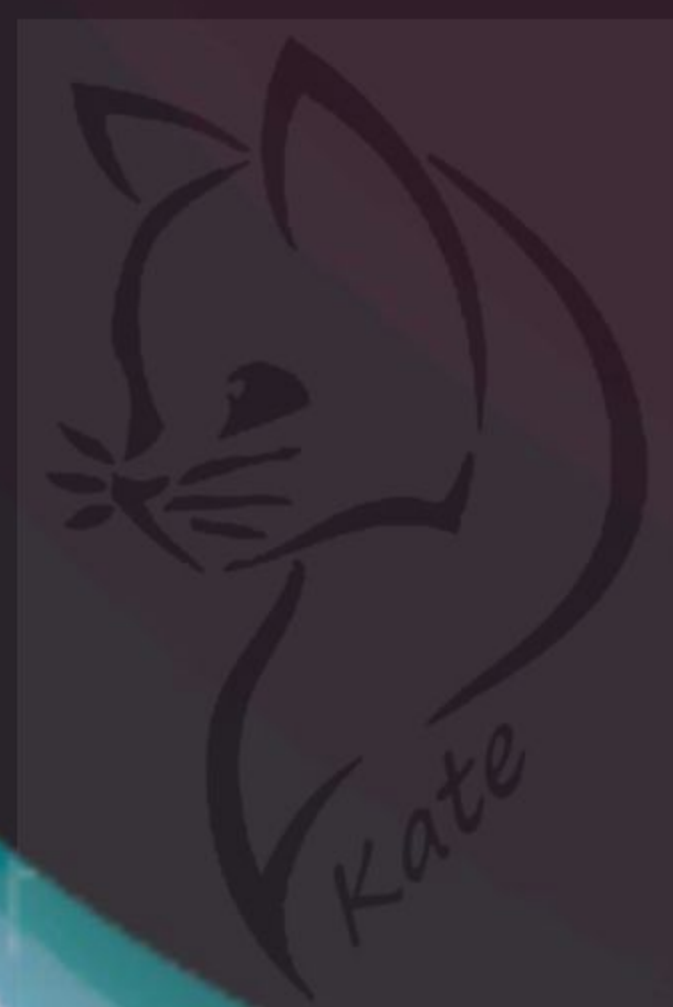


ФИЗИКА

КОСМОЛОГИЯ

ТЕМНЫЙ



Д

ля того чтобы знать, что нечто существует, видеть его необязательно. Так когда-то по гравитационному влиянию на движение Урана были открыты Нептун и Плутон, а сегодня ведется поиск гипотетической Планеты Икс на дальних окраинах Солнечной системы. Но как быть, если такое влияние мы обнаруживаем повсюду во Вселенной? Взять хотя бы галактики. Казалось бы, если галактический диск вращается, то скорость звезд должна уменьшаться с ростом орбиты. Именно так, например, обстоит дело с планетами Солнечной системы: Земля несется вокруг Солнца на 29,8 км/с,

а Плутон – на 4,7 км/с. Однако уже в 1930-х наблюдения за туманностью Андромеды показали, что скорость вращения ее звезд остается почти постоянной, как бы далеко на периферии они ни находились. Такая ситуация типична для галактик, и в числе других причин она привела к появлению концепции темной материи.

КАРНАВАЛ ПРОБЛЕМ

Считается, что напрямую мы ее не видим: это загадочное вещество практически не взаимодействует с обычными частицами, в том числе не испускает и не поглощает фотоны, – но можем заметить по гравитационному влиянию на другие тела. Наблюдения за движениями звезд и облаков газа

КАРНАВАЛ



ЧЕМ ДОЛЬШЕ ОСТАЕТСЯ НЕРЕШЕННОЙ ЗАГАДКА ТЕМНОЙ МАТЕРИИ, ТЕМ БОЛЬШЕ ПОЯВЛЯЕТСЯ ЭКЗОТИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ О ЕЕ ПРИРОДЕ, ВКЛЮЧАЯ НОВЕЙШУЮ ИДЕЮ О НАСЛЕДОВАНИИ ГИГАНТСКИХ ЧЕРНЫХ ДЫР У ПРЕДЫДУЩЕЙ ВСЕЛЕННОЙ.

позволяют составлять детальные карты гало темной материи, окружающей диск Млечного Пути, говорить о важной роли, которую она играет в эволюции галактик, скоплений и всей крупномасштабной структуры Вселенной. Однако дальше начинаются трудности. Чем является эта таинственная темная материя? Из чего состоит и какими свойствами обладают ее частицы?

Главными кандидатами на эту роль уже многие годы остаются вимпы – гипотетические частицы, неспособные участвовать ни в каких взаимодействиях, кроме гравитационного. Обнаружить их пытаются как косвенно, по продуктам редких взаимодействий с обычной материей, так и напрямую, с помощью мощнейших инструментов, включая

Большой адронный коллайдер. Увы, в обоих случаях результатов нет.

«Вариант, при котором БАК найдет только бозон Хиггса и ничего больше, недаром назвали "кошмарным сценарием", – говорит профессор Франкфуртского университета Сабина Хоссенфельдер. – То, что признаков новой физики не обнаружилось, служит мне однозначным сигналом: что-то тут неправильно». Уловили этот сигнал и другие ученые. После опубликования отрицательных результатов поисков следов темной материи с помощью БАК и других инструментов интерес к альтернативным гипотезам о ее природе явно растет. И некоторые из этих решений выглядят даже экзотичнее бразильского карнавала.

МИРИАДЫ ДЫР

Что, если вимпов не существует? Если темная материя – это вещество, которое мы не можем увидеть, но видим эффекты его гравитации, то, быть может, это просто черные дыры? Теоретически на самых ранних этапах эволюции Вселенной они могли образоваться в огромном количестве – не из погибших звезд-гигантов, а в результате коллапса сверхплотной и горячей материи, заполнявшей раскаленный космос. Одна беда: до сих пор не удалось найти ни одной первичной черной дыры, и достоверно неизвестно, существовали ли они когда-нибудь вообще. Впрочем, во Вселенной достаточно и других черных дыр, подходящих на эту роль.

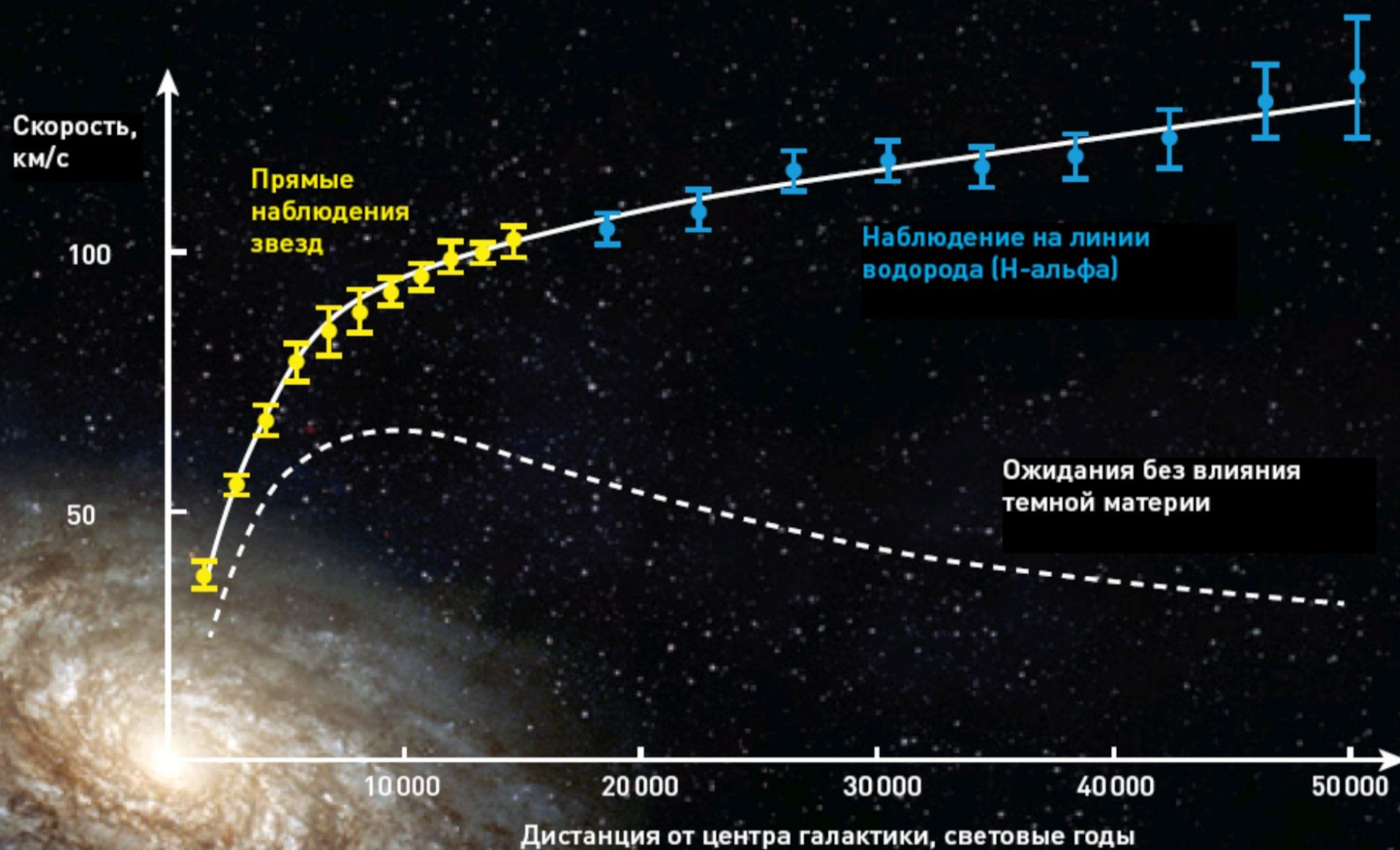
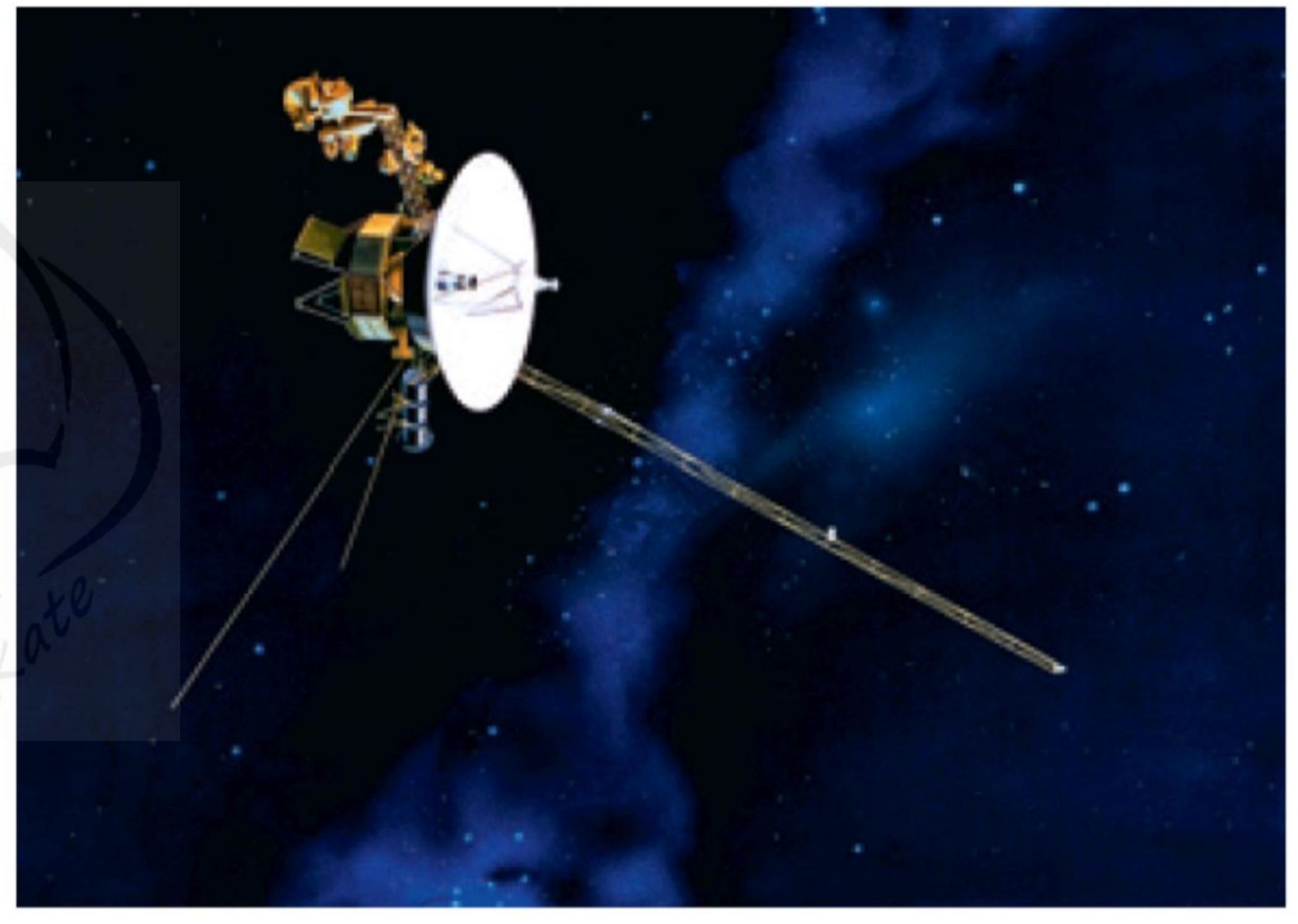
Начиная с 2015 года интерферометр LIGO зарегистрировал уже 11 гравитационных волн, и 10 из них были вызваны слияниями пар черных дыр массами в десятки масс Солнца. Само по себе это крайне неожиданно, ведь подобные объекты образуются в результате взрывов сверхновых, и погибшая звезда теряет при этом большую часть своей массы. Получается,

что предшественниками слившихся дыр были звезды действительно циклопических размеров, какие уже давно не должны рождаться во Вселенной. Другую проблему создает образование ими двойных систем. Взрыв сверхновой – событие настолько мощное, что любой близкий объект будет выброшен далеко прочь. Иными словами, LIGO зарегистрировал гравитационные волны от объектов, появление которых остается загадкой.

В конце 2018 года к таким объектам обратились астрофизик Гринвичского научно-технологического института Николай Горькавый и нобелевский лауреат Джон Мазер. Их расчеты показали, что черные дыры массами в десятки масс Солнца вполне могли бы сложить галактическое гало, которое останется практически невидимым для наблюдений и при этом создаст все

ЗОНД VOYAGER 1

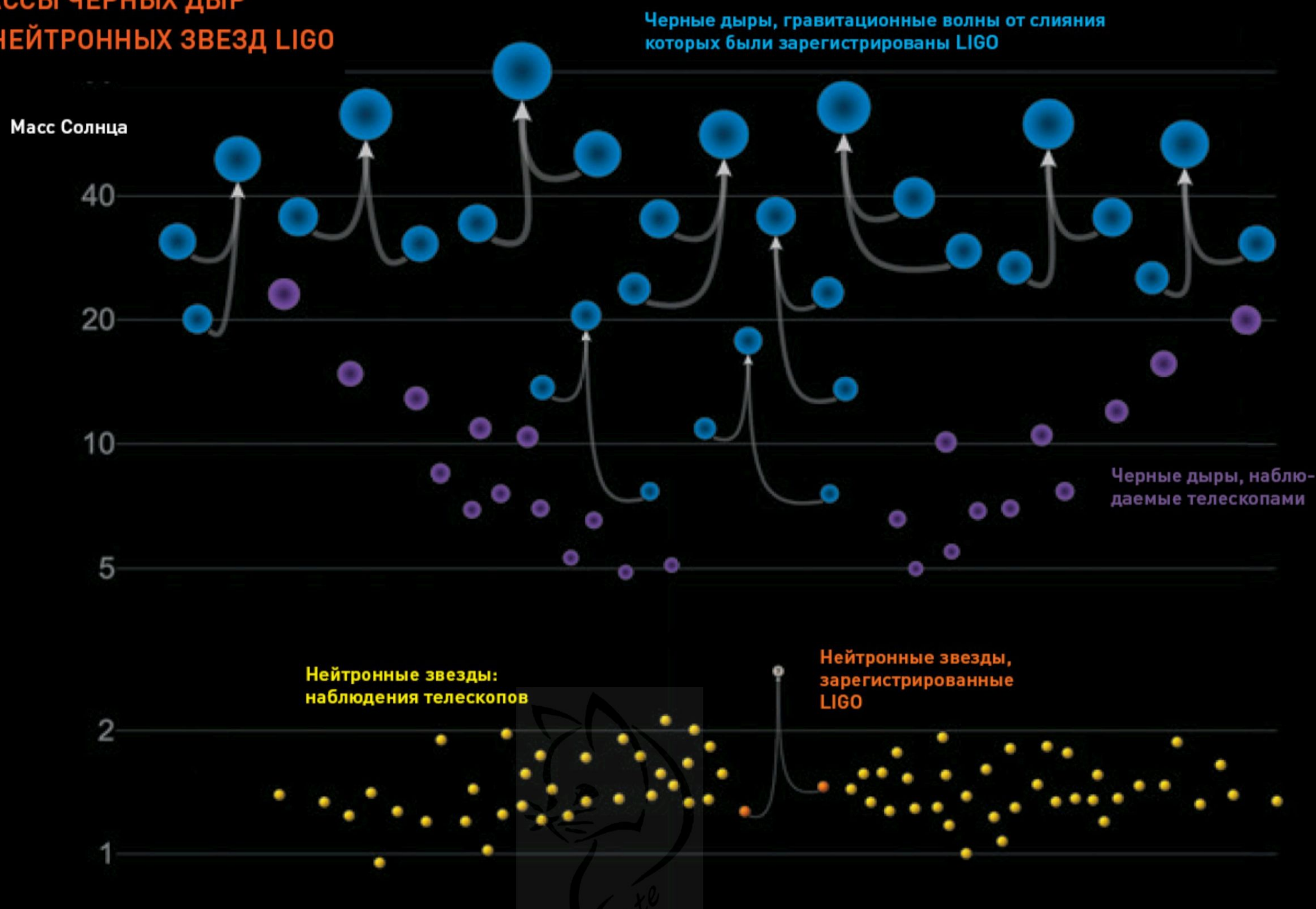
Наблюдения дальнего космического зонда Voyager 1 не обнаружили никаких следов хокинговского излучения, которое могло бы свидетельствовать о появлении первичных черных дыр микроскопического размера. Впрочем, это еще не исключает существования более крупных подобных объектов.



СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЗВЕЗД В ЦЕНТРЕ И НА ПЕРИФЕРИИ ГАЛАКТИКИ

Сплошной линией показана реальная орбитальная скорость звезд и газа, вращающихся вокруг центра галактики; пунктирной – ожидаемая при отсутствии влияния темной материи.

МАССЫ ЧЕРНЫХ ДЫР И НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗД LIGO



характерные аномалии в строении и движении галактик. Казалось бы, откуда на далекой периферии галактики взяться нужному количеству таких больших черных дыр? Ведь подавляющее большинство массивных звезд рождается и гибнет ближе к центру. Ответ Горькавый и Мазер дают почти невероятный: эти черные дыры не «взялись», они в определенном смысле существовали всегда, с самого начала Вселенной. Это остатки предыдущего цикла в бесконечной череде расширений и сжатий мира.

РЕЛИКТЫ ПЕРЕРОЖДЕНИЙ

Вообще, Большой отскок – модель в космологии не новая, хотя и недоказанная, существующая наравне со множеством других гипотез эволюции космоса. Возможно, что в жизни мироздания периоды расширения действительно сменяются сжатием, «Большим схлопыванием» – и новым отскоком-взрывом, рождением мира следующего поколения. Однако в новой модели этими циклами дирижируют черные дыры, выступая в роли и темной материи, и темной энергии – таинственной субстанции

или силы, вызывающей ускоренное расширение нашей Вселенной.

Предполагается, что, поглощая вещество и сливаясь друг с другом, черные дыры могут накапливать все большую часть от общей массы Вселенной. Это должно приводить к замедлению ее расширения и затем к сжатию. С другой стороны, при слиянии черных дыр значительная часть их массы теряется с энергией гравитационных волн. Поэтому образующаяся в результате дыра будет легче суммы своих бывших слагаемых (например, первая зарегистрированная LIGO гравитационная волна родилась при слиянии черных дыр массами 36 и 29 солнечных с образованием дыры массой «всего лишь» 62 солнечных). Так может терять массу и Вселенная, сжимаясь и заполняясь все более крупными черными дырами, включая одну самую большую – центральную.

Наконец, после долгой череды слияний черных дыр, когда значительная часть массы Вселенной «утечет» в виде гравитационных волн, она начнет разлетаться во все стороны. Со стороны это будет похоже на взрыв – Большой взрыв. В отличие от классической картины



НИКОЛАЙ ГОРЬКАВЫЙ

ДОКТОР ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК, ЛАУРЕАТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРЕМИИ СССР, ДИРЕКТОР ГРИНВИЧСКОГО НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА (GIST)

«Вселенная полна черных дыр, при слиянии сбрасывающих массу в гравитационные волны. Их множественные слияния и быстрое уменьшение массы в момент сжатия Вселенной легко объясняют сильную "антигравитацию" Большого взрыва. А долговременный рост с поглощением гравитационных волн и их обратным превращением в массу объясняет относительно слабую "гипергравитацию" и ускоренное расширение современной Вселенной. Такая модель базируется только на общей теории относительности, свободна от введения любых "темных сущностей" и предсказывает весь спектр черных дыр, от звездных масс до сверхмассивных. Проверить ее помогут новые наблюдения LIGO».

Большого отскока, полного уничтожения предыдущего мира в такой модели не происходит, а новая Вселенная напрямую наследует некоторые объекты у материнской. Прежде всего это все те же черные дыры, готовые снова сыграть в ней обе главные роли – и темной материи, и темной энергии.

ВЕЛИКАЯ ПРАМАТЕРЬ

Итак, в этой необычной картине темной материей оказываются крупные черные дыры, передающиеся по наследству от Вселенной к Вселенной. Но нельзя забывать и о «центральной» черной дыре, которая должна формироваться в каждом таком мире накануне его гибели и сохраняться в следующем. Расчеты астрофизиков показали, что ее масса в нашем сегодняшнем космосе может достигать невероятных 6×10^{51} кг, 1/20 от массы всей барионной материи, – и непрерывно увеличиваться. Ее рост может приводить ко все более быстрому растяжению пространства-времени и проявляться как ускоряющееся расширение Вселенной. Конечно, присутствие такой циклопической массы должно приводить к появлению заметных неоднородностей в крупномасштабной структуре Вселенной. Кандидат на такую неоднородность уже имеется – астрономическая Ось зла. Это сравнительно слабые, но весьма тревожные признаки анизотропии Вселенной – структурированности, которая проявляется в ней на самых больших масштабах и никак не согласуется с классическими взглядами на Большой взрыв и все, происходившее после него.

Попутно экзотическая гипотеза решает и еще одну астрономическую загадку – проблему неожиданного раннего появления сверхмассивных черных дыр. Такие объекты расположены в центрах крупных галактик и неизвестным пока способом успели набрать массу в миллионы и даже миллиарды масс Солнца уже в первые 1–2 млрд лет существования Вселенной. Неясно, где они могли бы в принципе найти столько вещества и тем более когда могли бы успеть его поглотить. Но в рамках идеи с «наследуемыми» черными дырами эти вопросы снимаются, ведь зародыши их могли достаться нам еще от прошлой Вселенной.

Жаль, что экстравагантная гипотеза Горькавого пока всего лишь гипотеза. Чтобы она стала полноценной теорией, нужно, чтобы ее предсказания совпали с данными наблюдений – причем с такими, которые невозможно объяснить традиционными моделями. Конечно, будущие исследования позволят сверить фантастические выкладки с реальной действительностью, но случится это явно не в ближайшее время. Поэтому пока вопросы о том, где скрывается темная материя и что такое темная энергия, остаются без ответа.