



КОСМОМИКРОФИЗИКА

Авторы: М. Ю. Хлопов

КОСМОМИКРОФИЗИКА, раздел теоретич. физики, изучающий основы микро- и макромира и их фундам. взаимосвязь, проявляющуюся в комплексном сочетании микрофизич., астрофизич. и космологич. эффектов. Появление К. в кон. 20 в. – закономерный этап развития [КОСМОЛОГИИ](#) и физики элементарных частиц. При макроскопич. описании физич. процессов и явлений используются феноменологич. параметры, физич. природа и значение которых определяются микроскопич. теорией. Развитие моделей теории элементарных частиц и возникновение представлений о новых формах материи, необходимых для самосогласованного описания совокупности наблюдаемых явлений во Вселенной, вывели взаимосвязь проблем микро- и макромира на новый уровень, на котором они сливаются, образуя новое качество.

Взаимосвязь физики микромира с космологией становится необходимой опорой развития и теории микромира, и совр. космологии. Открытие в 1965 теплового фонового электромагнитного излучения (реликтового излучения) подтвердило модель расширяющейся Вселенной. Темп-ра этого излучения и его плотность энергии в совр. эпоху малы, но, прослеживая в прошлое закон расширения, мы приходим к начальной картине плотного и горячего состояния вещества с доминирующей плотностью энергии излучения.

Для обоснования этих начальных условий космология обращается к предсказаниям теории элементарных частиц и на их основе выдвигает [инфляционную модель Вселенной](#), которая объясняет причины расширения, однородность наблюдаемой части Вселенной и природу малых начальных неоднородностей, приводящих к образованию совр. [крупномасштабной структуры Вселенной](#).

Существование доминирующей тёмной энергии, однородно распределённой в совр. Вселенной, указание на ускоренный характер совр. расширения находят объяснение в

моделях ненулевой энергии физич. вакуума. Тем самым основы совр. космологии и совр. теории микромира сливаются, фундамент микро- и макромира оказывается единым. Изучение этого единого фундамента во всём многообразии его проявлений и является предметом космомикрoфизики.

Для единого описания структуры микро- и макромира К. сочетает теоретич. исследования, вычислит. эксперимент и все возможные способы получения косвенной информации в лабораторных экспериментах и астрономич. наблюдениях. Осн. принципы К. предполагают, что такое единое описание существует (принцип существования) и определяет взаимное соответствие астрофизич., космологич. и микрофизич. проявлений (принцип соответствия), которые обеспечивают полноту описания структуры микромира и Вселенной и его проверки (принцип полноты). Суть этих принципов в том, что теория микромира должна не только объяснять наблюдаемые свойства известных частиц, но и физически обосновывать элементы совр. теории Вселенной – экспоненциальное расширение, бариосинтез, скрытую массу и тёмную энергию. Кроме того, модели теории микромира предсказывают дополнительные астрофизич., космологич. и микрофизич. эффекты, поиск которых обеспечит всестороннюю проверку моделей.

Одно из направлений исследования связано с анализом допустимых эффектов в астрофизич. данных, обнаружить которые можно, изучая космологич. следствия теории элементарных частиц, связанные с фундам. структурой теории микромира. Так, появление новых симметрий в теории приводит к новым зарядам и их законам сохранения, обеспечивающим стабильность самых лёгких частиц, обладающих этими новыми зарядами. Именно наличием таких новых симметрий объясняется стабильность кандидатов в частицы скрытой массы Вселенной – аксионов, нейтралино в моделях суперсимметрии и др. слабодействующих массивных частиц. Механизмы нарушения симметрии микромира определяют фазовые переходы в ранней Вселенной, в которых возможно образование топологич. дефектов – магнитных монополей в моделях [Великого объединения](#), космич. нитей или стенок. Обусловленная моделями элементарных частиц неоднородность очень ранней Вселенной ведёт к образованию первичных чёрных дыр, а неоднородности бариосинтеза – к образованию доменов антивещества во Вселенной, в которой в

целом преобладает вещество. К. анализирует возможное влияние этих эффектов на образование лёгких элементов в ранней Вселенной, формирование спектра реликтового излучения, образование нетеплового электромагнитного и нейтринного фона, космич. лучей и, сопоставляя такое влияние с астрофизич. данными, налагает ограничение как на сами эффекты, так и на параметры очень ранней Вселенной и моделей элементарных частиц. В таком анализе выявляется необходимость целенаправленных эксперим. исследований. Так, эксперим. исследование взаимодействия антипротонов с ядрами гелия на установке LEAR в ЦЕРНе в 1980-х гг. было проведено, чтобы связать параметры гипотетич. источников аннигиляции антипротонов во Вселенной после космологич. нуклеосинтеза с астрофизич. данными об обилии лёгких элементов. Результаты эксперимента позволили наложить жёсткое ограничение на параметры гравитино и локальные суперсимметричные модели, определяющие эти параметры.

Наряду с прямым поиском частиц скрытой массы в подземных лабораториях, К. использует методы их косвенного изучения в поиске эффектов аннигиляции этих частиц в Галактике в потоках космич. позитронов, антипротонов и гамма-фона, а также в нейтринных потоках от их аннигиляции в недрах Земли и Солнца. Фиксируя необходимые свойства частиц скрытой массы, К. налагает ограничения на параметры модели, которая их предсказывает. Так, в рамках моделей суперсимметрии конкретизация параметров суперсимметричных частиц скрытой массы (в частности нейтралино) используется для эффективного поиска др. суперсимметричных частиц на ускорителях.

К. (в зарубежной лит-ре употребляются названия «физика астрочастиц» и «астрофизика частиц») – приоритетное направление фундам. исследований во всём мире. Прогрессу К. способствует повышение точности астрономич. измерений космологич. параметров (прецизионная космология), развитие методов численного моделирования структуры и эволюции астрофизич. объектов, создание новых детекторов нейтрино и мюонов сверхвысоких энергий. Эти детекторы используют объёмы воды озёр, морей и океанов или льда Антарктиды, достигающие кубич. километров, в качестве своего рабочего материала. Проводятся наземные

эксперименты с космич. лучами сверхвысоких энергий, охватывающие системой детекторов многокилометровые площади поверхности Земли, прецизионные эксперименты в подземных лабораториях по поиску частиц скрытой массы и таких редких процессов, как распад протона или двойной безнейтринный бета-распад. Развитию К. способствуют разработка и создание детекторов гравитац. волн, поиск эффектов К. на ускорителях (в т. ч. на большом адронном коллайдере в ЦЕРНе).

Литература

Лит.: Зельдович Я. Б., Новиков И. Д. Строение и эволюция Вселенной. М., 1975; Зельдович Я. Б., Хлопов М. Ю. Масса нейтрино в физике элементарных частиц и космологии ранней Вселенной // Успехи физических наук. 1981. Т. 135. № 9; Сахаров А. Д. Космомикрофизика – международная наука // Вестник АН СССР. 1989. № 4; Хлопов М. Ю. Основы космомикрофизики. М., 2004.