

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  
МЕТЕОРИТОВАНТИВЕЩЕСТВА В ГАЛАКТИКЕ И  
СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ**

Научный руководитель  
доц. д.ф-м.н., проф.  
Студент

\_\_\_\_\_ М. Ю. Хлопов  
\_\_\_\_\_ В. А. Вакуленко

Москва 2021

# Содержание

Введение	4
1 Описание исследования	4
2 Нестрогая оценка вероятности обнаружения шарового скопления звезд антиматерии	5
3 Абстрактная модель изолированного шарового скопления звезд антиматерии	6

# 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]

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 [3, 4].

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  $10^6 \text{ г}$ ) 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 эффектному треку с отскоком и даже проталкивающей аннигиляцией на кромосфере и фотосфере.

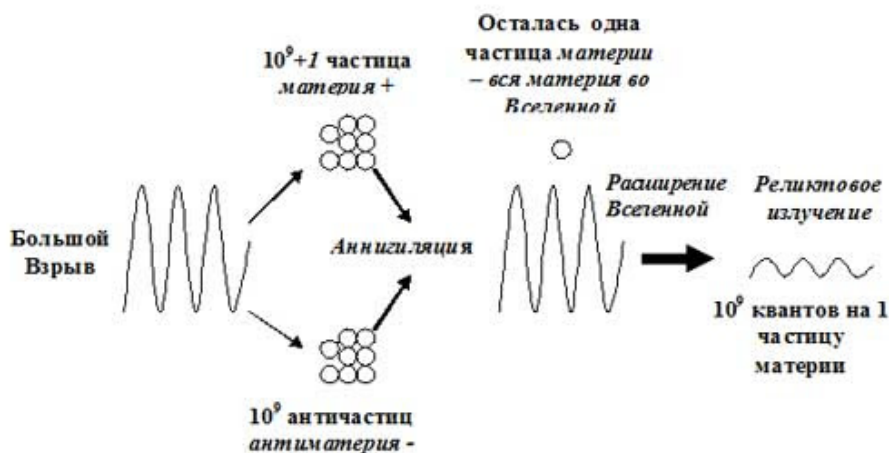


Рис. 1

# 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 является первым свидетельством того, что оригинальное антивещество сохранилось.

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), результатов 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.

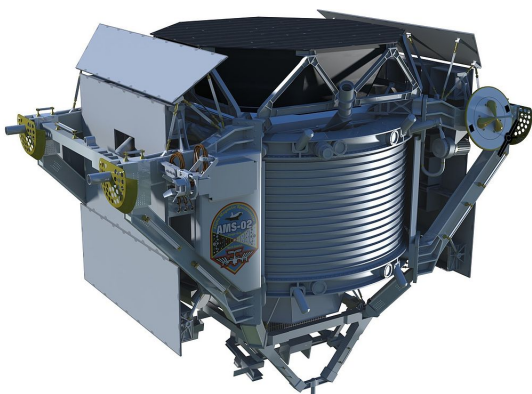


Рис. 2: Спектроскоп AMS-02

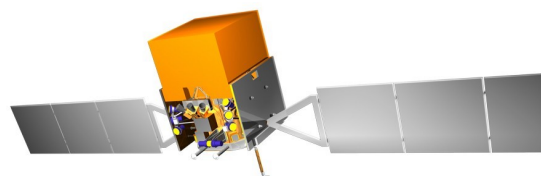


Рис. 3: Космический гамма-телескоп Fermi

### 3 Абстрактная модель изолированного шарового скопления звезд антиматерии

Согласно теории, свойства антивещества аналогичны свойствам вещества. Исходя из этого, можно спроецировать все последующие заключения, относящиеся к обычным шаровым скоплениям на шаровые скопления звезд антиматерии. При этом, идеализируем нашу модель, обусловившись, что шаровое скопление антизвезд не подвергается аннигиляции, как и все проецируемые на него процессы.

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 \[astro-ph.GA\]](#).
- [2] A. P. Jones. *Dust evolution, a global view: III. Core/mantle grains, organic nanoglobules, comets and surface chemistry*. 2021. arXiv: [2111.04516 \[astro-ph.GA\]](#).
- [3] 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](#). URL: [http://dx.doi.org/10.1016/S0927-6505\(02\)00241-4](#).
- [4] A. Yaghoobi и др. *Second generation star formation in globular clusters of different masses*. 2021. arXiv: [2112.06992 \[astro-ph.GA\]](#).

