

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
АСТРОФИЗИКА

ТОМ 1

ИЮНЬ, 1965

ВЫПУСК 2

ОБ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ И ЭЛЕКТРОННОЙ
КОНЦЕНТРАЦИИ ПЛАНЕТАРНОЙ ТУМАННОСТИ IC 4997

Г. А. ГУРЗАДЯН

Поступила 11 февраля 1965

С использованием новых данных [3] об относительных интенсивностях запрещенных линий дважды ионизованного неона были определены электронная температура и электронная концентрация для планетарной туманности IC 4997, известной как объект высокой плотности. Они оказались равными: $T = 19500^\circ$ и $n_e = 8.3 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$.

IC 4997 принадлежит к числу весьма плотных планетарных туманностей, в которых электронные удары второго рода играют заметную роль. В этом случае, например, известное отношение $E_{N_1+N_2}/E_{4303}$ становится зависящим не только от T_e , но и от n_e . Оно имеет следующий вид [1]:

$$\frac{E_{N_1+N_2}}{E_{4303}} = 0.0753 \frac{x + 2.67 \cdot 10^3}{x + 23} e^{\frac{33000}{T_e}}, \quad (1)$$

где

$$x = 10^{-2} \frac{n_e}{T_e^{3/2}}.$$

Отношение $E_{N_1+N_2}/E_{4303}$ для IC 4997, найденное из наблюдений, равно 13.6 [2]. Поэтому, задав какое-нибудь значение T_e , можно из (1) определить n_e . Например, при $T_e = 10000^\circ$ получается $n_e = 4 \cdot 10^6 \text{ см}^{-3}$, а при $T_e = 20000^\circ$ $n_e = 8 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$. Из этих данных можно сделать заключение о высокой электронной концентрации в туманности, однако еще ничего нельзя сказать о порядке величины ее электронной температуры.

Для однозначного определения n_e и T_e из (1) необходимо иметь еще одно соотношение между этими величинами. Однако из-за от-

сутствия данных об интенсивностях некоторых запрещенных линий, которые можно было бы использовать для вывода другого соотношения между n_e и T_e , поставленная задача не была решена. Только недавно появилась статья Аллера и Калера [3], где приведены данные об интенсивностях большого количества слабых эмиссионных линий в спектре туманности IC 4997, в том числе линий 3967 [Ne III], 3868 [Ne III] и 3343 [Ne III]. Эти линии аналогичны запрещенным линиям N_1 , N_2 и 4363 дважды ионизованного кислорода и возникают при переходах ${}^1S_0 - {}^1D_2$ (3343 [Ne III]), ${}^1D_2 - {}^3P_1$ (3967 [Ne III]) и ${}^1D_2 - {}^3P_2$ (3868 [Ne III]). Атомные параметры для этих переходов вычислены Ситоном [4] и приведены ниже (при этом уровни 3P , 1D и 1S для Ne^{++} обозначены цифрами соответственно 1, 2 и 3).

$$A_{21} = 2.60 \text{ сек}^{-1}; \quad \Omega(1.2) = 0.76; \quad \omega_1 = 1; \quad \epsilon_3 - \epsilon_1 = 6.94 \text{ эв}$$

$$A_{32} = 2.80 \text{ сек}^{-1}; \quad \Omega(2.3) = 0.27; \quad \omega_2 = 5; \quad \epsilon_3 - \epsilon_2 = 3.75 \text{ эв}$$

$$A_{31} = 2.21 \text{ сек}^{-1}; \quad \Omega(1.3) = 0.077; \quad \omega_3 = 9; \quad \epsilon_2 - \epsilon_1 = 3.19 \text{ эв}$$

Далее, исходя из обычного условия стационарности атомных переходов между указанными уровнями, легко найти, аналогично (1), зависимость отношения $E_{3967+3868}/E_{3343}$ от n_e и T_e с учетом электронных ударов второго рода. Она имеет вид

$$\frac{E_{3967+3868}}{E_{3343}} = 0.32 \frac{x + 1.68 \cdot 10^4}{x + 2.32 \cdot 10^3} e^{\frac{44200}{T_e}}. \quad (2)$$

Обычно размеры монохроматических изображений туманности в линиях [Ne III] заметно меньше размеров изображения туманности в линиях [O III]. Поэтому определенные с помощью (1) и (2) значения электронных температур будут, строго говоря, несколько отличаться друг от друга и относиться к разным зонам туманности.

Для малых значений электронной концентрации, когда $x \rightarrow 0$ (практически при $n_e < 10^4 \text{ см}^{-3}$), формула (2) дает

$$\frac{E_{3967+3868}}{E_{3343}} = 24.0 e^{\frac{44200}{T_e}}. \quad (3)$$

При больших значениях n_e ($x \rightarrow \infty$) будем иметь

$$\frac{E_{3967+3868}}{E_{3343}} = 0.32 e^{\frac{44200}{T_e}}. \quad (4)$$

Предельные значения отношения $E_{3967+3868}/E_{3343}$, например, при $T_e = 10000^\circ$, равны: 1970 при $n_e \rightarrow 0$ и 26 при $n_e \rightarrow \infty$.

Относительные интенсивности линий 3343 [Ne III] и 3869 [Ne III], взятые из [3], равны 0.43 и 58.1 соответственно. Что касается линии 3967 [Ne III], то она была блендирована линией H_ϵ ; суммарная интенсивность этих двух линий равна 33.0. Однако, используя данные об относительных интенсивностях бальмеровских линий водорода, можно, путем графического построения (рис. 1), разделить обе эти линии

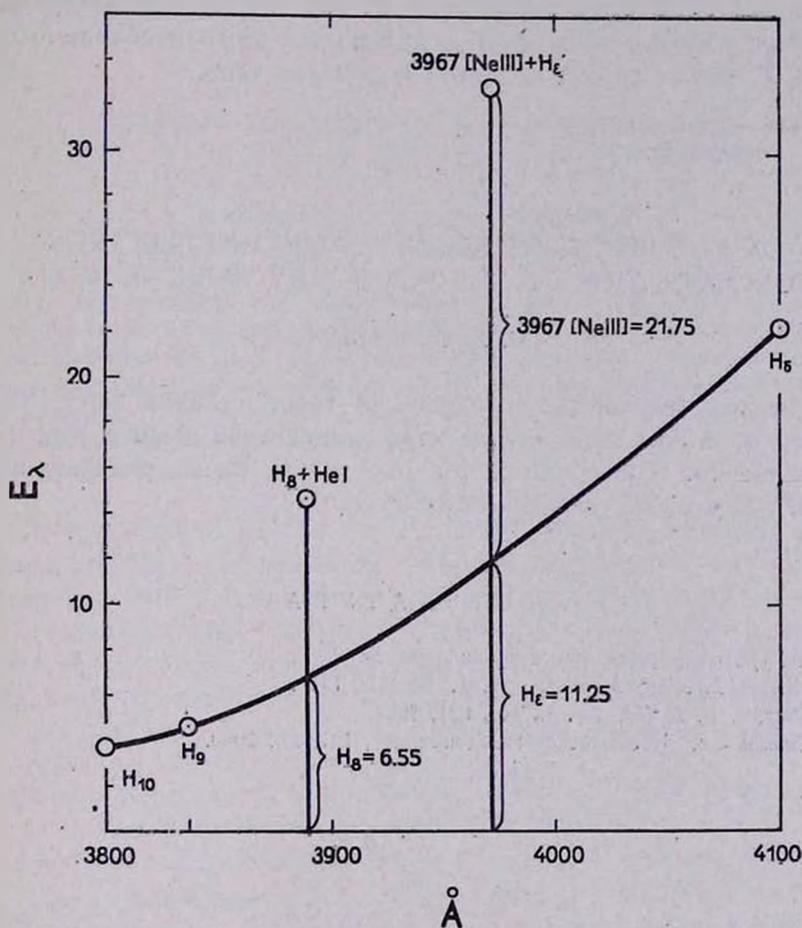


Рис. 1.

и определить их интенсивности. Они оказались равными 21.75 (3967 [Ne III]) и 11.25 (H_ϵ). Учитывая это, найдем: $E_{3967 + 3968} / E_{3343} = 185$.

Решая уравнения (1) и (2) совместно относительно x и T_e , получим для электронной температуры и электронной концентрации планетарной туманности IC 4997:

$$T_e = 19500^\circ$$

$$n_e = 8.3 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}.$$

Таким образом, электронная температура для рассмотренной туманности оказалась почти в два раза больше обычной электронной температуры большинства планетарных туманностей ($T_e \sim 10000^\circ$). В какой мере это является закономерным для плотных планетарных туманностей вообще, пока трудно сказать; для этого необходимо определить T_e и для других объектов подобного типа.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

ON THE ELECTRON TEMPERATURE AND ELECTRON CONCENTRATION OF THE PLANETARY NEBULAE IC 4997

G. A. GURZADIAN

The new data for the intensities of some forbidden lines [Ne III], obtained by Aller and Kaler, are used to obtain the electron temperature and the electron concentration for one of the dense planetary nebula IC 4997: $T_e = 19500^\circ$ and $n_e = 8.3 \cdot 10^5 \text{ cm}^{-3}$.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Г. А. Гурзядян, Планетарные туманности, М., 1962.
2. D. Menzel, L. Aller, M. Hebb, Ap. J., 93, 230, 1941.
3. L. Aller, J. B. Kaler, Ap. J., 140, 621, 1964.
4. М. Ситон, Сб. „Космическая газодинамика“, 121, М., 1960.