

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В КВАЗАРАХ

© В.А. Мартынов

Martynov V.A. Power processes in quasars. An analysis of the basic models of quasars was carried out revealing that they do not explain super-power energetic processes in quasars. A model is proposed of a super-dense nucleus quasar and a novel mechanism of power processes in quasars which is based on the disintegration of hypothetical particles, maxims, on quarks with the allocation of the necessary amount of energy that allows explaining the experimentally established value of quasars' lightness.

ВВЕДЕНИЕ

Данное исследование основано на результатах, полученных ранее в моей работе «Вопросы взаимосвязи структуры и энергетики макро- и микромира: физические и философские аспекты» [1], применительно к энергетически сверхмощным объектам в нашей Вселенной.

Революция в средствах наблюдения за космосом породила революцию в астрономии. Открытие квазаров, ядер галактик, сверхзвезд, нейтронных звезд, сверхновых звезд и «черных дыр» – удивительных объектов нашей Вселенной – явилось, главным образом, благодаря созданию и использованию радиотелескопов в астрономических наблюдениях. В настоящее время можно достаточно уверенно утверждать, что астрономические объекты, расположенные во Вселенной, нам известны. Исключение составляют разве что «черные дыры», в открытии которых все еще остаются сомнения, хотя уже имеется ряд достаточно веских исследований, подтверждающих их существование, да наличие эффекта «скрытой массы» в галактиках и межгалактическом пространстве, свидетельствующего о дополнительной массе в галактиках неизвестного пока вещества. Если «черные дыры», вероятно, будут окончательно идентифицированы после обнаружения новых частиц, к примеру, гравитонов – переносчиков гравитационного взаимодействия, то установление природы «скрытой массы» будет скорее всего достигнуто после создания нейтринной астрономии, так как предполагается, что «скрытая масса» представлена главным образом нейтринным газом [2].

С одной стороны, благодаря революционным достижениям практической астрономии расширились наши представления об астрономических объектах, однако, с другой стороны, наметилось отставание в теоретических разработках моделей их функционирования и прежде всего энергетических процессов. Обилие новых фактов и необходимость нестандартных подходов для изучения протекающих в них процессов оказались непростой задачей для теории. При этом ряд исследователей были вынуждены признать недостаточность современных знаний для объяснения ряда выдающихся явлений космоса, другие пытались найти выход из кризиса (вспомним хотя бы гипотезу о Д-телах, пред-

ложенную В.А. Амбарцумяном). Однако и в настоящее время существующие теории квазаров и ядер галактик не могут претендовать на полноту описания этих объектов и носят в значительной мере гипотетический характер.

Наиболее трудной проблемой в теории квазаров и ядер галактик является проблема их энергетики. По-видимому, известные нам энергетические механизмы неприемлемы для объяснения протекающих в них энергетических процессов.

В связи с этим рассмотрим энергетический механизм, который, на наш взгляд, позволяет объяснить мощные энергетические процессы в квазарах. А прежде немного об истории открытия квазаров и разработанных концепциях, объясняющих их природу.

Открытие квазаров состоялось в 1963 году. Было установлено, что линии спектра объекта 3C273 имеют смещение $Z = 0,158$, и он удаляется от нас со скоростью около $4,8 \cdot 10^3$ км/с. В дальнейшем были открыты квазары, имеющие смещение $Z > 1$ и даже $Z > 2$. Было установлено, что квазары имеют переменный блеск: он меняется обычно в течение месяца, но иногда и в течение нескольких дней. Радиус квазаров порядка $3 \cdot 10^{15}$ см, что сопоставимо с размером солнечной системы, диаметр орбиты которой около 10^{15} см. Наиболее впечатляющей оказалась светимость квазаров L – около 10^{47} эрг/с. При столь малых размерах этих объектов, они, тем не менее, имеют светимость, превосходящую светимость нашей галактики в 1000 раз. Предположительно возраст квазаров T – порядка $10^7 - 10^8$ лет, а масса M – около $10^{40} - 10^{41}$ г, что в $10^7 - 10^8$ раз превосходит массу нашего Солнца [3–6].

МОДЕЛЬ СВЕРХЗВЕЗДЫ

Первоначально на объяснение физических процессов в квазарах претендовала модель сверхзвезды. И это было естественно. Предполагалось, что квазар – это гигантская сверхзвезда, в которой протекают те же термоядерные реакции, что и в обычных звездах типа нашего Солнца [7]. Светимость такой сверхзвезды определяется эддингтоновским пределом: $L = 1,3 \cdot 10^{38} (M / M_{\odot})$ эрг/с, где M – масса квазара, а M_{\odot} – масса звезды типа Солнца. Подставив в это выражение отношение $M / M_{\odot} = 10^9$, получим $L = 1,3 \cdot 10^{47}$ эрг/с, что

соответствует средней светимости квазаров. Однако сверхзвезда коллапсирует столь стремительно, что ядерные реакции не успевают включиться. Правда, эта ситуация характерна только для звезд с массой $M > 2 \cdot 10^5 M_{\odot}$. В этом случае они необратимо коллапсируют и превращаются в «черную дыру», когда ни одно излучение не способно вырваться из оков гравитации и покинуть его.

Одна из гипотез предполагает захват сверхзвездой звезд галактики. При этом в результате их торможения в сверхзвезде кинетическая энергия переходит в тепловую и выделяется огромная энергия. Работу сил торможения можно представить в виде следующего выражения:

$$W \sim \pi R_{\odot} \rho \theta = 10^{44} \text{ эрг/с,}$$

где R_{\odot} – радиус звезды, соответствующий Солнцу, захваченной сверхзвездой, ρ – плотность сверхзвезды $\sim 2 \cdot 10^6 \text{ г/см}^3$, θ – скорость звезды.

Если учесть, что одновременно на сверхзвезду падает около 20 звезд, то выход, компенсирующий светимость сверхзвезды, составит примерно

$$L = 1,3 \cdot 10^{46} \text{ эрг/с.}$$

Это же обстоятельство способствует тому, что при радиусе сверхзвезды, равном примерно 100 гравитационным радиусам, энерговыделение компенсирует светимость, и сверхзвезда входит в стационарное состояние, при котором наступает отсрочка коллапса на значительное время до 10^8 лет. Захватывая звезды, сверхзвезда будет увеличивать свою массу. В результате частота захвата звезд будет постепенно отставать от потребностей сверхзвезды, т. е. для поддержки стационарного состояния ей понадобится все большее количество звезд. При достижении сверхзвездой массы $M > (2-5) \cdot 10^9 M_{\odot}$ она коллапсирует в «черную дыру». Время существования сверхзвезды, ее светимость и масса в этой модели совпадают, точнее не противостоят данным, полученным из наблюдений. Также можно объяснить и переменность квазара. Вероятно, переменность возникает в результате ударов звезд о поверхность сверхзвезды, а энергия всплесков при этом близка энергии, которая выделилась бы при разрушении этих звезд. Удары звезд о поверхность сверхзвезды, кроме того, вызывают генерацию частиц в сверхзвезде, что и объясняет наличие сильного радиоизлучения [4, 7, 8].

МОДЕЛЬ КВАЗАРА С ЧЕРНОЙ ДЫРОЙ В ЦЕНТРЕ

Разработка моделей «черных дыр» [9] побудила исследователей использовать их для объяснения эффектов квазара.

Действительно, звезда, попавшая в поле действия гравитационных сил «черной дыры», может быть разрушена приливными силами и превратиться в газ, который до того как поглотиться «черной дырой» успеет высветить свою энергию. Этот эффект возможен только тогда, когда «черная дыра» имеет массу менее или равной массе $3 \cdot 10^8 M_{\odot}$. В противном случае разрушение не происходит – звезда столь стремительно падает в точку сингулярности, что не успевает разрушиться.

Можно отметить два пути превращения объектов с массой $3 \cdot 10^8 M_{\odot}$ в «черные дыры». Во-первых, это превращение массивных звезд с вышеуказанной массой в «черные дыры», которая за десятки миллионов лет способна увеличить массу на $10^7 M_{\odot}$. Во-вторых, очень массивный объект проходит вначале стадию сверхзвезды и по достижении массы, равной примерно $10^9 M_{\odot}$, сжимается в «черную дыру». Вокруг такой «черной дыры» образуется мощный газовый диск, служащий своеобразной ловушкой для звезд, попадающих в поле действия «черной дыры». При этом масса газового диска не должна существенно уступать массе самой «черной дыры». Он должен иметь такую массу, чтобы звезда после первого же пересечения газового диска потеряла большую часть своей энергии и не смогла бы вылететь за его предел в окружающее пространство. Наиболее массивные звезды, вероятно, при первом же взаимодействии с «черной дырой» полностью разрушаются. Менее массивные звезды будут неоднократно взаимодействовать с газовой оболочкой и постепенно терять энергию, перескакивая с дальних орбит на орбиты, более близкие к «черной дыре». Также будут накапливаться остатки звезд и при столкновении между собой со скоростями, равными трети скорости света, что будет давать мощные всплески рентгеновского излучения длительностью в несколько минут. Такой эффект действительно наблюдается [4, 7].

ГИПОТЕЗА О СВЕРХПЛОТНОМ ЯДРЕ КВАЗАРА

Рассмотренные выше гипотезы квазаров имеют недостаточное количество фактов для своего обоснования и подтверждения, несмотря на их достаточно высокую стройность, непротиворечивость теоретических концепций и наличие отдельных результатов практических наблюдений. Реальность астрономической картины мира ставит под сомнение эти гипотезы. Прежде всего выглядит странным рождение квазаров на первых этапах эволюции Вселенной и отсутствие данных об их рождении в более позднее время. С другой стороны, непрерывное падение вещества к центру коллапсирующих объектов свидетельствует об отсутствии теории, которая дала бы нам адекватную картину изменения вещества при наличии «планковских» параметров плотности, объема и времени. Предполагается, что при «планковской» плотности, составляющей около 10^{94} г/см^3 , в веществе звезд происходят такие изменения, которые должны остановить сжатие звезд, не допустить его бесконечного падения в точку сингулярности. В связи с этим вышеупомянутые Д-тела из гипотезы В.А. Амбарцумяна можно считать объектами, сохранившими свою плотность со времени взрыва Вселенной, т. е. «планковскую» плотность. В своей гипотезе он считает, что все созидательные процессы звездообразования связаны с распадом Д-тел в противовес процессам конденсации газа в звезды, принятым современной астрофизикой. Сейчас все еще трудно отдать предпочтение той или иной гипотезе из-за отсутствия астрономической техники, способной адекватно отразить события и показать наблюдателю точную картину грандиозных процессов в квазарах. На пороге дня создания нейтринной астрономии, которая позволит получить более точную картину от самых удаленных объектов макромира.

Важнейшим итогом развития физики элементарных частиц явился вывод о возможности построения частиц малой массы из частиц большей массы [10]. Этот удивительный вывод следует из соотношения неопределенностей

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar.$$

В упомянутой нами выше работе мы уже показали, что на роль самой массивной частицы в микромире претендует планкеон или максимон. Эта частица названа так в честь выдающегося немецкого физика Макса Планка, впервые получившего ее согласно теории размерностей из соотношения, образованного тремя физическими константами: \hbar – постоянная Планка, G – гравитационная постоянная и c – скорость света. Название максимон планкеону дал известный российский физик М.А. Марков, и мы будем ему придерживаться по той причине, что нами была показана вероятность существования самой легкой частицы – минимона и соответствующего предела масс элементарных частиц, характерного только для нашей Вселенной (в других вселенных могут быть и иные пределы масс частиц). Масса максимона определяется:

$$m_M = (\hbar / c / G)^{1/2} = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ г.}$$

Изменяя соотношение указанных констант, или используя дебройлевское выражение для волновых свойств частиц, можно получить «планковскую» длину [11] или длину волны гипотетической элементарной частицы – максимона:

$$\lambda_m = (G \hbar / c^3)^{1/2} = \hbar / m_M c = 10^{-33} \text{ см.}$$

При этом длина волны максимона равна его гравитационному радиусу, а их отношение есть гравитационная постоянная, как, к примеру, и постоянная тонкой структуры в электродинамике:

$$G m_M / c^2 : \hbar / m_M c = G m_M^2 / \hbar c = \alpha_g = 1.$$

Характерно, что при $R \rightarrow \hbar / m c$, где m – масса любой частицы, гравитационная постоянная преобразуется в аналог известного уравнения А. Эйнштейна:

$$E = (m_M / m) m c^2,$$

что свидетельствует о наличии структуры у максимона и возможности того, что элементарная частица и ее энергия возникают в результате взаимодействия гравитационной энергии максимона с вакуумом. Поэтому всякую элементарную частицу можно представить как максимон, окруженный полями виртуальных частиц. Разница масс максимона и частицы в виде энергии связана в вакууме.

Это не противоречит кварковой модели, когда адроны состоят из кварков и глюонов [12]. Во-первых, кварки тяжелее адронов, а во-вторых, последние состоят из первых. Поэтому идея о том, что в структуре каждой частицы (тех же кварков) лежит некая одинаковая для всех сверхэлементарная частица («суператом») – максимон, не столь уж фантастическая. Применяя для открытия частиц все большие энергии, мы все более

«глубже» проникаем в слой виртуальных частиц, окружающих максимон, вырывая в реальный мир все новые неизвестные ранее частицы.

Таким образом, система из максимона и полей виртуальных частиц в зависимости от переданной ей энергии переходит в различные относительно стабильные состояния, которые отождествляются нами как частицы. В связи с этим каждая реальная частица представляется как максимон с оболочками из полей виртуальных частиц. Причем поля виртуальных частиц лишены одной или нескольких оболочек в зависимости от массы этой реальной частицы. Стабильность элементарных частиц связана со стабильными квантовыми числами. Вектор в трехмерном евклидовом пространстве, соответствующий всем квантовым числам, функционирует именно в таком пространстве (группа преобразований SU (3)). Это может означать, что максимон характеризуется любыми целочисленными и дробными квантовыми числами, а занятие вектором, его характеризующим, в трехмерном пространстве того или иного положения может соответствовать появлению той или иной частицы. В этом случае протон, состоящий из максимона и полей виртуальных частиц, состоит также из нескольких кварков, каждый из которых в свою очередь состоит опять-таки из максимона и полей виртуальных частиц, лишенных в отличие от протона нескольких оболочек, т.е. реализуется принцип матрешки или «все во всем».

Чтобы разрушить систему «максимон – оболочки виртуальных частиц», лишить ее всех оболочек из виртуальных частиц и «оголеть» максимон, необходима огромная энергия, равная отношению массы максимона к массе частицы, умноженной на массу этой частицы и скорость света в квадрате.

Сейчас лабораторным путем практически невозможно получить подтверждение этой гипотезы. Однако в космосе имеются объекты, такие как квазары, в которых в результате коллапса проявляются сверхмощные гравитационные силы, способные разрушить оболочки виртуальных частиц, окружающие максимон, и даже полностью его «оголеть», что может вызывать выделение огромного количества энергии. Это становится возможным, когда астрономический объект сжимается до размера комптоновской длины волны частиц, из которых он состоит, например, протонов, нейтронов. Причем период противоборства сил гравитации и выделяющейся кинетической энергии может быть – в зависимости от условий – от секунд до нескольких десятков и сотен миллионов лет. Поэтому может происходить как разовый взрыв всего объекта, так и весьма медленный период выделения кинетической энергии с учетом сил вращения объекта, многофазовых фазовых переходов вещества и т. п., который будет длительно поддерживать светимость этого объекта. В ранее вышедшей работе было отмечено решающее значение этого механизма для обоснования причины «Большого взрыва» и начала расширения Вселенной. Логично предположить, что именно этот механизм обеспечивает мощные энергетические процессы в квазарах и ядрах галактик. Приведем для этого следующие аргументы. Составим уравнение для равновесия кинетической и потенциальной энергии:

$$G M_Q^2 / R_Q \leq (m_M / m_q) M_Q c^2.$$

Здесь M_Q – масса квазара, $\leq 10^{32}$ г. Это несколько меньше массы нашего Солнца. R_Q – радиус квазара, равный в период сжатия комптоновской длине волны кварка $\sim 3 \cdot 10^{-14}$ см, m_M – масса максимона, примерно $2,2 \cdot 10^{-5}$ г, m_q – масса кварка около 10^{-22} г.

После подстановки всех значений в уравнение, получим:

$$2 \cdot 10^{70} \text{ эрг } 2 \cdot 10^{70} \text{ эрг.}$$

Это свидетельствует о наступлении равенства кинетической энергии распада кварков на максимоны и потенциальной энергии гравитации ядра квазара, сжатого до комптоновской длины волны кварка. Поэтому в этом состоянии дальнейшее сжатие квазара прекратится и будет происходить наблюдаемое на практике выделение энергии, светимость квазара. Если за секунду квазар выделяет энергию порядка 10^{47} эрг, то за время существования Вселенной – 10^{18} с – должно было бы выделяться около 10^{65} эрг. Однако вышеприведенные расчеты показывают, что полная энергия, которая может быть выделена квазаром, или его светимость, составляет около 10^{70} эрг. Это означает, что квазары могут продолжать светить еще в течение времени 10^{23} с от «большого взрыва».

Если мы в своей работе основываемся на предположении о неизвестном пока источнике энергии огромной мощности и эффективности, который возможен в объектах, сжатых до размера элементарных частиц, то необходимо ответить на вопрос о происхождении этих объектов и о причинах, по которым этот астрономический объект сравнительно малой массы (10^{32} г) стал коллапсировать. Теоретически неограниченно коллапсируют звезды, имеющие массу $\sim 10^9$ масс нашего Солнца и закончившие свою эволюцию после окончания термоядерных реакций. Звезды с массой около или чуть больше массы нашего Солнца заканчивают эволюцию, превращаясь в стабильный «белый карлик» или нейтронную звезду, когда силы гравитации уравновешивают вырожденные газ из электронов или нейтронов. То есть эти объекты не могли возникнуть на поздних стадиях эволюции Вселенной, так как не могут коллапсировать до радиуса, равного комптоновской длине волны кварка. Их рождение следует искать в первые секунды после ее взрыва.

Плотность квазара порядка 10^{73} г/см³, а это означает, что, вероятно, квазары могли возникнуть во Вселенной через 1 секунду после взрыва, когда ее плотность снизилась до значения 10^{73} г/см³, а радиус и температура соответственно до 10^{-16} см и 10^{10} К. В результате фазовых переходов максимоны были связаны в сверхтяжелые бозоны, а затем в кварки. Турбулентность привела к тому, что некоторые области с массой около 10^{32} г обособлялись, стабилизировались и превращались в самостоятельные астрономические объек-

ты, не подверженные расширению как остальное вещество Вселенной. Более того, благодаря возмущениям и ударам в турбулентной газовой среде, воздействию сил гравитации начался процесс уплотнения этих объектов, в результате которого произошел обратный процесс распада кварков на максимоны с выделением ранее накопленной огромной энергии. Так образовались сверхплотные и чрезвычайно энергетически активные квазары.

В то же время экспериментальными исследованиями установлено, что квазары имеют размер порядка $3 \cdot 10^{15}$ см, что не согласуется с размером, определенным нами в этом исследовании – 10^{-14} см. По-видимому, здесь нет противоречия: квазар имеет крайне маленькое сверхплотное ядро размером 10^{-14} см и протяженную газовую оболочку – $3 \cdot 10^{15}$ см, захваченную квазаром по мере остывания Вселенной. Она подерживается и пополняется также за счет энергетических процессов в квазарах и имеет массу около 10^{40} г.

Выбросы вещества из квазаров в виде струй по-видимому объясняются тем, что выделяемая огромная энергия из центрального сверхмалого и сверхплотного ядра генерирует в газовой оболочке ударные волны огромной мощности, в которой происходит ускорение заряженных частиц. В результате образуется источник радиоизлучения. Вращаясь, газовая оболочка будет сжиматься вдоль оси вращения квазара, и движущиеся фронты ударных волн соединятся в направлении оси вращения, что вызывает появление струйных выбросов.

Мы рассмотрели три гипотезы, объясняющие энергетические процессы в квазарах. Последняя нам представляется более логичной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мартынов В.А. Вопросы взаимосвязи структуры и энергетики макро- и микромира: физические и философские аспекты // Вестн. Тамбов. ун-та. Сер. Естеств. и техн. науки. Тамбов, 2002. Т. 7. Вып. 3. С. 413-420.
2. Новиков И.Д. Эволюция Вселенной. М.: Наука, 1983.
3. Вильковский Э.Я. Квазары. М.: Наука, 1985.
4. Горбачев В.Г. Космические взрывы. 3-е изд. М.: Наука, 1979.
5. Соколов А.А. и др. Квантовая механика. 2-е изд., испр. и дополн. М.: Просвещение, 1965.
6. Физика за рубежом. 1984. Сер. А (исследования): Сб. науч.-популярных статей. Т. 2. Пер. с англ. / Сост. Ю.А. Данилов. М.: Мир, 1984. 240 с.
7. Вильковский Э.Я. Квазары и активность ядер галактик. М.: Наука; Гл. ред. физ.-мат. лит., 1985. 176 с.
8. Нарликар Д.Ж. Неистовая Вселенная. Пер. с англ. / Под ред. и с предисл. И.Д. Новикова. М.: Мир, 1985. 256 с.
9. Новиков И.Д. Черные дыры во Вселенной. М.: Знание, 1978.
10. Розенталь И.Л. Элементарные частицы и структура Вселенной. М.: Наука, 1984. (Планета Земля и Вселенная). 112 с.
11. Киржниц Д.А. Элементарная длина // Природа. 1991. № 10. С. 8-12.
12. Намбу Е. Кварки: Пер. с японск. М.: Мир, 1984. 225 с.

Поступила в редакцию 7 мая 2003 г.