

составляющую скорости относительно первых двух, равную примерно 250 км/сек. В проекции на небесную сферу расстояние между галактиками Маркарян 459 и MCG 06—30—046 составляет примерно 73000 пс, а между MCG 06—30—046 и MCG 06—30—045 — примерно 39000 пс.

Из приведенных данных можно сделать вывод, что эти три галактики составляют физическую группу, причем MCG 06—30—046, как наиболее яркая и наибольшая по размерам, является, по-видимому, главным телом системы.

Один из авторов (Э. Е. Х.) выражает благодарность дирекции обсерваторий Хейл за предоставленную возможность наблюдать на 200" телескопе.

Markarian 459 a Member of the Triple System of Galaxies. The redshifts of galaxies Markarian 459, MCG 06—03—046 and MCG 06—30—045 are obtained. Their radial velocities show that they are approximately at equal distances and probably form a physical triple.

23 июля 1974

Обсерватория Хейл,
Бюраканская астрофизическая
обсерватория

Г. АРП, Э. Е. ХАЧИКЯН,
Н. К. АНДРЕАСЯН

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. J. Haldmann, A. T. Kaloglian, *Астрофизика*, 9, 71, 1973.
2. Г. Арп, Дж. Айдманн, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 10, 7, 1974.
3. Б. Е. Маркарян, *Астрофизика*, 8, 155, 1972.
4. Б. А. Воронцов-Вельяминов, *Морфологический каталог галактик*, II, М., 1968.
5. P. Nilson, *Uppsala General Catalogue of Galaxies*, Uppsala, 1973.
6. F. Zwicky et al., *Catalogue of Galaxies and Clusters of Galaxies*, III, Pasadena, 1966.

О ДВИЖЕНИИ ГАЗА В ЯДРАХ ГАЛАКТИК

Представляется несомненным, что изучение активности галактических ядер, начатое В. А. Амбарцумяном [1] и продолжаемое в настоящее время также многими другими астрономами, имеет решающее значение для понимания природы и происхождения галактик. Однако, несмотря на всю свою важность и актуальность, вопрос о природе активности ядер еще весьма далек от полного разрешения. Особенно это относится к проблеме источников энергии. В частности, нет единого мнения относительно того, в каком участке энергетического

спектра частиц или квантов происходит первичное испускание энергии. В большинстве теорий, интерпретирующих активность ядер, предполагается, что энергия распространяется от крупномасштабных движений вещества в направлении своей аккумуляции в релятивистских частицах. Однако можно представить и другую возможность, даже более вероятную с точки зрения термодинамики, что энергия источников сообщается непосредственно высокоэнергетичным частицам или квантам, а затем постепенно диссипирует. В работе [2] было показано, что таким образом можно объяснить инфракрасное излучение, наблюдаемое в активных галактических ядрах. В настоящей заметке принята попытка с той же точки зрения объяснить происхождение крупномасштабных движений газа, наблюдаемых в активных галактических ядрах, в частности в ядрах сейфертовского типа и квазарах, также являющихся, вероятно, галактическими ядрами.

Согласно спектральным данным [3], ядра сейфертовских галактик содержат по крайней мере две газовые компоненты. Одна из них состоит из газа с концентрацией атомов примерно $10^6 \div 10^7 \text{ см}^{-3}$, и имеет размеры $10^{16} + 10^{17} \text{ см}$, а вторая имеет плотность и размеры соответственно $10^3 + 10^4 \text{ см}^{-3}$ и $10^{18} + 10^{19} \text{ см}$. Предположим, что в имеющем такие параметры ядре действует источник γ -квантов, обеспечивающих, согласно [2], инфракрасное излучение ядра. При поглощении этих γ -квантов в ядре их импульс будет передаваться газу, вызывая радиальные движения газа от центра активности. Это движение будет постепенно переходить в турбулентный режим. Характерный масштаб l , на котором движение становится турбулентным, определяется соотношением

$$\frac{lv}{\nu} = Re_{кр}, \quad (1)$$

где ν — наибольшее из коэффициентов кинематической и магнитной вязкостей, $Re_{кр}$ — так называемое критическое значение числа Рейнольдса, обычно по порядку величины, равное 10^3 [4].

Соотношение (1) имеет очень простой физический смысл. А именно, турбулентность возникает в том случае, когда можно пренебречь стабилизирующим движением влиянием вязкости, что возможно, если диффузионный пробег l_D много меньше характерного масштаба движения: $\sqrt{Dt} \ll l$. Коэффициент диффузии D в газах близок к коэффициенту кинематической вязкости ν , а $t \approx l/v$. С учетом этого получаем $\sqrt{l\nu} \ll l$ или $lv/\nu \gg 1$, что соответствует критерию (1).

Скорость v , приобретаемую газом, можно найти, воспользовавшись законом сохранения количества движения, то есть приравняв коли-

чество движения, приобретаемое турбулентным вихрем наибольшего масштаба и диссипируемое им в единицу времени:

$$\frac{E}{(4/3)\pi l^3 n m_H c} (1 - e^{-\mu l}) = \frac{v}{\tau}, \quad (2)$$

где n — концентрация атомов газа, μ — коэффициент поглощения γ -квантов, равный по порядку величины $10^{-26} n$, τ — характерное время диссипации турбулентного вихря, равное отношению l/v , а E — мощность γ -излучения.

Приведенным выше параметрам газа в ядре соответствует $\mu \ll 1$, следовательно, выражение (2) можно представить в виде:

$$v^2 \approx 5 \cdot 10^{-14} \frac{E}{l}. \quad (3)$$

Подставляя сюда l из (1), получаем

$$v \approx 5 \cdot 10^{-17} \frac{E}{\nu}. \quad (4)$$

Значение ν в (4) определяется как наибольшее из значений кинематической и магнитной вязкостей. Кинематическая вязкость ν_k находится по формуле:

$$\nu_k \approx l_T v_T, \quad (5)$$

где l_T и v_T , соответственно, пробег и скорость теплового движения атомов газа. Из (5) следует, что $\nu_k \approx \sqrt{RT}/\sigma n$, где R — универсальная газовая постоянная, а σ — газокинетическое сечение. Подставляя численные значения и полагая $T \approx 10^4$ К, находим, что ν_k не превосходит $10^{22}/n$ см²/сек.

Оценим теперь величину магнитной вязкости [4]:

$$\nu_m = \frac{F^2}{4\pi m_i} \frac{\tau_i H^2}{n_e}, \quad (6)$$

где F — доля нейтральных атомов по массе, составляющая для областей III примерно $0.3 + 0.4$, τ_i и m_i — соответственно, время свободного пробега и масса ионов, n_e — концентрация электронов, H — напряженность магнитного поля.

Напряженность магнитного поля H оценим из условия равенства кинетической и магнитной энергий единицы объема:

$$\frac{H^2}{8\pi} \approx \frac{\rho v^2}{2}. \quad (7)$$

Подставляя в (6) полученное из (7) значение H и выражая время свободного пробега τ через газокINETическое сечение, температуру и плотность газа получаем, полагая, как и ранее, $T \approx 10^4$ К;

$$v_m \approx 10^9 \frac{v^2}{n}. \quad (8)$$

Сравнение магнитной и кинематической вязкостей показывает, что при данных условиях, уже при $v > 3 \cdot 10^9$ см/сек, $v_m > v_k$. Это означает, что диссипация кинетической энергии движения газа в ядрах галактик происходит именно благодаря магнитной вязкости. Подставляя поэтому v_m в (4) вместо v , получим

$$v \approx (5 \cdot 10^{-26} E n)^{1/3}. \quad (9)$$

Мощность γ -излучения E , ответственного согласно [2] за инфракрасное излучение, должна достигать величины $10^{45} - 10^{46}$ эрг/сек. Естественно предположить, что такого же порядка энергия расходуется на сообщение газу движения. Тогда водородные эмиссионные линии, генерируемые в плотной подсистеме газа, должны согласно (9) иметь ширину, соответствующую турбулентному движению со скоростью порядка нескольких тысяч километров в секунду, в то время как запрещенные линии, возникающие в менее плотной подсистеме, оказываются имеющими ширину в несколько сот километров в секунду. Это хорошо согласуется с наблюдательными данными [3].

On the Gas Movement in Galactic Nuclei. The reason of the difference of the turbulence velocities of the gas emitted in the permitted and non-permitted lines in the nuclei of Seyfert galaxies is considered. It is shown that the velocities of the turbulent movements of the gas in these nuclei may be explained in the frames of the γ -activity of Seyfert type nuclei made earlier by the author.

27 июня 1974

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

Ю. К. МЕЛИК-АЛАВЕРДЯН

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В. А. Амбарцумян, Изв. АН Арм. ССР, сер. физ.-мат. наук, II, № 5, 9, 1959.
2. Ю. К. Мелик-Алавердян, *Астрофизика*, 9, 595, 1973.
3. Э. А. Дибай, В. И. Проник, *Астрон. ж.*, 44, 952, 1967.
4. С. А. Капдан, С. Б. Пикельнер, *Межзвездная среда*, Физматгиз, М., 1963.