

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

УДК 539.12.01

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ
МЕТЕОРИТОВ АНТИВЕЩЕСТВА В ГАЛАКТИКЕ И
СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ**

Научный руководитель

доц. д.ф-м.н., проф.

Студент

_____ М. Ю. Хлопов

_____ В. А. Вакуленко

Москва 2021

Содержание

Введение	3
1 Описание исследования	3
2 Нестрогая оценка вероятности обнаружения шарового скопления звезд антиматерии	4
3 Абстрактная модель изолированного шарового скопления звезд антиматерии	5

Введение

Барионная асимметрия Вселенной — это наблюдаемое преобладание в видимой части Вселенной вещества над антивеществом. Этот наблюдательный факт не может быть объяснён ни в рамках Стандартной модели (хотя такие попытки производились), ни в рамках общей теории относительности — двух теорий, являющихся основой современной космологии. Наряду с пространственной плоскостностью наблюдаемой Вселенной и проблемой горизонта он представляет собой один из аспектов проблемы начальных значений в космологии. [1, 2, 3]

Все частицы, составляющие материю вокруг нас, такие как электроны и протоны, имеют версии антивещества, которые почти идентичны, но с зеркальными свойствами. Когда антивещество и частица материи встречаются, они аннигилируют в виде вспышки энергии [4, 5].

Существование звезд антивещества в Галактике как возможная сигнатура для инфляционных моделей с неоднородным бариосинтезом может оставить след в виде космических лучей антивещества, а также их вторичных источников (антипланет и антиметеоритов), рассеянных тел в нашем галактическом гало. Поток антиметеоритов может оставить свою эксплозивную гамма сигнатуру при столкновении с лунной почвой, а также земной, юпитерианской и солнечной атмосферами. Однако распространение в галактике и последующее испарение в галактическом вещественном газе подавляет самые легкие ($m < 10^{-2} \text{г}$) антиметеориты. Тем не менее, самые тяжелые антиметеориты ($m > 10^{-2} \text{г}$ до 10^6г) не могут быть отклонены или аннигилированы аннигиляцией на поверхности тонкого галактического газа; они могут врезаться в Солнце (или редко Юпитер), что приведет к взрывному гамма-событию и эффективному треку с отскоком и даже проталкивающей аннигиляцией на кромосфере и фотосфере.

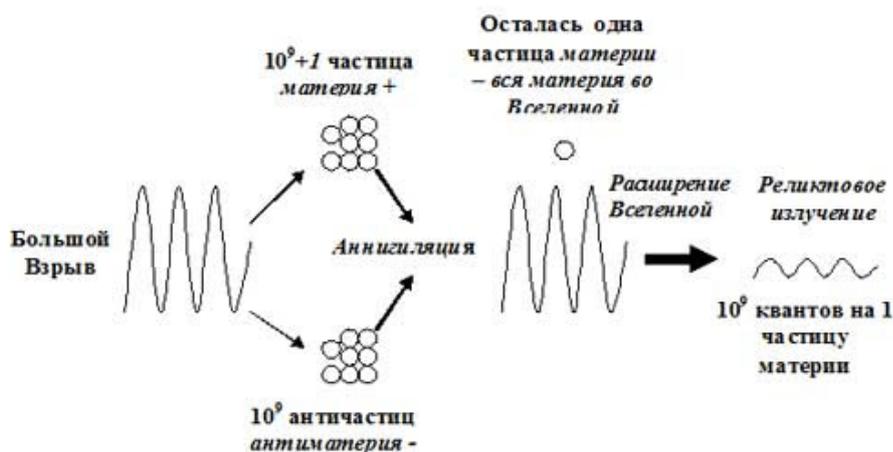


Рис. 1

1 Описание исследования

В данной работе исследуется распространение метеоритов антивещества в галактике и Солнечной системе. В частности, поднимается проблема формирования космической пыли одиночным шаровым скоплением звезд антиматерии. Рассматривается несколько абстрактных моделей, в рамках которых исследуются процессы формирования пыли.

2 Нестрогая оценка вероятности обнаружения шарового скопления звезд антиматерии

Согласно возникновению барионной асимметрии в рамках модели Большого взрыва, в видимой части Вселенной наблюдается преобладание вещества над антивеществом. Однако, современные представления не исключают возможность существования сгустков антиматерии с момента основания Вселенной, а также формирования из нее звезд.

По данным магнитного альфа-спектрометра AMS-02, установленного на борту МКС, в 2018 году стало обнаружено среди миллиардов ядер гелия космических лучей несколько ядер антигелия, что указывает на потенциальную возможность существования оригинального антивещества.

Исследователи Института Исследований Астрофизики и Планетологии (IRAP) предложили использовать для поиска антизвезд гамма-лучи, которые могут образовываться вследствие взаимодействия материи с антиматерией. Исключив из 5787 источников гамма-излучения (в наблюдениях используется телескоп Fermi), результат других астрофизических явлений, формирующих гамма-излучение (пульсары, квазары, гамма-всплески), было отобрано 14 кандидатов в антизвезды. С учетом модели аккреции вокруг антизвезд исследователи получили максимальное число звезд антиматерии, что с учетом чувствительности телескопа Fermi, составляет в среднем 2,5 антизвезды на один миллион обычных звезд.

Данный результат определяет вероятность обнаружения звезды антиматерии с учетом накладываемых ограничений, обусловленных техническими возможностями современной науки.



Рис. 2: Спектроскоп AMS-02

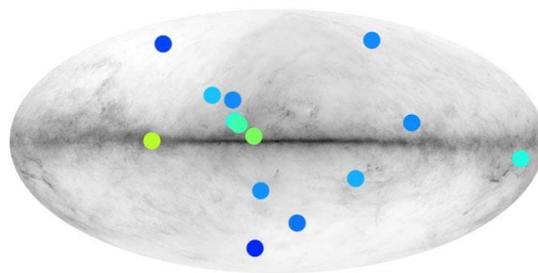


Рис. 3: Точками обозначены источники гамма-излучения в Млечном пути, которые могут быть звёздами из антиматерии

3 Абстрактная модель изолированного шарового скопления звезд антиматерии

Согласно теории, античастицы реагируют на фундаментальные силы, определяющие структуру материи, совершенно аналогично, поэтому структура антивещества должна быть такой же, как структура "нормального вещества". Соответственно можем рассмотреть возможность процесса взрыва звезды антиматерии. При этом, идеализируем нашу модель, обусловившись, что шаровое скопление антизвезд не подвергается аннигиляции, как и все происходящие процессы.

Проведем параллель между процессами формирования нескольких поколений звезд. После образования звезд первого поколения, самые массивные из них взрываются как сверхновые, выдувая локальный газ из скопления, подавляя дальнейшее звездообразование.

В силу сферической симметрии нашей модели и скорости ударной волны до 40 тыс. км/с частицы разлетаются в радиальных направлениях, что в купе с отсутствием других объектов в окружении и, как следствие, постороннего влияния на траекторию выброшенных частиц, не позволяет произойти столкновению на ранних этапах.

Теперь вернемся к модели, где скопление звезд антиматерии имеет в окружении обычную материю. По причине отсутствия столкновения вылетевших частиц на этапе вылета из области взрыва, а также, ничтожности размеров самих частиц, аннигиляция не позволяет просуществовать выброшенному веществу необходимое, для дальнейших процессов кластерообразования, время. Как следствие, мы не можем ожидать появления антиметеоритов в области земной атмосферы.

Заключение

Исходя из вышеприведенных рассуждений существование антиметеоритов как следствие взрыва сверхновой из антиматерии крайне маловероятно. В дальнейшем планируется подкрепить вышеизложенные рассуждения математическими выкладками.

Список литературы

- [1] A. P. Jones. *Dust evolution, a global view: I. Nano-particles, nascence, nitrogen and natural selection . . . joining the dots*. 2021. arXiv: [2111.04509 \[astro-ph.GA\]](https://arxiv.org/abs/2111.04509).
- [2] A. P. Jones. *Dust evolution, a global view: III. Core/mantle grains, organic nanoglobules, comets and surface chemistry*. 2021. arXiv: [2111.04516 \[astro-ph.GA\]](https://arxiv.org/abs/2111.04516).
- [3] S. I. Blinnikov, A. D. Dolgov и К. А. Postnov. «Antimatter and antistars in the Universe and in the Galaxy». В: *Physical Review D* 92.2 (июль 2015). ISSN: 1550-2368. DOI: [10.1103/physrevd.92.023516](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.92.023516). URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevD.92.023516>.
- [4] D. Fargion и М. Khlopov. «Antimatter bounds from antiasteroid annihilation in collisions with planets and Sun». В: *Astroparticle Physics* 19.3 (июнь 2003), с. 441—446. ISSN: 0927-6505. DOI: [10.1016/S0927-6505\(02\)00241-4](https://doi.org/10.1016/S0927-6505(02)00241-4). URL: [http://dx.doi.org/10.1016/S0927-6505\(02\)00241-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0927-6505(02)00241-4).
- [5] A. Yaghoobi и др. *Second generation star formation in globular clusters of different masses*. 2021. arXiv: [2112.06992 \[astro-ph.GA\]](https://arxiv.org/abs/2112.06992).