

**С давних пор наиболее любознательные из людей часто и подолгу смотрели на небо, пытаясь понять, что же там происходит: почему яркое и жаркое Солнце сменяется холодной Луной, что за огоньки мерцают в темной глубине ночного неба?**

Благодаря развитию науки, особенно такой ее области, как астрономия, человечество постепенно стало узнавать ответы на эти вопросы. Особенно много мы узнали, начиная со 2-й половины XX века, когда из притяжения земной атмосферы вырвались ракеты, выводящие на орбиту различное научное оборудование. О том, что нам известно о Вселенной сейчас, и о том, какие открытия ждут человечество впереди, рассказал 8 февраля, в День российской науки завкафедрой астрономии и космической геодезии Института физики КФУ, заведующий лабораторией «Рентгеновская астрономия» Ильфан Бикмаев. В своей [лекции](#) он упомянул о многих интересных явлениях, происходящих во Вселенной. Сегодня И.Бикмаев рассказывает о них читателям «Казанского университета», и начинается разговор, разумеется, с самого таинственного.

**– Ильфан Фяритович, так что же такое эта загадочная «темная материя»? Что о ней известно астрономам?**

– Наиболее вероятно, что это совокупность космических объектов, которые нельзя наблюдать современными средствами, но можно выявить по их гравитационному воздействию на видимые объекты. А вообще, это фундаментальная проблема современной астрофизики. Никто не знает, в какой форме существует «темная материя» – понятно только, что она имеет массу, так как взаимодействует с видимым веществом через гравитацию. Но что это – микроскопические элементарные частицы или объекты под названием «коричневые карлики» (промежуточные по массе между звездами и планетами объекты) – пока неизвестно. Возможно, в природе реализуются как оба этих варианта, так и какие-то другие проявления.

Отмечу, что за последние два десятилетия астрономы нашли в нашей галактике, причем, недалеко от Солнца, уже десятки и

сотни коричневых карликов. Но в далеком космосе их сложно обнаружить из-за очень малой светимости. Поэтому вклад коричневых карликов в решение проблемы скрытой массы пока не определен, но в ряде теорий рассматривается вариант, что именно они создают эффект скрытой массы в областях пространства, окружающих галактики (такие области называют «галактическими гало»). В центрах скоплений галактик еще 50 лет назад первыми рентгеновскими наблюдениями был обнаружен дополнительный компонент – горячий газ, масса которого сравнима с суммарной массой галактик скопления. Но и этой массы недостаточно, чтобы объяснить появление скоплений галактик – возможно, что, предложивший еще 80 лет назад теорию скрытой массы астроном Фриц Цвикки был прав, считая, что масса «темной материи» во много раз превышает массу всех наблюдаемых объектов. Поэтому поиск вариантов проявления темной материи – актуальная проблема современной астрофизики и рентгеновская астрономия с оптической поддержкой должна сыграть здесь главную роль.

**– А чем, кроме массы, упомянутые Вами в лекции активные ядра галактик – сверхмассивные черные дыры – отличаются от обычных?**

– Разница только в масштабе. Поэтому сверхмассивные черные дыры, благодаря их мощному излучению, мы можем обнаружить на очень больших расстояниях. Не случайно их иногда образно называют «Маяками Вселенной» – вы можете не видеть какую-нибудь далекую галактику, но, если в ее центре есть такой объект, дающий больше излучения, чем вся окружающая его галактика – мимо наблюдателя он не проскользнет. Сами эти галактики тоже интересны для изучения: до сих пор неясно – это отдельный тип объектов (они составляют примерно 10% от общего числа наблюдаемых галактик) или нет? Появились они такими или все галактики в течение своей жизни проходят период обладания активным ядром? Кстати, в центре нашей Галактики тоже есть черная дыра в 4 миллиона раз массивнее Солнца. Правда, у нее нет аккреционного диска – ее обнаружили по наблюдениям на 8- и 10-метровых телескопах по движению звезд, которые вращаются по

эллиптическим орбитам вокруг черной дыры, не падая на нее. Зная массу, период обращения и радиус орбит этих звезд, можно вычислить, что там за масса засела, если ее гравитационного поля хватает, чтобы так играть со звездами?

**– А что эти исследования дают ученым?**

– Активные ядра галактик излучают в рентгеновском диапазоне. Поэтому их массовые обнаружения с помощью, например, обсерватории «Спектр-Рентген-Гамма» позволят исследовать не единичные объекты, а, как говорят астрофизики, статистически значимые выборки – в каких направлениях подобных объектов больше, в каких – меньше, как они группируются, связаны ли они со скоплениями галактик или живут сами по себе. Кроме того, комплексные наблюдения одних и тех же объектов в рентгеновском, оптическом и других диапазонах дают возможность посмотреть, как природа превращает один тип энергии или вещества – в другой. Возьмем, например, аккреционный диск черной дыры: в нем происходит сложное преобразование кинетической энергии падающего вещества в излучение, в нем огромная разница температур и плотностей его содержимого. Но, несмотря на это, он не разрушается и существует относительно долго.

**– Следующий вопрос – из области фантастики: во Вселенной происходит превращение одного вида энергии или материи в другой... Возможно ли, пусть даже в отдаленном будущем, какое-то практическое применение подобных процессов в земных масштабах? Ядерная энергетика, например...**

– Главная задача астрофизиков-экспериментаторов – зарегистрировать проявления этих процессов путем наблюдений с помощью телескопов, а затем понять их физические механизмы. Задача теоретиков – рассчитать, как эти процессы проходят, то есть создать их физико-математические и компьютерные модели. Например, в недрах звезд происходят ядерные реакции, например, в центре Солнца при температуре 16 миллионов градусов водород превращается в гелий. Но Солнце – небольшая звезда, в таких

образуются только несколько первых, самых легких, элементов таблицы Менделеева. А ведь их намного больше – где они были произведены, особенно, тяжелые, превосходящие плотностью железо? Ученые выяснили это – они, главным образом, образованы во время вспышек сверхновых.

**– Поясните, пожалуйста, как это происходит?**

– В каждой звезде существуют 2 противодействующие силы: пытающаяся ее сжать гравитация и сопротивляющееся ей давление испускаемого звездой излучения. Пока в звезде идут стационарные процессы, пока в ней есть ядерное топливо – она будет находиться в равновесии. Например, через 5 миллиардов лет в центре Солнца закончится водород и реакция его превращения в гелий завершится. Далее должно быть превращение гелия в углерод, но для него нужны гораздо более высокие температура и плотность. Они достижимы в случае сжатия звезды, а это произойдет, если гравитация окажется сильнее излучения. А она окажется – ведь прежних ядерных реакций превращения водорода в гелий уже нет. Подобные стационарные и нестационарные фазы переживают все звезды. Особенно разнообразна эволюция массивных звезд: в их недрах образуются элементы тяжелее гелия и углерода – до того момента, пока в центре звезды не образуется железное ядро. А вот для получения более тяжелых элементов нужны сверхвысокие температуры и плотности.

**– Ильфан Фяритович, и как они образуются?**

– В конце эволюции массивной звезды гравитация почти мгновенно ее сжимает, отчего происходят коллапс и взрыв – вспышка Сверхновой 2-го типа. В момент взрыва, длящегося 10-100 секунд, почти мгновенно происходит цепь реакций ядерного синтеза, приводящая к образованию почти всех элементов таблицы Менделеева. Затем, в результате расширения оболочки звезды при взрыве, они разлетаются на большие расстояния, остывают и обогащают межзвездный газ и пыль. Те, в свою очередь, будут попадать в состав зарождающихся звезд.

Вот здесь можно сказать о практике: наблюдение этих процессов ценно для занимающихся ядерным синтезом ученых. Они пока не могут получить в лабораторных условиях стационарно текущие реакции, при которых производилась бы необходимая нам энергия. Пока получаются только неустойчивые реакции в виде микровзрывов, а звезды как-то умудряются организовать процесс стационарным образом – в их недрах ядерные реакции стабильно идут миллиарды лет, а производимое ими давление излучения уравнивается гравитацией. А энергия ядерных реакций выводится с помощью известных физических эффектов – конвекции и излучения. Кроме того, провести ядерную реакцию в виде лабораторного взрыва помощнее невозможно – это грозит разрушением лабораторных ядерных установок. А речь идет о работе с самым легким элементом – водородом...

**– А если подобная лаборатория будет действовать в более естественной для таких реакций среде – в космосе?**

– Зачем это нужно, если космос сам по себе – комплекс лабораторий, в которых эти явления (в огромных масштабах) происходят постоянно? Из-за того, что они происходят очень далеко, мы можем позволить себе спокойно их наблюдать, изучать, производить расчеты. А вот если мы попытаемся смоделировать, например, взрыв сверхновой недалеко от Солнца – для цивилизации это закончится печально. Поэтому сегодняшняя задача практического применения – увидеть и понять, как природа реализует процессы, а потом повторить это в «приземленных» масштабах. Это невероятно трудно технологически и технически: мы ведь должны научиться безопасно управлять очень большими объемами энергии. Поэтому нам нужно тщательно учиться у природы на примерах процессов, происходящих во Вселенной – просто внимательно наблюдать за ними и искать возможные способы применения в наших земных масштабах и условиях.

**– Ильфан Фяритович, и немного о проекте «Спектр-Рентген-Гамма»: получается, что скоро начнутся столь масштабные исследования, что их результаты могут пролить свет на очень**

## **многие процессы появления и развития Вселенной?**

– Видимо, да. «Спектр-Рентген-Гамма» будет сканировать в рентгеновском диапазоне все небо несколько лет подряд. Кроме того, ее чувствительность в десятки раз превышает характеристики предыдущих рентгеновских телескопов, поэтому приборы этой обсерватории будут способны регистрировать далекие или слабые объекты, а также более тонкие аспекты излучения уже известных объектов. У нас уже идут обсуждения планируемых обнаружений, которые будут сделаны обсерваторией «Спектр-Рентген-Гамма».

*Прим. авт.: в заголовок текста вынесена фотография скопления галактик в созвездии «Волосы Вероники», полученная на телескопе РТТ-150. А подробнее об участии астрономов КФУ в проекте «Спектр-Рентген-Гамма» можно прочитать [здесь](#).*

## **– Минуточку... Разве открытия можно запланировать?**

– Мы не можем сказать, какие объекты будут обнаружены и в каких областях неба – это, как раз, задача этой космической миссии. Но, зная технические возможности нового инструмента и обладая опытом работы с предыдущими, можно оценить общее количество потенциально обнаруживаемых новых рентгеновских источников. Мы ожидаем, что найдем около 100000 новых скоплений галактик и несколько миллионов галактик со сверхмассивными черными дырами. Кроме того, «Спектр-Рентген-Гамма» сможет обнаруживать и звезды нашей галактики, излучающие в рентгеновском диапазоне. Предполагается, что их будет найдено великое множество, что, в свою очередь, может привести к обнаружению какой-то новой, доселе неизвестной закономерности, а то и пролить свет на загадку «темной материи».

– Ильфан Фяритович, благодарю Вас за беседу и надеюсь, что все планы астрономов непременно сбудутся!

*Нет, начавшаяся в XV веке Эпоха великих географических открытий не завершилась через почти 300 лет. В ней просто*

**наступил длительный перерыв – до середины XX столетия, когда ученым уже стало тесно на Земле и они впервые шагнули в космос. За прошедшие, не столь уж долгие по меркам цивилизации, годы ими было узнано многое, но еще больший объем знаний о Вселенной еще только предстоит узнать. И замечательно, что в этом благородном, трудном, но очень важном деле активно участвуют достойные ученые любимого нами Казанского университета.**