

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОБРАЗОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ИЗ ДИССИПАТИВНОЙ САМОВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩЕЙ СКРЫТОЙ МАССЫ

Научный руководитель:

К. М. Белоцкий

Выполнил:

Д. С. Калашников

Λ CDM и расширение SIDM

В современной стандартной космологической модели Λ CDM Вселенная заполнена барионной материей, темной энергией и холодной невзаимодействующей скрытой массой(CDM).

Λ CDM – хорошо согласуется с наблюдениями крупномасштабных структур Вселенной, но существует несколько расхождений:

1. Различие в плотности темной материи в гало
2. Дефицит карликовых галактик-спутников.

Одним из вариантов решения данных проблем являются расширения Λ CDM модели с добавлением самовзаимодействующей скрытой массы (SIDM)

SIDM

Добавим к “холодной” скрытой массе относительно небольшое количество самовзаимодействующей.

Наличие самовзаимодействие приводит к обмену энергией и моментом между частицами скрытой массы, что позволяет сгладить плотностный профиль гало.

“Холодная” скрытая масса доминирует, поэтому добавление SIDM слабо влияет на хорошо согласующиеся с наблюдениями результаты Λ CDM

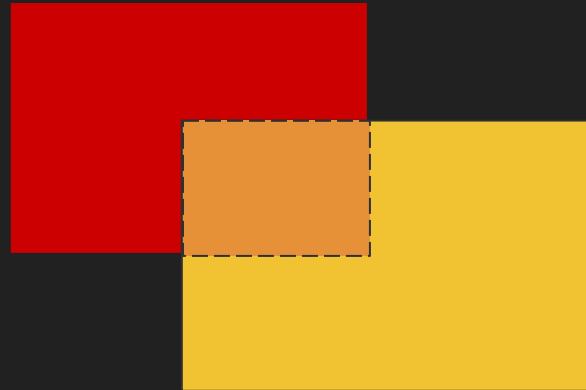
Постановка проблемы

Наделяя частицы скрытой массы взаимодействием, мы наделяем ее некоторыми свойствами барионной материи, в связи с чем возникает вопрос: может ли самовзаимодействующая скрытая масса образовывать структуры и если может, то какие структуры?

Постановка проблемы

Наделяя частицы скрытой массы взаимодействием, мы наделяем ее некоторыми свойствами барионной материи, в связи с чем возникает вопрос: может ли самовзаимодействующая скрытая масса образовывать структуры и если может, то какие структуры?

Для ответа на вопрос необходимо найти область в пространстве параметров диссипативной самовзаимодействующей скрытой массы, которая может образовывать структуры, подобные структурам из барионной материи и сравнить эти параметры с ограничениями из наблюдений.



Задачи

Для решения поставленной проблемы необходимо:

1. Провести литературный обзор по темам
 - а. образование структуры барионов
 - б. образование темного диска в Λ CDM
 - с. Работы по SIDM и диссипативной SIDM
2. Найти диапазон параметров, при котором диссипативная SIDM способна образовывать структуры
3. Найти диапазон параметров, при которых диссипативная SIDM согласуется с наблюдаемыми данными.
4. Сравнить эти диапазоны.

Образование темного диска в Λ CDM

В серии статей [4,5] показана возможность существования темного диска в Λ CDM модели без участия SIDM и его влияние на наблюдения.

В текущей работе интерес представляла возможность формирования структуры из темной материи без участия SIDM. Темным диском называют увеличения плотности темной материи в окрестности галактического диска, а не самостоятельные структуры.

Темный диск не сильно влияет на динамику движения звезд, но играет важную роль в поиске скрытой массы рядом с Солнце.

Космологическое моделирование включающее SIDM

1. Вклад самовзаимодействующей скрытой массы мал по сравнению с Λ CDM моделью, что не приводит к новой физике, а лишь корректирует некоторые наблюдаемые величины.
2. Работы сводятся к подбору оптимальных параметров, при которых будет достигнуто хорошее согласование с наблюдениями. Полученные таким образом параметры являются ограничениями для SIDM моделей.
3. Основными параметрами определяющими модели SIDM являются сила самовзаимодействия (σ/m), а также степень диссипации. В статье [2] получено ограничение на (σ/m) исходя из наблюдений:

$$\frac{\sigma}{m} = (0.5 - 6) \text{ см}^2 \text{ г}^{-1}.$$

Образование структур из барионов

Образование крупномасштабных структур описывают две теории: адиабатическая теория (А-теория) и энтропийная теория (Е-теория)[9].

А-теория – иерархическая концепция, “от большого к малому”

Е-теория – эмпирические сценарии, “от малого к большому”

Важную роль играют возмущения среды, возможность обмена частицами энергии и диссипации.

Не были найдены численные оценки на характеристики барионной материи, необходимые для образования структур.

Оценка параметра σ/m для скрытой массы

Для образования материи из барионов, необходимо наличие между ними сильного взаимодействия. Сильное взаимодействие позволяет составлять из барионов звезды и другие крупные структуры.

Оценим параметр σ_d/m , используя в качестве значения сечения взаимодействия обычное сечение сильного взаимодействия:

$$\frac{\sigma_d}{m} \approx \frac{10^{-23 \div 27}}{m} \text{ см}^2 \text{ г}^{-1}.$$

Масса подходящих для образования частиц должна лежать в диапазоне: $1 \div 1000$ ГэВ

Заключение

В работе исследовалась возможность образования структуры из диссипативной самовзаимодействующей скрытой массы.

1. Была проведен литературный обзор по темам связанным с проблемой
2. Проведена простая оценка на массы $SIDM$, самовзаимодействие которых схоже с сильным взаимодействием

В дальнейшем необходимо найти диапазоны параметров, при которых возможно образование структуры из барионов и сравнить их с ограничениями на параметры скрытой массы, полученные из наблюдений

Спасибо за внимание!

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Density Profiles and Substructure of Dark Matter Halos: Converging Results at Ultra-High Numerical Resolution / S. Ghigna [et. al] // The Astrophysical Journal.
2. Spergel D. N., Steinhardt P. J. Observational Evidence for Self-Interacting Cold Dark Matter // Phys. Rev. Lett.
3. Self-interacting dark matter / B. D. Wandelt [et. al] // 4th International Symposium on Sources and Detection of Dark Matter in the Universe (DM 2000)
4. Thin, thick and dark discs in LSDM / J. Read [et. al] // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.
5. Signatures of the Milky Way's Dark Disk in Current and Future Experiments / T. Bruch [et. al].
6. Randall L., Scholtz J. Dissipative dark matter and the Andromeda plane of satellites // Journal of Cosmology and Astroparticle Physics.
7. Dissipative dark matter on FIRE-I. Structural and kinematic properties of dwarf galaxies / X. Shen [et. al] // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.
8. The Signatures of Self-Interacting Dark Matter and Subhalo Disruption on Cluster Substructure / S. Bhattacharyya [et. al].
9. Shandarin S., Doroshkevich A., Zel'dovich Y. The large-scale structure of the universe // Uspekhi Fizicheskikh Nauk..
10. Springel V., Frenk C., White S. The large-scale structure of the Universe // Nature. 2006.