

УДК 524.8

DOI: 10.17223/00213411/63/1/52

Л.М. ЧЕЧИН^{1,2}, Е.Б. КУРМАНОВ², Т.К. КОНЫСБАЕВ¹

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА ВО ВСЕЛЕННОЙ С ДОМИНИРОВАНИЕМ ТЕМНОЙ МАТЕРИИ *

Рассмотрена космологическая модель Фридмана, обобщенная на эпоху доминирования темной материи. При этом ее уравнение состояния выбрано в новой – нестационарной форме. Опираясь на процесс распространения света в такой метрике, найден ее показатель преломления, который оказался величиной постоянной (точнее, зависящей от эпохи конца доминирования темной материи) и предсказан возможный эффект всплеска проходящего излучения.

Ключевые слова: космология Фридмана, темная материя, нестационарное уравнение состояния, гравитационные линзы.

Введение

Одной из актуальных проблем современной космологии, а также и физики частиц, является выяснение физических свойств темной материи. Для этого, например, можно использовать астрономические наблюдения. Они показывают, что темная материя в основном концентрируется вокруг крупномасштабных космических объектов типа галактик и их кластеров, образуя соответствующие гало [1, 2].

Кроме локального распределения, темная материя описывается и в глобальном аспекте, поскольку в субстанциональной структуре Вселенной она занимает второе место (после темной энергии) и составляет до 26.8 % [3]. Поэтому принципиально важной проблемой современной космологии является исследование процесса распространения света в эпоху доминирования темной материи.

Говоря о физических свойствах темной материи, упомянем еще о двух ее важных аспектах – частицах темной материи и соответствующих им уравнениях состояния среды.

Цель предлагаемой работы – исследование процесса распространения света в эпоху доминирования темной материи, описываемой нестационарным уравнением состояния.

1. О нестационарном уравнении состояния темной материи

Согласно [4], частицы холодной темной материи при высоких температурах находились в химическом равновесии с космической плазмой, при котором их концентрация определялась этой температурой. После заковки частицы темной материи некоторое время остаются в кинетическом равновесии с плазмой, когда температура газа частиц соответствует температуре плазмы.

Теперь кратко обсудим характеристики частиц, которые мы выбираем для описания темной материи. Согласно [5], они подобны нейтрину и антинейтрину, но должны быть более массивными. Такие гипотетические тяжелые частицы (с массой порядка 1.0 ТэВ) называют WIMP (слабо взаимодействующими массивными)-частицами. Их особенностью является отсутствие эффекта аннигиляции, так что они могут появиться после замораживания в любое раннее время. Поэтому все наши расчеты могут быть применены к газу WIMP-частиц. Подчеркнем, что в работе [6] было рассмотрено уравнение состояния темной материи и обнаружено, что оно соответствует среде с исчезающе малым давлением, например нерелятивистскому или релятивистскому газу.

Итак, рассмотрим среду из WIMP-частиц как релятивистский идеальный газ, описываемый уравнением состояния Менделеева – Клапейрона. В силу термодинамического равновесия таких частиц с частицами космической плазмы, имеет место приближенное условие $T_{DM} \sim T_{BM}$. Поэтому уравнение Менделеева – Клапейрона принимает вид

* Работа авторов (Т.К. и Л.Ч.) выполнена при поддержке АО НЦКИТ Министерства цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности (МЦРИАП) РК в рамках финансирования научного проекта AP 05134454 «Эволюция возмущений плотности темной материи в самой ранней Вселенной» в рамках бюджетной программы 217 «Развитие науки», подпрограмма 102 «Грантовое финансирование научных исследований», приоритет – информационные, телекоммуникационные и космические технологии, научные исследования в области естественных наук, РК.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>