

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 15

НОЯБРЬ, 1979

ВЫПУСК 4

УДК 523.852

СПЕКТР ПЛАНЕТАРНОЙ ТУМАННОСТИ NU-2-1 = BV 208 В КРАСНОЙ И БЛИЖНЕЙ ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТИ

Р. И. НОСКОВА

Поступила 1 марта 1979

Измерены абсолютные интенсивности эмиссионных линий планетарной туманности Nu-2-1 = BV 208 в области спектра λ 6000—11000. По линиям водорода пашеновской и бальмеровской серий оценено межзвездное поглощение $A_V = 1^m5$. По запрещенным линиям [S III], [S II] и [O II] определены основные физические параметры $n_e = 10^4$ и $T_e = 1.5 \cdot 10^4$.

Для спектральной области λ 4000—9000 получено распределение энергии в абсолютных единицах в суммарном континууме ядра и оболочки. Сделана попытка разделения компонентов излучения. Показано, что ядро излучает как абсолютно черное тело с $T = 30\,000^\circ$ в исследованном диапазоне спектра.

Настоящая работа является продолжением цикла исследований планетарных туманностей в красной и ближней ИК-области спектра, выполненных автором ранее [1—5].

В 1976—78 гг. было получено 13 спектрограмм звездообразной планетарной туманности Nu-2-1 = BV 208 = PK 51 + 9.1. Наблюдения проводились с дифракционным спектрографом в кассегреновском фокусе 125-см рефлектора Крымской станции ГАИШ. Исследовалась область спектра λ 6000—11000 А. В качестве приемников излучения использовались фотоконтактные ЭОП с мультищелочным (λ 6000—8000 А) и кислородно-цезиевым фотокатодами (λ 8000—11000 А). Дисперсия снимков 60, 90 и 270 А/мм. О методике наблюдений и обработки подробно сообщалось ранее [6, 7].

Звездой сравнения служил стандарт HD 174079 спектрального класса A0V, для которого по фотоэлектрическим наблюдениям на 60-см телескопе были определены следующие величины и показатели цвета: $V = 8^m30$, $B-V = +0.12$, $U-B = +0.04$. На основе этих наблюдений с учетом ве-

линии покраснения и распределения энергии в спектре звезды A0V [8] было получено распределение энергии в непрерывном спектре HD 174079 (см. табл. 1).

Таблица 1

НАБЛЮДАЕМОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В СПЕКТРЕ
ЗВЕЗДЫ СРАВНЕНИЯ HD 174079

λ (Å)	$F \cdot 10^{12}$ (эрг/см ² ·с·Å)	λ (Å)	$F \cdot 10^{12}$ (эрг/см ² ·с·Å)	λ (Å)	$F \cdot 10^{12}$ (эрг/см ² ·с·Å)
4000	3.40	6500	1.22	9000	0.54
4500	2.80	7000	1.01	9500	0.48
5000	2.30	7500	0.84	10000	0.42
5500	1.86	8000	0.72	10500	0.37
6000	1.51	8500	0.62	11000	0.33

Эмиссионный спектр планетарной туманности Пу-2-1 в ближней ИК-области ранее никем не изучался. Полученный нами наблюдательный материал позволил измерить абсолютные потоки 27 эмиссионных линий. В табл. 2 приведены наблюдаемые интенсивности эмиссионных линий F в абсолютных единицах с их средней квадратичной ошибкой σ .

Таблица 2

НАБЛЮДАЕМЫЙ ЭМИССИОННЫЙ СПЕКТР Пу-2-1

λ (Å)	Элемент	$F \cdot 10^{12}$ (эрг/см ² ·с)	σ	n	λ (Å)	Элемент	$F \cdot 10^{12}$ (эрг/см ² ·с)	σ	n
6300	[O I]	1.0	—	1	7751	[A III]	1.2	0.4	2
6312	[S III]	0.2:	—	1	8416	OI + P ₁₀	0.9	0.1	2
6364	[O I]	0.3:	—	1	8598	P ₁₄	0.6	—	1
6548	[N II]	5.5	0.7	5	8665	P ₁₃	0.9	0.2	2
6563	H _α	72	10	5	8750	P ₁₂	1.0	0.3	2
6584	[N II]	16.1	2.7	4	8863	P ₁₁	1.2	0.4	2
6678	H _β	0.9	0.1	3	9015	P ₁₀	1.3	0.2	2
6717	[S II]	0.12:	—	1	9069	[S III]	2.0	0.2	4
6731	[S II]	0.20:	—	1	9227	P ₉	1.6	0.2	4
7005	[A V]	0.2:	—	1	9539	[S III] + P ₈	6.8	0.9	4
7065	H _γ	2.0	—	1	10049	P ₇	2.1	0.3	2
7135	[A III]	2.4	—	1	10830	H _δ	5.9:	0.9	2
7319	[O II]	6.2	1.0	3	10939	P ₆	7.0:	0.6	2
7330	[O II]	5.1	0.8	3					

Полученные интенсивности I пазионских линий подорода P_1 , P_2 , P_{10} , P_{11} и P_{12} были использованы для оценки константы межзвездного поглощения C_s методом пар линий (см. [1—5]). Получено среднее значение величины $C_s = 0.62 \pm 0.03$, что соответствует полному поглощению света туманности $A_V = 1^m 5$. Эта величина хорошо согласуется со значением $A_V = 1^m 3$, определенным в работе Кавера [9] по отношению потока в радиодиапазоне к потоку излучения в линии H_α .

Исправленные за межзвездное поглощение интенсивности линии [S III] λ 6312, 9069, 9531, [S II] λ 6717, 6731 и [O II] λ 7319, 7330 мы использовали для определения основных физических параметров туманности: электронной плотности n_e и электронной температуры T_e . Формулы для расчетов приведены в работе автора [10]. Совместное решение уравнений, составленных для ионов [S III] и [O II], [S II] и [O II] дало следующие результаты: $n_e = 10^4$ и $T_e = 1.5 \cdot 10^4$.

Полученный наблюдательный материал позволил оценить суммарный континуум туманности и ядра $F(\tau + \gamma)$ в абсолютных единицах в области λ 6000—9000 Å. Мы попытались также оценить суммарный континуум у H_1 , H_2 и H_3 по спектральному материалу (14 пластинок), полученному в 1972—74 гг. Костяковой и Горыней в Крыму с помощью 50-см телескопа Махеевского с объективной призмой и обработанному Костяковой. Результаты приведены на рис. 1. Точность полученных оценок довольно низкая $\sim 30\%$, так как континуум слаб.

Для области спектра λ 4000—9000 Å нами был вычислен теоретический непрерывный спектр туманности $I(\tau)$ с помощью расчетов [11] и определенных выше параметров n_e и T_e . Для абсолютизации потоков использовались графики [12]: $\lg I/I_0$ как функции $1/h$. Наблюдаемый поток в линии H_α взят согласно [9, 13] и исправлен за межзвездное поглощение с использованием кривой межзвездного покраснения [9] и величины $C_s = 0.62$.

Вычисленный непрерывный спектр туманности $I(\tau)$ приведен на рис. 1. Там же нанесены результаты оценок наблюдаемого континуума $F(\tau + \gamma)$ и исправленного за межзвездное поглощение $I(\tau + \gamma)$. Разность $M = I(\tau + \gamma) - I(\tau)$ мы посчитали за излучение ядра $I(\gamma)$. Подбор кривых Планка показал, что наилучшим образом полученные результаты по излучению ядра $I(\gamma)$ удовлетворяют кривой, соответствующей $T = 30\,000^\circ$.

Таким образом, наблюдаемый континуум НУ-2-1 в видимой и ближней ИК-области полностью объясняется в рамках рекомбинационной теории свечения туманности и планковского излучения ядра.

Используя величины полученных потоков у λ 4400 Å и λ 5450 Å (см. рис. 1) и абсолютную калибровку системы UBV Джонсона, можно легко оценить звездные величины ядра НУ-2-1 в системе В и V, которые оказа-

лись равными $B_s = 11^m 8$ и $V_s = 11^m 4$. Исправленные за межзвездное поглощение с $C_s = 0.62$, эти величины составляют $B_s^0 = 10^m 1$, $V_s^0 = 10^m 3$.

Величину V_s^0 мы использовали для определения абсолютной величины и светимости ядра Нш-2-1. При расчетах были приняты расстояния до туманности $r' = 6.71$ кпс [14] и $r'' = 2.51$ кпс [15]. Соответствующие абсолютные величины $M_1' = -4^m 1$ и $M_1'' = -1^m 9$. При расчете болометрической светимости центральной звезды Нш-2-1 использовались болометрическая величина Солнца и болометрические поправки согласно [16]. Для двух принятых выше расстояний получены следующие светимости ядра $\lg L'/L_\odot = 4.70$ и $\lg L''/L_\odot = 3.86$. С этими значениями светимости и полученной нами температурой ядра $T = 30\,000^\circ$ планетарная туманность Нш-2-1 попадает в начало эволюционного трека ядер планетарных туманностей [17], то есть является сравнительно молодым объектом.

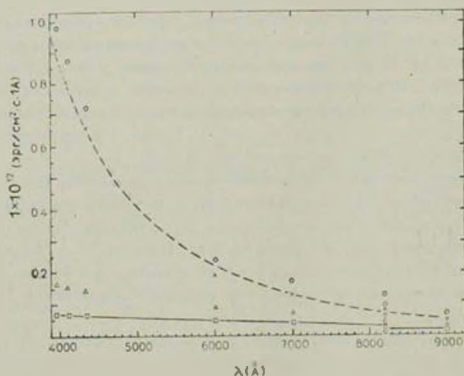


Рис. 1. Распределение энергии в непрерывном спектре Нш-2-1: наблюдаемый суммарный континуум ядра и туманности $F(\tau + \pi)$ — открытые треугольники; то же, исправленное за межзвездное поглощение $I(\tau + \pi)$ — кружки; непрерывный спектр туманности $I(\tau)$ — открытые квадраты; континуум ядра $I(\lambda)$ — $I(\tau + \pi) - I(\tau)$ — крестики. Кривая Планка для $T = 30\,000^\circ$ — штриховая линия.

В заключение автор выражает большую благодарность Е. Б. Костяковой за предоставление результатов фотографических наблюдений Нш-2-1 и за полезные советы.

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга

THE SPECTRUM OF THE PLANETARY NEBULA
HU-2-1 = VV208 IN THE RED AND THE NEAR INFRARED

R. I. NOSKOVA

The absolute monochromatic energy flux (in $\text{ergs cm}^{-2} \text{s}^{-1}$) was determined for the emission lines of the planetary nebulae Hu-2-1 = VV208. The interstellar extinction $A_V = 1^m.5$ was estimated by using spectral lines H I of the Paschen and Balmer series. The main physical parameters $n_e = 10^4$, $T_e = 1.5 \cdot 10^4$ are determined by using the absolute energy flux in the forbidden emission lines: [S III], [S II] and [O II].

The energy distribution (in $\text{ergs cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{\AA}^{-1}$) was found in summary continuous spectrum in the interval $\lambda 4000 - 9000 \text{\AA}$. An attempt was made to separate the continua of the nucleus and the nebula. It is shown that the spectral energy distribution of the central star corresponds to that of a black body with $T = 30000^\circ$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. А. Колотилова, Р. И. Носкова, *Астрон. ж.*, 50, 962, 1973.
2. Р. И. Носкова, *Астрофизика*, 11, 249, 1975.
3. Р. И. Носкова, *Астрон. ж.*, 53, 300, 1976.
4. Р. И. Носкова, *Астрофизика*, 12, 45, 1976.
5. Р. И. Носкова, *Астрон. ж.*, 53, 1210, 1976.
6. Р. И. Носкова, *Астрон. ж.*, 45, 1315, 1968.
7. Р. И. Носкова, Т. А. Бирюля, *Сообщ. ГАИШ*, № 199, 15, 1977.
8. В. Страйжис, Э. Свидерскене, *Бюл. Вильнюсской обс.*, № 35, 1972.
9. J. B. Kaler, *Ap. J., Suppl. ser.*, 31, 517, 1976.
10. Р. И. Носкова, *Астрон. ж.*, 56, 532, 1979.
11. R. I. Noskova, W. G. Mathews, *Ap. J.*, 160, 939, 1970.
12. А. А. Бояричук, Р. Е. Гершберг, Н. В. Головинков, *Изв. Крымской обс.*, 38, 208, 1968.
13. C. R. O'Dell, *Ap. J.*, 135, 371, 1962.
14. J. H. Cahn, J. B. Kaler, *Ap. J., Suppl. ser.*, 22, 319, 1971.
15. Б. А. Воронцов-Вельяминов, *Z. Astrophys.*, 8, 195, 1934.
16. К. У. Адлен, *Астрофизические величины*, Мир, М., 1977.
17. C. R. O'Dell, in "Planetary Nebulae", IAU Symp. No. 34, Dordrecht-Holland, 1968, p. 361.