображение исследуемого органа [5].

При аннигиляции вещества и антивещества высвобождается большое количество энергии, что в теории могло бы позволить создать чрезвычайно мощный двигатель, предполагается, что он позволит вывести космические исследования на другой уровень.

Использование антиматерии в космонавтике: варп-двигатель, который работает от реактора, выделяющего энергию при аннигиляции материи и антиматерии. Так, существует несколько математических моделей, описывающих работу подобного двигателя, и, исходя из этих расчётов, для межзвёздных кораблей понадобится совсем немного античастиц. Всего за месяц можно будет долететь до Марса, использовав около 140 наногرامмов антипротонов.

В целом, возможность синтеза большого количества энергии, используя антивещество и вещество, является решением огромного количества нынешних проблем, так что исследование античастиц и эксперименты по их добычи достаточно перспективное занятие для учёных.

### **Список литературы**

1. Каганов М. И. Электроны, фотоны, магноны. – М.: Эдиториал УРСС, 2011.
2. <https://habr.com/ru/post/458738/>
3. <https://nanqs.org/news/renewables/unikalnyy-istochni..>
4. <https://dailytechinfo.org/news/1838-uchenye-cern-vper..>
5. *New-Science.ru* <https://new-science.ru/issledovateli-otkryli-novyj-sp..>