

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР  
АСТРОФИЗИКА

ТОМ 3

ФЕВРАЛЬ, 1967

ВЫПУСК 1.

ЗАМЕЧАНИЕ О ПЛОТНОСТИ ВОДОРОДА В СКОПЛЕНИЯХ  
ГАЛАКТИК

И. Д. КАРАЧЕНЦЕВ

Поступила 2 декабря 1966

Основываясь на вероятном случае проектирования скопления галактик на квазар 1116 + 12 [2] вычисляется плотность нейтрального и ионизированного водорода в скоплении. Показано, что эти плотности не могут объяснить большие виртуальные массы типичных скоплений галактик.

Хорошо известно, что массы скоплений галактик, определяемые из теоремы вириала в предположении стационарности скоплений, много больше нормальных значений, вычисляемых по внутренним движениям в галактиках. Это обстоятельство часто используется как указание на присутствие в скоплениях галактик больших масс невидимого диффузного вещества.

Обнаружение квазаров с большими красными смещениями ( $z \sim 2$ ), у которых линия излучения  $L_{\alpha}$  выползает в наблюдаемую область спектра, позволяет проверить это предположение. Салпетер и Бэхолл [1] показали, что математическое ожидание числа наблюдаемых линий  $L_{\alpha}$  (с  $\lambda > 3200 \text{ \AA}$ ), вызванных поглощением в скоплениях галактик между наблюдателем и квазаром с  $z = 2$ , приблизительно равно единице. Бэхолл, Петерсон и Шмидт [2] сообщили о вероятном случае проектирования скопления на квазар 1116 + 12 с  $z = 2.118$ . В спектре его заметны линии поглощения  $L_{\alpha}$  и C IV, смещенные относительно линий излучения на  $-17000 \text{ км/сек}$ . Ширина этих линий составляет  $20 - 30 \text{ \AA}$ , что соответствует дисперсии радиальных скоростей в проектирующемся скоплении  $\sigma_r \sim 1000 \text{ км/сек}$  (величина, равная  $\sigma_r$  у скопления Coma). Если считать отождествление [2] правильным, то можно

вычислить плотность нейтрального и ионизированного водорода в данном проектирующемся скоплении.

Оптическая толща в центре линии поглощения  $L_\alpha$  от скопления радиуса  $R$  со средней плотностью нейтрального водорода  $n_{II}$  и дисперсией  $\sigma_r$  равна

$$\tau = 1.2 \cdot 10^{-7} n_{II} R \sigma_r^{-1}. \quad (1)$$

Откуда при  $\tau \sim 1$  и  $R \sim 3$  мпс,  $\sigma_r \sim 1000$  км/сек

$$n_{II} = 0.8 \cdot 10^{-10} \text{ см}^{-3}. \quad (2)$$

Нетрудно показать, что при расстоянии между скоплением и квазаром  $\approx 230$  мпс ( $\Delta v = 17000$  км/сек и  $H = 75$  км/сек мпс) жесткое излучение квазара будет играть определяющую роль в процессе установления ионизационного равновесия в скоплении. Другими процессами (например, ионизацией космическими лучами) в данном случае можно пренебречь.

Составим уравнение ионизационного равновесия и примем мажорирующие оценки для входящих в него параметров. При средней светимости квазара  $\sim 10^{46-47}$  эрг/сек будем считать, что за лаймановским континуумом излучается существенная доля всей энергии ( $\sim 10^{46}$  эрг/сек). Тогда поток энергии ионизирующего излучения квазара на расстоянии скопления будет  $1.6 \cdot 10^{-9}$  эрг/см<sup>2</sup> сек, а поток ионизирующих фотонов  $F$  при средней энергии кванта  $\bar{\varepsilon} \geq h\nu_c = 2.2 \cdot 10^{-11}$  эрг, меньше 73 квантов/см<sup>2</sup> сек.

В уравнение ионизационного равновесия

$$k_1 n_{II} F = n_e^2 C(T_e) \quad (3)$$

подставим значение коэффициента фотоионизации  $k_1$  и коэффициента рекомбинации  $C(T_e)$  при наиболее вероятной температуре  $T_e \leq 10^4 \text{ K}$ . Тогда

$$\frac{n_e^2}{n_{II}} \leq 1.5 \cdot 10^{-4} F \leq 1.1 \cdot 10^{-2}, \quad (4)$$

откуда, используя (2), имеем среднюю электронную концентрацию в скоплении

$$n_e \leq 10^{-6} \text{ см}^{-3}. \quad (5)$$

Для объяснения больших вириальных масс у скоплений галактик присутствием газа требуется предполагать, что его концентрация

$$n = \frac{3 M_{\text{вир.}}}{4 \pi R^3 m_p}. \quad (6)$$

У типичного богатого скопления галактик  $R = 2.7$  мпс и  $M_{\text{вир.}} = 2.3 \cdot 10^{15} M_{\odot}$  [3], следовательно  $n \approx 1.1 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-3}$ . Сопоставление этой оценки с (2) и (3) показывает, что присутствие в скоплениях галактик как нейтрального, так и ионизированного водорода, не может быть ответственным за большие вириальные массы скоплений.

Следует заметить, что время установления ионизационного равновесия в межгалактическом газе довольно велико. Оно определяется характерным временем рекомбинации

$$t_{\text{рек}} = 1.0 \cdot 10^8 T_e^{7/2} n_e^{-1} \text{ (лет)}. \quad (7)$$

При  $T_e \leq 10^6 \text{ K}$  и  $n_e \sim 10^{-6} \text{ см}^{-3}$   $t_{\text{рек}} \sim 3 \cdot 10^{12}$  лет, а это значительно больше возраста Метагалактики ( $\sim 10^{10}$  лет). Однако, допустив, что концентрация равна вириальной то есть  $n_e \sim 1.1 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-3}$ , мы получим для времени рекомбинации  $t_{\text{рек}} \leq 3 \cdot 10^9$  лет. Это означает, что при этом предположении можно пользоваться формулой ионизационного равновесия и вывод о невозможности объяснить вириальные массы скоплений наличием в них масс диффузного вещества сохраняет свою силу.

Бюраканская астрофизическая  
обсерватория

## A NOTE ON THE HYDROGEN DENSITY IN THE CLUSTERS OF GALAXIES

I. D. KARACHENTSEV

Taking as a basis the probable case of projection of the cluster of galaxies on the quasi-stellar radio source 1116 + 12 [2] the densities of H I and H II in the cluster are estimated. It is shown, that with the help of these densities it is impossible to explain the high virial masses of clusters of galaxies.

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. J. N. Bahcall, E. E. Salpeter, Ap. J., 144, 847, 1966.
2. J. N. Bahcall, B. A. Peterson, M. Schmidt, Ap. J., 145, 369, 1966.
3. И. Д. Караченцев, Астрофизика, 2, 81, 1966.