

Сразу после взрыва

Российские ученые Вячеслав Муханов, Алексей Старобинский и Рашид Сюняев удостоены медали Дирака за исследование событий в самом начале существования Вселенной

8 августа объявлены имена лауреатов медали Дирака за 2019 год: это Вячеслав Муханов, Рашид Сюняев и Алексей Старобинский. Первые два физика работают в Германии: Муханов — в Мюнхенском университете имени Людвиг-Максимилиана, Сюняев — в Институте астрофизики имени Макса Планка. Алексей Старобинский работает в России, в Институте теоретической физики имени Ландау.

По официальной формулировке, лауреаты удостоились медали за выдающийся вклад в физику реликтового микроволнового излучения, экспериментальные исследования которого помогли превратить космологию в точную научную дисциплину путем сочетания физики микромира с исследованиями крупномасштабной структуры Вселенной.

Впрочем, лауреаты занимались не только собственно реликтовым излучением, но и космологией как таковой, в частности, внесли выдающийся вклад в теорию космологической инфляции.


Космология — наука о происхождении и эволюции Вселенной: как она родилась, что с нею происходило и каково ее будущее. Люди, далёкие от науки, обычно считают, что до Большого взрыва не было ничего. Но правильнее сказать, что до Большого взрыва (13,8 млрд лет назад) во Вселенной не было ничего похожего на нынешний мир — в частности, ни одного электрона или тем более атома. Но были время, пространство, энергия и физические поля. Какой именно была Вселенная до Большого взрыва — есть разные теории. Самая популярная — как раз теория космологической инфляции. Любое поле испытывает квантовые флуктуации, то есть самопроизвольные возмущения. Даже если в среднем энергия этого поля была равна нулю, на деле она колеблется около среднего значения. Однажды из-за таких флуктуаций началось взрывное расширение пространства. Примерно за 10^{-35} секунды его объем увеличился в 10^{30} – 10^{80} раз.

Эта расширившаяся область пространства, согласно теории, и есть вся наблюдаемая Вселенная. Стадия взрывного расширения называется космологической инфляцией. Начало расширения — Большой взрыв. Этот сценарий кажется экзотическим. Но он помог космологу ответить на многие проклятые вопросы. Например, стало понятно, почему Вселенная удивительно однородна. Теория инфляции объясняет это очень просто: наблюдаемое пространство было раздуто из одной небольшой области. Но будь Вселенная полностью однородной, в ней не образовались бы галактики, звезды, планеты и люди.


Необходимо, чтобы в определенных точках вещества изначально было чуть больше, чем в других. Гравитация довершит остальное: такой первичный комок (затравочная неоднородность, как говорят ученые) будет своим притяжением стягивать на себя все новые массы вещества, и в конце концов на этом месте возникнет галактика.

Теория инфляции объясняет, и откуда взялись затравочные неоднородности. Это квантовые флуктуации


ICTP DIRAC MEDAL 2019
 Congratulations to:




VIATCHESLAV MUKHANOV
 Ludwig Maximilian University of Munich



ALEXEI STAROBINSKY
 Landau Institute for Theoretical Physics



RASHID SUNYAEV
 Max Planck Institute for Astrophysics


 The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics
 IAEA

плотности, изначально скромные, но в период инфляции раздутые в буквальном смысле до космических размеров.

Именно Алексей Старобинский первым (в 1979 году) опубликовал детальную модель космологической инфляции. Хотя есть много разных моделей этого процесса, вариант Старобинского по сей день считается экспертами одним из самых перспективных. Вячеслав Муханов в соавторстве с Геннадием Чибисовым (умершим в 2008 году) в 1981 году дал происхождению затравочных неоднородностей объяснение, о котором мы говорили выше. Кроме того, Муханов в 1985 году предложил математический аппарат, описывающий возникновение таких неоднородностей в разных моделях инфляции. Чтобы перейти к заслугам следующего лауреата, нам нужно рассказать о реликтовом излучении.

Когда инфляционная стадия закончилась, новорожденное вещество было очень горячим, гораздо горячее, чем что бы то ни было в нынешнем мире. Но Вселенная продолжала (и продолжает) расширяться, хотя и гораздо медленнее, чем во время инфляции. Энергия распределялась по все большему пространству, поэтому средняя температура вещества падала. После ряда превращений материя приняла ту форму, какую имеет сегодня. Спустя несколько десятков минут после Большого взрыва образовались первые атомные ядра, а спустя примерно 300 тыс. лет электроны и ядра стали собираться в атомы.

Горячая материя испускала электромагнитное излучение — подобно тому, как светится раскаленная кочерга. До образования первых атомов это излучение тут же поглощалось материей, испускалось вновь и так далее. Когда возникли атомы, вещество стало более прозрачным. С тех пор это излучение путешествует по космосу, практически не поглощаясь. Его называют реликтовым, оно в целом очень равномерно рас-

пределено по пространству. Но и в нем присутствуют небольшие неоднородности. Некоторые из них вызваны квантовыми флуктуациями, «раздутыми» на стадии инфляции. Есть и другие виды неоднородностей, в частности, акустические пики — они порождены звуковыми волнами в раскаленной материи, испускавшей излучение. Рашид Сюняев и Яков Зельдович (умер в 1987 году) предсказали их существование в 1970 году, за десятилетия до открытия наблюдателями.

Сюняев изучал эпоху образования первых атомов и так называемую поверхность последнего рассеяния. Это область, где реликтовое излучение в последний раз испытало рассеяние на веществе. Наконец, Сюняев и Зельдович открыли эффект, названный их именами. Он заключается в воздействии электронов межзвездного и межгалактического вещества на реликтовое излучение. Это явление позволяет ученым измерять размеры скопленных галактик.

АНАТОЛИЙ ГЛЯНЦЕВ

ТЕОРИЯ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА

Теория Большого взрыва, или Стандартная космологическая модель: 13,8 млрд лет назад все вещество было очень плотным и очень горячим, оно остывало и принимало нынешние формы по мере расширения Вселенной. У этой теории огромное количество наблюдательных подтверждений: реликтовое излучение, разбегание галактик, химический состав звезд и многое другое.