

ASTROFİZİKA

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОГО ПОТОКА ЭНЕРГИИ,
ИЗЛУЧАЕМОГО ПЛАНЕТАРНОЙ ТУМАННОСТЬЮ
В ЛИНИЯХ И КОНТИНУУМЕ В ОБЛАСТИ
ДЛИН ВОЛН $\lambda > 912 \text{ \AA}$**

Р.Э.ГУСЕЙНОВ, К.И.АЛЫШЕВА, С.А.Г.АЛИЛИ
Бакинский Государственный Университет

Предлагается метод оценки отношения суммарного потока энергии, излучаемого туманностью в линиях и континууме в области длин волн $\lambda > 912 \text{ \AA}$ на поток в линии H_{β} , который до сих пор считался постоянным для всех туманностей. Также вычислены светимости центральных звезд планетарных туманностей.

Из [1] известно, что для туманностей, оптически толстых в лаймановском континууме, с известным расстоянием, светимость можно определить по суммарному потоку энергии, излучаемому туманностью в линиях и континууме в области длин волн $\lambda > 912 \text{ \AA}$. Согласно [1], этот суммарный поток можно оценить как $100F(H_{\beta})$, где $F(H_{\beta})$ – поток энергии излучения в линии H_{β} ; там же отмечается, что вероятно, это значение может отличаться от истинного не более чем в два раза, за исключением холодных звезд, для которых эта оценка слишком занижена. Таким образом, соотношение между светимостью L и потоком F выражается в виде

$$L = 4\pi d^2 F = 4\pi d^2 10^2 F(H_{\beta}) \quad [\text{эрг/с}].$$

где d -расстояние до туманности.

Однако в действительности,

$$L = 4\pi d^2 H_{\gamma} F(H_{\beta}) \quad (1)$$

В данной работе предлагается метод оценки отношения суммарного потока энергии, излучаемого туманностью в линиях и континууме в области длин волн $\lambda > 912 \text{ \AA}$ на поток в линии H_{β} .

Согласно [2], радиус центральной звезды R^* можно определить по формуле

$$R_*^2 = \frac{2 \cdot 10^{-27} n_e^2 R^3 \varepsilon \sum_{i=3} i^2 A_{i2} b_i e^{x_i/kT_e}}{T_*^3 T_e^{3/2} \sum_{n=0} e^{-(n+1)x_0} \left[\frac{x_0^2}{n+1} + \frac{2x_0}{(n+1)^2} + \frac{2}{(n+1)^3} \right]}, \quad (2)$$

где n_e -концентрация электронов, R -радиус туманности, ε -коэффициент заполнения, A_{i2} -эйнштейновский коэффициент спонтанных переходов, $i \geq 3$ -номер уровней, b_i –величина, определяемая соотношением

$$n_i = b_i n_e n^+ \frac{i^2 h^3}{(2\pi m k T_e)^{3/2}} e^{x_i/kT_e},$$

т.е. показывающая во сколько раз значение $n_i/n_e n^+$ в туманностях отличается от значения $n_i/n_e n^+$ в состоянии термодинамического равновесия с электронной температурой туманности T_e ; в (2) T_* -эффективная температура центральной звезды, а $x_0 = h\nu_0/kT_*$, где ν_0 –частота границы лаймановской серии. Значения $b_i e^{x_i/kT_e}$ можно найти из таблицы Ситона [3].

Подставляя (2) в $L = 4\pi R_*^2 \sigma T_*^4$ (*) и учитывая, что радиус туманности $R = d\theta$ (θ -угловой радиус), получаем,

$$L = \frac{1,62 \cdot 10^{-46} n_e^2 \varepsilon d^3 \theta^3 T_* a}{T_e^{3/2} b}, \quad (3)$$

где, $a = \sum_{i=3} i^2 A_{i2} b_i e^{x_i/kT_e}$ и $b = \sum_{n=0} e^{-(n+1)x_0} \left[\frac{x_0^2}{n+1} + \frac{2x_0}{(n+1)^2} + \frac{2}{(n+1)^3} \right]$

обозначены суммы в числителе и знаменателе, соответственно.

Приравнявая (1) и (3), имеем

$$d = \frac{7,74 \cdot 10^{46} H_\Sigma F(H_\beta) T_e^{3/2} b}{n_e^2 \theta^3 \varepsilon T_* a}. \quad (4)$$

С другой стороны известно, что интенсивность излучения в водородной линии H_β с точностью до нескольких процентов приближенно может быть выражена как

$$4\pi j F(H_\beta) = 4,10 \cdot 10^{-22} T_e^{-0,88} n_e n(H^+) \text{ [эрг/см}\cdot\text{с]}.$$

С другой стороны

$$4\pi d^2 F(H_\beta) = 4\pi j(H_\beta) \frac{4}{3} \pi R^3 \varepsilon n_e n(H^+) \quad [\text{эрг/см}\cdot\text{с}].$$

Из последних двух уравнений имеем (см [1])

$$n_e \varepsilon^{1/2} = 2,74 \cdot 10^4 [F(H_\beta) t^{0,88} / \theta^3 d]^{1/2}, \quad (5)$$

где $F(H_\beta)$ выражается в единицах 10^{-11} эрг/(см²·с), θ - в секундах дуги, d - в килопарсеках, $t=10^{-4} T_e$. Принято, что $n(H^+)=0,8n_e$.

Учитывая вышесказанное, из (5) получаем

$$d = \frac{2,33 \cdot 10^{41} F(H_\beta) t^{0,88}}{n_e^2 \theta^3 \varepsilon}. \quad (6)$$

Таким образом, из сравнения (4) и (6) имеем

$$H_\Sigma = \frac{3 \cdot 10^{-6} (10^{-4} T_e)^{0,88} T_* \sum_{i=3}^{10} i^2 A_{i2} b_i e^{x_i/kT_e}}{T_e^{3/2} \sum_{n=0} e^{-(n+1)x_0} \left[\frac{x_0^2}{n+1} + \frac{2x_0}{(n+1)^2} + \frac{2}{(n+1)^3} \right]}. \quad (7)$$

По формуле (7) оценена величина H_Σ для туманностей, считающихся оптически толстыми в лаймановском континууме.

Таким образом, зная суммарный поток энергии, излучаемого планетарной туманностью в линиях и континууме в области длин волн $\lambda > 912 \text{ \AA}$, по общеизвестной формуле (*) можно вычислить светимости центральных звезд планетарных туманностей.

Результаты приведены в следующей таблице.

№	Туманность	T_* , К	T_e , К	$F(H_\beta)_{\text{ист}}$, 10^{-11}	d , кпс	H_Σ	L/L_\odot , 10^2
1	2	3	4	5	6	7	8
1	NGC 40	35000	8500	12,30	0,75	129,67	2,81
2	NGC 1360	100000	18000	11,30	0,55	56,16	0,60
3	NGC 1535	73000	11000	4,87	1,5	68,17	2,34
4	NGC 2003	67000	12000	1,09	1,9	67,93	0,84
5	NGC 2392	89000	13000	0,59	0,5	69,06	0,03
6	NGC 2440	190000	14000	10,10	1,6	107,01	8,67
7	NGC 2452	100000	12000	1,27	1,5	72,22	0,65
8	NGC 2792	95000	14000	4,00	2,5	70,09	5,49
9	NGC 2867	107000	12000	6,74	2,2	74,34	7,60
10	NGC 3132	85000	9500	5,95	0,7	70,67	0,65
11	NGC 3211	115000	12000	1,82	2,8	77,00	3,44
12	NGC 3242	68000	11000	20,00	0,8	68,44	2,75

13	NGC 3918	112000	11000	23,40	1,3	76,68	9,51
14	NGC 4361	80000	23000	3,29	1,4	67,46	1,36
15	NGC 5315	48000	9000	15,60	1,4	82,37	7,90
16	NGC 5882	61000	9000	10,90	1,3	71,63	4,14
17	NGC 6210	55000	10000	10,90	0,2	74,02	0,10
18	NGC 6445	160000	13000	11,50	2,4	94,31	19,59
19	NGC 6543	58000	8300	31,10	1,7	74,32	20,94
20	NGC 6572	67000	10500	41,10	0,7	68,91	4,35
21	NGC 6629	41000	9000	10,50	1,9	98,15	11,66
22	NGC 6720	100000	10000	11,00	0,32	73,73	0,26
23	NGC 6741	210000	11600	6,63	1,4	117,78	4,80
24	NGC 6751	65000	10000	2,95	1,2	69,71	0,93
25	NGC 6778	55000	10000	1,57	1,2	74,02	0,52
26	NGC 6790	80000	12000	10,90	1,0	67,97	2,32
27	NGC 6853	103000	12000	41,50	0,25	73,10	0,59
28	NGC 6886	163000	13000	3,44	1,7	95,60	2,98
29	NGC 7008	85000	13000	7,49	1,1	68,29	1,94
30	NGC 7009	74000	9000	24,00	0,6	69,73	1,89
31	NGC 7026	60000	9500	12,60	1,7	71,78	8,19
32	NGC 7027	295000	14000	154,00	1,0	156,58	75,60
33	NGC 7662	100000	13000	15,20	0,95	71,80	3,09
34	IC 418	32000	8500	50,40	0,33	157,04	2,70
35	IC 1747	67000	10000	3,37	1,9	69,35	2,65
36	IC 2149	33000	10500	7,99	1,1	141,32	4,28
37	IC 2165	116000	13000	4,62	2,1	76,90	4,91
38	IC 4997	57000	18000	8,49	0,82	55,39	0,99
39	IC 5217	78000	11000	3,00	1,2	68,40	0,93
40	J 900	135000	11500	3,53	1,4	84,86	1,84
41	Hu 1-2	100000	16000	3,00	1,2	71,08	0,96
42	NGC 2022	72000	14000	1,90	1,5	66,81	0,90
43	NGC 2371	92000	14500	1,30	0,53	69,22	0,08
44	NGC 2448	84000	12500	1,91	1,6	68,27	1,05
45	NGC 3587	117000	10000	5,36	0,93	79,33	1,15
46	NGC 6302	270000	16500	67,30	0,3	143,81	2,73
47	NGC 6501	140000	14000	2,99	1,0	85,54	0,80

48	NGC 6644	95000	12500	5,89	2,1	70,60	5,75
49	NGC 6818	120000	12000	5,17	1,65	78,78	3,48
50	NGC 6891	43000	10000	3,70	1,1	91,32	1,28
51	NGC 6826	42000	10700	11,50	1,0	93,21	3,36
52	NGC 6905	85000	12000	1,54	0,9	68,70	0,27
53	IC 351	66000	12000	0,49	1,4	68,09	0,20
54	IC 3568	55000	11000	3,11	0,82	73,18	0,48
55	J 320	69000	12000	0,86	1,0	67,70	0,18
56	He 2-131	25000	7000	12,40	1,3	336,95	22,14
57	BD+30	31000	8000	21,90	0,78	171,11	7,15
58	Me 2-1	135000	23000	0,85	1,5	83,86	0,50
59	Hb 12	46000	13000	17,00	0,93	82,56	3,81
60	Cn 3-1	25000	8000	1,12	1,7	328,42	3,33
61	Ps-1	23000	12000	0,10	10	427,93	12,85
62	NGC 2438	134000	12000	2,84	2,0	84,09	2,99
63	NGC 6072	100000	12000	4,34	1,45	72,22	2,07
64	NGC 6439	110000	12000	1,53	1,3	75,31	0,61
65	NGC 6563	118000	12000	2,38	0,84	78,06	0,41
66	NGC 6772	120000	12000	2,60	0,87	78,78	0,49
67	NGC 6781	100000	12000	4,69	1,5	72,22	2,39
68	NGC 6565	67000	8000	1,69	1,3	72,09	0,65
69	NGC 6537	165000	12000	1,90	1,64	97,04	1,55
70	NGC 246	100000	12000	6,75	0,6	72,22	0,55

Таким образом, определение суммарного потока энергии, излучаемого планетарной туманностью в линиях и континууме в области длин волн $\lambda > 912 \text{ \AA}$, дает возможность более точного определения светимости центральных звезд планетарных туманностей. При известных температурах центральных звезд, зная светимость, можно построить диаграмму Герцшпрунга-Рессела, которая может позволить дать более полную картину эволюции планетарных туманностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Потташ С. «Планетарные туманности», Москва, 1987
2. Guseynov R.E., Alisheva K.I. «Determination of nuclear radius of planetary nebulae», Fizika, 2000
3. Соболев В.В. «Курс общей астрофизики», Москва, 1987

**PLANETAR DUMANLIĞIN $\lambda > 912\text{\AA}$ DALĞA UZUNLUĞU
OBLASTINDA XƏTLƏRDƏ VƏ KONTINUUMDA TAM SELİN TƏYİNİ**

R.E.HÜSEYNOV, K.I.ALIŞOVA, A.H.ƏLİLİ

ANNOTASIYA

İndiyə kimi bütün planetar dumanlıqlar üçün sabit sayılan $\lambda > 912\text{\AA}$ dalğa uzunluğu oblastında xətlərdə və kontinuumda tam selin H_{β} xətlərində olan selə nisbətinin təyini metodu təklif olunur. Həmçinin planetar dumanlıqların mərkəzi ulduzlarının işıqlıqları hesablanmışdır.

**DETERMINATION OF TOTAL FLOW OF ENERGY, RADIATED
PLANETARY NEBULA IN LINES AND CONTINUUM IN THE WAVES
 $\lambda > 912\text{\AA}$**

R.E.HUSEYNOV, K.I.ALISHOVA, A.H.ALILI

ABSTRACT

Proposed method of evaluation a relations of total flow of energy, radiated nebula in lines and continuum in the waves $\lambda > 912\text{\AA}$ on the flow in lines H_{β} , which was hitherto considered constant for all nebulae. Also calculated luminosity of central stars of planetary nebulae.