

## СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА \* КАСИОПЕЯ. IV

*Богомил Ковачев*

В [1], [2] и [3] са дадени резултатите от спектрофотометрично изследване на звездата \* Касиопея (B1 I a) по еднороден наблюдателен материал за 1963, 1964 и 1966 г., а в [1] — и пояснение на поставената цел за нейното изучаване.

Както е упоменато в [1], ние разполагахме със седем спектрограми за 1962 г., любезно предоставени от О. П. Голандский (Кримска астрофизическа обсерватория — КРАО). Впоследствие получихме и пет спектрограми на звездата от О. П. Голандский и д-р И. М. Копылов за 1958 г.

Резултати от наблюдателния материал за 1958 г. са публикувани в [4]. Тъй като обработката на този материал е извършена в КРАО с друга апаратура и вероятно оценката на големината на внасяната лична грешка (от прекарване на непрекъснатия спектър, очертаване на линиите и т. н.) ще е различна, ние предприехме ново фотометриране и обработка на спектрограмите за 1958 г. по пътя, описан подробно в [1]. Така ние се надяваме да имаме по-голяма еднаквост в получаването на величините, които искаме да сравним за различните години. Съпоставянето на еквивалентните широчини, получени в [4], с измерените от нас дава и някои указания доколко сравняването на резултати, получени от различни автори, може да доведе в случая до изводи за промяната в интензивността на линиите на поглъщане. Наред с това получава се възможност и за сравнителна оценка на точността на нашата работа.

В настоящата статия се дават само изходните данни от обработката на наблюденията и основаващите се на тях крайни резултати за физическите условия и химическия състав на атмосферата на звездата. Формулите, използвани за получаване на отделните величини, се цитират с номерата, които имат в (1), и са поставени в двойни скобки.

## НАБЛЮДАТЕЛЕН МАТЕРИАЛ

Спектрограмите за \* Касиопея от 1958 и 1962 г. са получени с 1,22-метровия телескоп на КРАО. През 1958 г. е работено с камера № 3 на еднопризмения спектрограф, а през 1962 г. — на дифракционния спектрограф АСП-11.

Спектрограмите за 1958 г. имат дисперсия 23,4 Å/mm при H<sub>γ</sub>, широчината им върху плаките е 0,8 mm, а почерняването — равномерно.

Спектрограмите за 1962 г. имат широчина към 0,4 mm и също така равномерно почерняване. Те са получени за два вълнови интервала (3600—4200 Å и 4100—4800 Å), като при първия от тях имаме и различия в поставения ъгъл на дифракционната решетка. Поради това са строени и използвани отделни дисперсионни криви. Дисперсията от късовълновия до дълговълновия край на спектрите се мени съответно от 15,5 до 11 Å/mm.

Списъкът на измерените спектрограми наред с други данни за тях е даден в табл. 1.

Таблица 1

№	Запис	Дата	Експозиция	Плака	Вълнов интервал	Дисперсия
1	T <sub>1</sub>	12. X. 1958	30m	103a0	3600—5000Å	23 Å/mm при H <sub>γ</sub>
2	T <sub>2</sub>	12. X. 1958	35m	"	"	"
3	T <sub>3</sub>	12. X. 1958	30m	"	"	"
4	T <sub>4</sub>	12. X. 1958	25m	"	"	"
5	3	24. VIII. 1958	1h 05m	"	"	"
1	T <sub>33</sub>	11. X. 1962	1h 10m	"	3600—4200	14 Å/mm
2	T <sub>34</sub>	11. X. 1962	2h 20m	"	4100—4800	"
3	2	29. X. 1962	1h 15m	"	3600—4200	"
4	T <sub>31</sub>	31. X. 1962	1h 25m	"	"	"
5	T <sub>32</sub>	20. XI. 1962	1h 10m	"	"	"
6	T <sub>35</sub>	20. XI. 1962	2h 05m	"	4100—4800	"
7	T <sub>37</sub>	20. XI. 1962	1h 20m	"	3600—4100	"

#### МЕЖДУЗВЕЗДНИ ЛИНИИ

На измерените спектрограми имаме силни линии на поглъщане от междузвездния калций — резонансната двойка  $4s^2S - 4p^2P^o$  с дължини на вълните 3968 Å и 3933 Å (H и K) и ивицата на поглъщане  $\lambda$  4430. Поради нейното влияние в интервала  $\lambda\lambda$  4414—4450 Å за еквивалентните широчини на линиите е дадена само една горна граница.

#### Водород

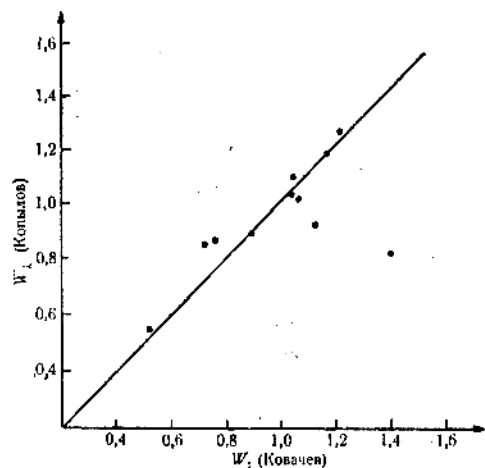
В табл. 2 са дадени измерените линии на Балмеровата серия на водорода от спектрограмите за 1958 и за 1962 г.

Водородните линии за 1958 г. са измерени до H<sub>14</sub>, като тези с по-големи номера лежат ниско в криволинейната част на характеристичната крива. Само на спектр T<sub>3</sub> те са измерени с по-голяма увереност. Този спектр от своя страна е преекспониран в интервала  $\lambda\lambda$  4260—4480 Å. Изобщо резултатите за водородните линии от измерените тук спектрограми на звездата за 1958 г. имат малко тегло.

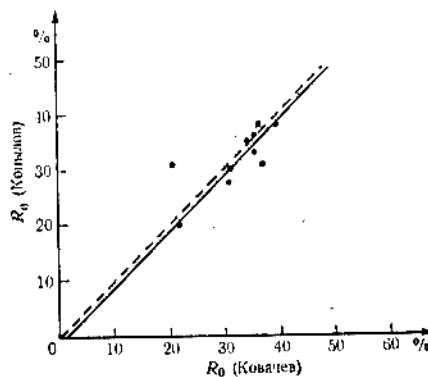
Наблюдателният материал за 1962 г. позволява измерването на водородните линии включително до H<sub>18</sub>. И за двете години при H<sub>γ</sub> личи

## H I

H I	Спектрограми за 1958 г.					Спектрограми за 1962 г.				
	$\lg W_\lambda$	$\lg N_{02} H$	$R_0 \%$	$n$	$nt$	$\lg W_\lambda$	$\lg N_{02} H$	$R_0 \%$	$n$	$nt$
H <sub>18</sub>	—	—	—	—	—	1,35	15,48	14,3	2	4
H <sub>17</sub>	—	—	—	—	—	1,51	15,54	14,5	4	9
H <sub>16</sub> (He I)	—	—	—	—	—	(1,79)	(15,76)	(24,4)	4	9
H <sub>15</sub>	—	—	—	—	—	1,80	15,66	25,0	4	9
H <sub>14</sub>	1,66	15,45	26,0	1	1	1,81	15,60	23,7	4	9
H <sub>13</sub>	1,75	15,44	21,0	3	2,5	1,87	15,56	27,5	4	11
H <sub>12</sub>	1,90	15,47	30,9	3	3,0	0,04	15,61	32,0	4	9
H <sub>11</sub>	0,02	15,47	31,5	4	4,5	0,06	15,50	33,3	4	9
H <sub>10</sub>	0,06	15,36	37,0	5	5	0,16	15,46	38,4	3	5
H <sub>9</sub>	0,02	15,16	35,5	5	8	0,11	15,25	37,7	5	10
H <sub>8</sub>	0,02	14,98	34,6	5	13	0,03	14,99	35,6	5	10
H <sub>7</sub> (Ca II)	(0,09)	(14,84)	(36,6)	5	6	(0,08)	(14,83)	(41,0)	5	10
H <sub>6</sub>	0,07	14,55	39,5	5	12	0,09	14,57	40,2	7	14
H <sub>5</sub>	0,03	14,16	35,8	4	6	0,00	14,13	35,2	4	6
H <sub>β</sub>	1,88	13,47	21,2	5	11	—	—	—	—	—



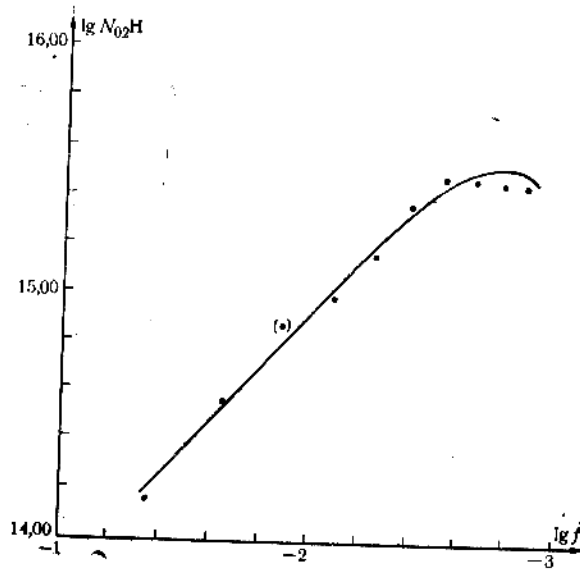
Фиг. 1. Сравнение на еквивалентните широчини на водородните линии за 1958 г. с резултатите от [4]



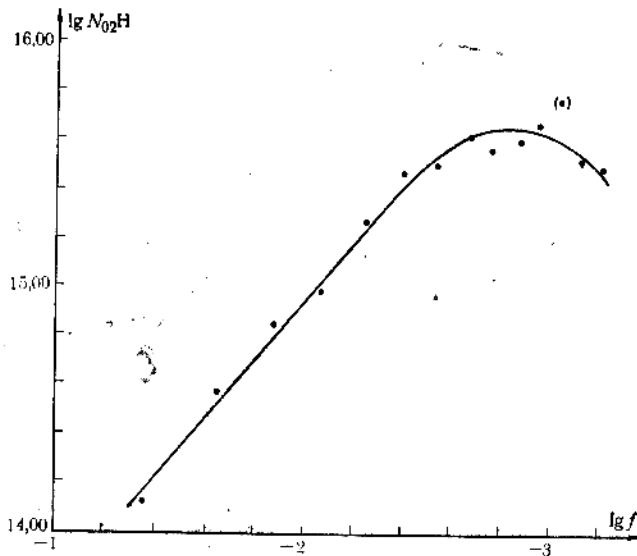
Фиг. 2. Сравнение на централните дълбочини на водородните линии за 1958 г. с резултатите от [4]

блендата на Ca II ( $\lambda$  3968,5 Å). Блендиране имаме и на H<sub>10</sub> от линията на He I  $\lambda$  3705 Å.

В табл. 2 е даден броят  $n$  на спектрограмите, върху които е измерена дадена линия, и произведението на този брой със средното тегло  $t$  от теглата за измерванията за  $n$ -те спектрограми (произведението  $nt$  е фактически сумата от теглата). Величините  $\lambda$ ,  $\lg f$  и  $c_\lambda$  за измерените



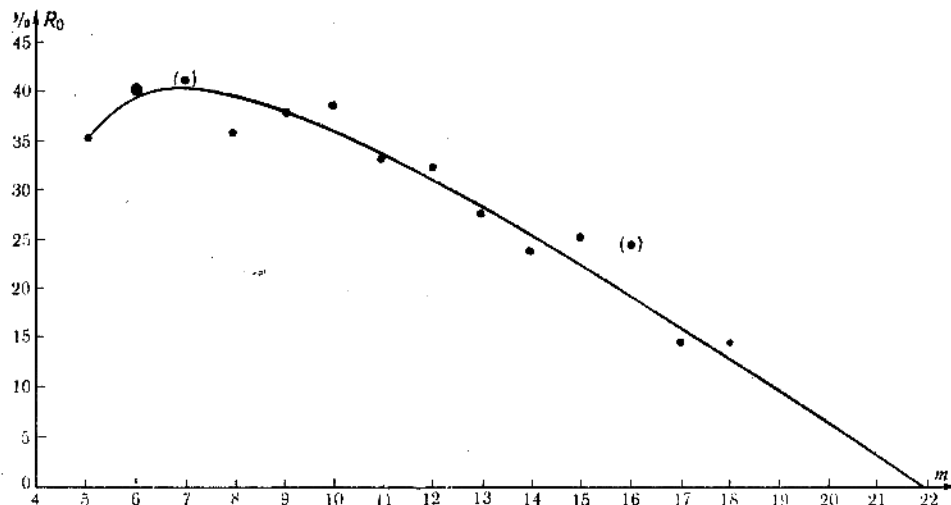
Фиг. 3. График за определяне на  $\lg N_{02}H$  за 1958 г.



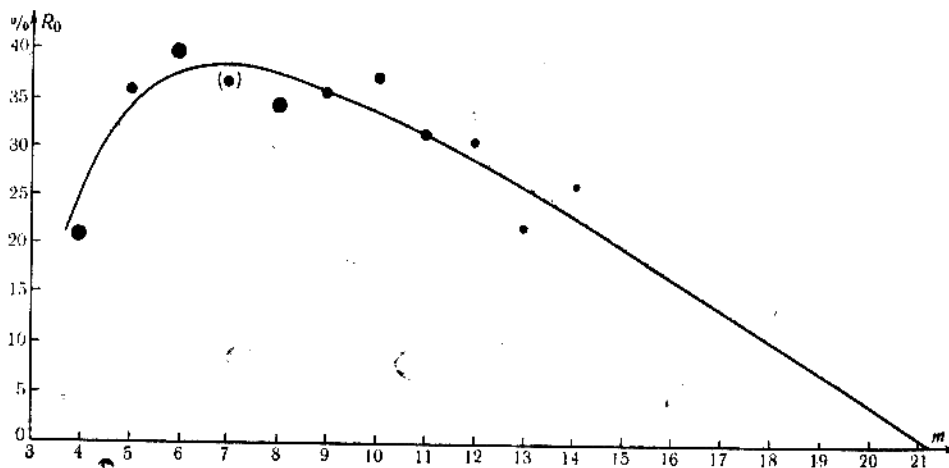
Фиг. 4. График за определяне на  $\lg N_{02}H$  за 1962 г.

линии се съдържат в съответните таблици за  $H$  в [1]—[3]. Стойностите за  $\lg N_{02}H$  са дадени в табл. 2. Те са изчислени за оптично тънък слой по формула ((1)).

На фиг. 1 са съпоставени измерванията на еквивалентните широчини на линиите от Балмеровата серия за 1958 г. от получените от нас данни



Фиг. 5. Зависимост на централната дълбочина  $R_0$  от номера  $n$  за водородните линии (1958 г.). Определяне на  $R_c$  и  $m$



Фиг. 6. Зависимост на централната дълбочина  $R_0$  от номера  $n$  за водородните линии (1962 г.). Определяне на  $R_c$  и  $m$

и в [4]. На фиг. 2 са съпоставени централните дълбочини  $R_0$  на водородните линии от съответните измервания. Може да се приеме, че получените от нас стойности на  $R_0$  са по-големи от тези в [4] средно с 1 (при данни за  $R_0$  в проценти). Тази разлика е незначителна.

От фиг. 3 и 4, на които са нанесени стойностите на  $\lg N_{02}H$  във функция от  $\lg f$  съответно за 1958 г. и 1962 г. (по-нататък на величините, които се отнасят за 1958 г., са отбелязани с (I), а на тези за 1962 г. — с (II)), получаваме

$$\lg N_{O_2}H(I) = 15,52, \quad \lg N_{O_2}H(II) = 15,66.$$

Уравнение ((6)), получено от ((4)) и ((5)), има за случая на водород в йонизирано състояние вида ((6))

$$(1) \quad \lg N_H H = \lg N_{O_2} H - \lg n_e + 14,78 - 3,39 \frac{5040}{T_H} + \frac{3}{2} \lg T_H.$$

Съответните електронни плътности пресмятаме по формулата на Инглис — Теллер ((7)), като използваме стойностите

$$(2) \quad m(I) = 21,2, \quad m(II) = 21,8,$$

получени от фиг. 5 и 6, където са нанесени централните дълбочини на линиите на водорода във функция от номера им в Балмеровата серия. Продължението на кривата от фиг. 5 до пресичането ѝ с абсцисата е екстраполирано успоредно на съответната крива от фиг. 6.) Кривите на тези фигури ни дават още максималните дълбочини на линиите (в проценти), откъдето

$$(3) \quad R_c(I) = 0,385, \quad R_c(II) = 0,410.$$

Със стойностите на  $m(I)$  и  $m(II)$  от (2) получаваме по ((7))

$$(4) \quad \lg n_e(I) = 13,32, \quad \lg n_e(II) = 13,23.$$

Както е показано в [1], за случая на тези резултати не влияе прекриване на линиите от доплеров ефект.

За оптично дебел слой по ((9)) със стойностите на  $R_c(I)$  и  $R_c(II)$  от (3), максималните стойности на  $\lg N_{O_2}H$  от фиг. 3 и 4 и данните за еквивалентните широчини за  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$  и  $H_\delta$  от табл. 2, взети със своите тегла, намираме средните стойности

$$(5) \quad \lg n_e(I) = 13,60, \quad \lg n_e(II) = 13,71.$$

Разликите между  $\lg n_e$  от (4) и (5) са

$$(6) \quad \Delta \lg n_e(I) = 0,28, \quad \Delta \lg n_e(II) = 0,48.$$

По-нататък използваните линии се тълкуват в условията на оптично тънък слой и за  $\lg n_e$  се вземат съответните стойности от [4].

В следващи пресмятания ние получаваме от (17)  $T_H(I) = 21\,100^\circ$  и  $T_H(II) = 20\,400^\circ$ . Като заместим тези стойности в ((6)) наред със стойностите на  $\lg N_{O_2}H$  от (1) и  $\lg n_e$  от (4), получаваме

$$(7) \quad \lg N_H H(I) = 22,66, \quad \lg N_H H(II) = 22,83.$$

В случая това са резултатите за пълния брой на водородните атоми в стълб от атмосферата на звездата с основа  $1 \text{ cm}^2$ .

### Хелий

Резултатите от измерванията на линиите на He I по спектрограмите от 1958 и 1962 г. са дадени в табл. 3. Стойностите на  $c_1$  в нея са пресметнати по ((2)), а на  $\lg N_{r,s}H$  за оптично тънък слой — по ((1')). С л е

Таблица 3

## He I

Серия	$\lambda$ (бленда)	$\lg \lambda^2 f$	$c_1$	Спектрограми за 1958 г.				Спектрограми за 1962 г.			
				$\lg W_\lambda$	$\lg N_{r,s}H$	$n$	$nm$	$\lg W_\lambda$	$\lg N_{r,s}H$	$n$	$nm$
$2^3P-n^3D$	4471,5	- 9,61	13,662	1,86	13,52	4	5	1,90	13,56	4	7
	4026,2 (He I)	-10,12	14,174	1,76	13,93	5	13	1,78	13,95	4	11
	3819,6	-10,47	14,520	1,71	14,23	5	7	1,78	14,30	5	12
$2^3P-n^3S$	4713,3	-10,59	14,642	1,54	14,18	4	6	1,53	14,17	3	6
	4120,9 (O II, S II, Fe III)	-11,10	15,153	(1,73)	(14,88)	5	(8)	(1,69)	(14,84)	7	12
	3867,6	-11,52	15,573	2,99	14,56	4	10	1,14	14,72	5	11
$2^1P-n^1D$	4921,9	- 9,54	13,588	1,81	13,40	5	13	—	—	—	—
	4387,9	-10,08	14,134	1,64	13,79	4	6	1,67	13,81	4	9
	4143,8	-10,44	14,492	1,48	13,97	5	11	1,47	13,96	7	12
	4009,3	-10,72	14,755	1,41	14,16	5	12	1,29	14,04	5	9
	3926,5	-10,94	14,996	1,16	14,15	4	11	1,19	14,19	3	6
	3871,8	-11,13	15,180	1,09	14,27	5	10	1,07	14,25	3	6
	3871,8	-11,13	15,180	1,09	14,27	5	10	1,07	14,25	3	6
$2^1P-n^1S$	4437,5	-11,22	15,278	(1,37)	(14,65)	4	4	—	—	—	—
	4168,9 (O II)	-11,58	15,634	1,10	14,73	3	5	(1,03)	(14,66)	2	4
	3878,2	-12,26	16,308	2,93	15,24	2	4	2,89	15,20	3	4
	3838 (H <sub>11</sub> , S III, N II)	-12,42	16,470	(1,98)	(16,45)	4	6	(1,37)	(15,84)	4	9
$2^1S-n^1P$	3964,7	—	—	1,38	—	5	12	1,40	—	5	12

означен броят на измерените спектрограми за съответната линия, а с  $m$  — средното ѝ тегло.

На фиг. 7 и 8 са нанесени съответно стойностите на  $\lg N_{r,s}H$  от табл. 3 за нивата  $2^3P$  и  $2^1P$  във функция от  $\lg \lambda^2 f$ .

По тях за броя на атомите на He I се отчитат следните долни граници:

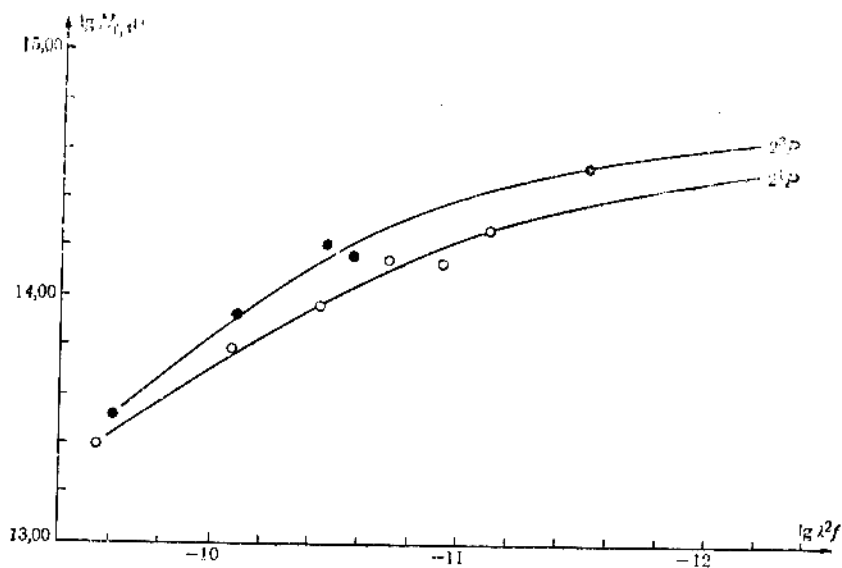
$$(8) \quad \begin{aligned} \lg N_{2^3P}H(I) &= 14,64, & \lg N_{2^1P}H(I) &= 14,51, \\ \lg N_{2^3P}H(II) &= 14,84, & \lg N_{2^1P}H(II) &= 14,57. \end{aligned}$$

С тези величини и статистическите тегла на двете основни нива получаваме

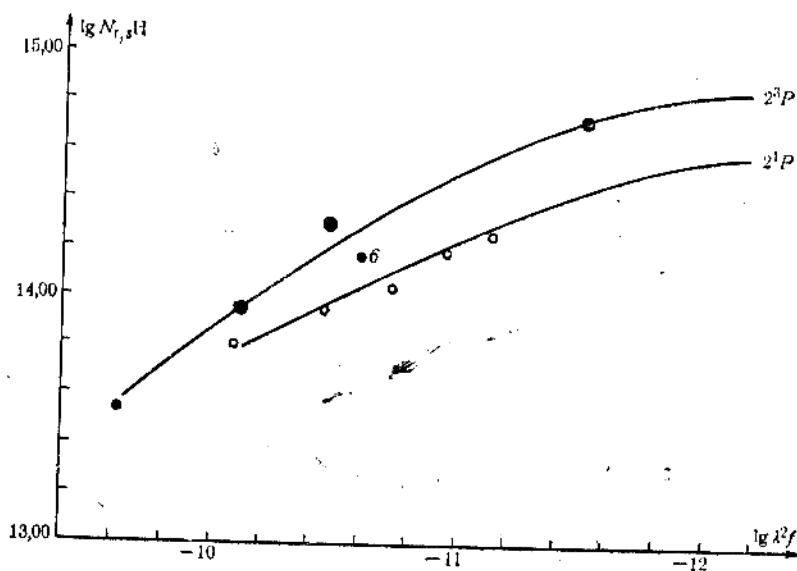
$$(9) \quad \begin{aligned} \lg \frac{N_{r,s}H}{g_{r,s}}(2^3P)(I) &= 13,69, & \lg \frac{N_{r,s}H}{g_{r,s}}(2^1P)(I) &= 14,03, \\ \lg \frac{N_{r,s}H}{g_{r,s}}(2^3P)(II) &= 13,89, & \lg \frac{N_{r,s}H}{g_{r,s}}(2^1P)(II) &= 14,09. \end{aligned}$$

Замествайки тези стойности в ((13)), където  $\lg u_{r+1} = 0,30$ ,  $\chi_{r,s}(2^3P) = 20,87$ ,  $\chi_{r,s}(2^1P) = 21,13$  и  $\chi_r = 24,58$ , получаваме

$$(10) \quad \begin{aligned} \lg N_{r+1}H(2^3P)(I) &= 21,96, & \lg N_{r+1}H(2^1P)(I) &= 22,36, \\ \lg N_{r+1}H(2^3P)(II) &= 22,18, & \lg N_{r+1}H(2^1P)(II) &= 22,45, \end{aligned}$$



Фиг. 7. График за определяне на  $\lg N_{\text{He I}}$  за нивата  $2^3P$  и  $2^1P$  на неутралния хелий (1958 г.)



Фиг. 8. График за определяне на  $\lg N_{\text{He I}}$  за нивата  $2^3P$  и  $2^1P$  на неутралния хелий (1962 г.)

откъдето, вземайки резултатите за двете нива с равно тегло, намирам за обилието на йонизирания хелий средните стойности

$$(11) \quad \lg N_{\text{He H(I)}} = 22,16, \quad \lg N_{\text{He H(II)}} = 22,32,$$



За съотношението на броя на атомите на водорода и хелия от (7) и (11) получаваме

$$(12) \quad \lg \frac{N_{\text{H}}}{N_{\text{He}}} (\text{I}) = 0,50, \quad \lg \frac{N_{\text{H}}}{N_{\text{He}}} (\text{II}) = 0,51.$$

### Определяне на $V_t$ , $T_B$ , $T_u$ и химическия състав на атмосферата на звездата

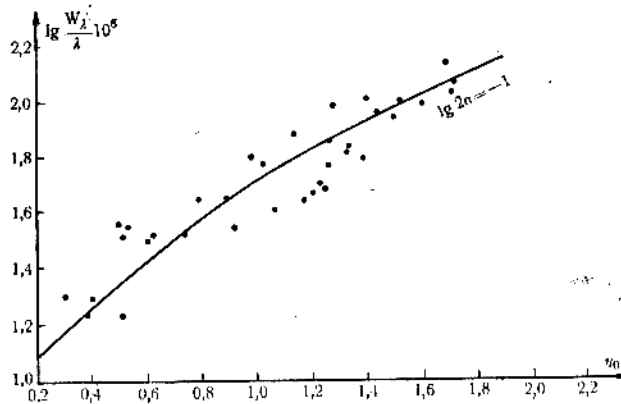
В табл. 4 са дадени стойностите на  $\lg(W_\lambda/\lambda) \cdot 10^6$  наред с данните за  $E.P.$ ,  $\lg gf\lambda$  и пресметнатите с помощта на кривата на ръста  $\lg \eta_0$  и  $\lg(N_i H/g_i)$  за линиите на O II, N II, Si III, Si IV, C II, S III, Mg II и Ne II. Стойностите на  $\lg(W_\lambda/\lambda) \cdot 10^6$  са получени и тук чрез усредняване със съответно тегло (от 1 до 3) на измерванията от отделните спектрограми. Средното тегло от всички измервания на дадена линия е означена с  $m$ . Величината  $nm$  е теглото на линията при пресмятането на обилието на съответния елемент.

И тук, както и в предишните публикации ([1]—[3]) за изследването на  $\kappa$  Касиопея, е работено с теоретичната крива на ръста на Унзолд, построена по данните на Хунгер [5] с координати

$$(13) \quad X = \lg \frac{N_i H f \lambda}{2R_c \pi V_t} = \eta_0, \quad Y = \lg \frac{W_\lambda}{\lambda} \frac{c}{2R_c V_t}.$$

Опитната крива на ръста е построена с координати

$$(14) \quad x = \lg \frac{W_\lambda}{\lambda} \cdot 10^6, \quad y = \lg gf\lambda$$



Фиг. 9. Крива на ръста, построена по мултиплети на O II и Si III (1958 г.)

по даните за O II (без мултиплет № 48, който и тук дава отклонение от общия ход) и Si III от табл. 4. Тя е съвместена с теоретичната за случая  $2a = -1$ . На фиг. 9 и 10 са дадени части от последната заедно с точките от построяването на опитните криви на ръста.



Элемент	Мульти-плет	$\lambda$	E. P.	$\lg g/\lambda$	Спектрограммы за 1958 г.				Спектрограммы за 1962 г.					
					$\lg \frac{W_{\lambda}}{\lambda} \cdot 10^6$	$\lg \eta_0$	$\frac{N/H}{\lg g/\lambda}$	n	nm	$\lg \frac{W_{\lambda}}{\lambda} \cdot 10^6$	$\lg \eta_0$	$\frac{N/H}{\lg g/\lambda}$	n	nm
O II (N III) (C III) (C III) * * * * * * * * * * * * * * * *	1	4638,8	22,87	-4,50	1,83	1,23	12,70	3	2,5	1,75	1,38	12,69	3	6
	1	4641,8	22,88	-4,11	2,08	1,76	12,84	4	3	2,05	2,10	13,02	3	5
	1	4649,2	22,90	-3,78	(2,49)	(3,00)	(13,75)	4	4,5	2,48	3,41	14,00	3	5
	1	4661,6	22,88	-4,42	2,03	1,65	13,04	4	3,5	1,90	1,70	12,93	3	6
	1	4673,8	22,88	-5,25	—	—	—	—	—	1,33	0,71	12,77	3	4
	1	4676,2	22,90	-4,55	2,00	1,59	13,11	4	3	1,81	1,51	12,87	3	6
	2	4317,1	22,87	-4,62	1,72	0,98	12,57	4	6	1,64	1,18	12,61	2	5
	2	4319,6	22,88	-4,59	4,59	1,05	12,61	4	5,5	1,64	1,18	12,61	2	5
	2	4325,8	22,87	-5,31	1,24	0,41	12,69	3	3	1,64	1,18	12,58	2	5
	2	4336,9	22,88	-5,04	1,66	0,95	12,96	4	4	—	—	—	—	—
	2	4345,6	22,88	-4,55	1,88	1,34	12,86	4	4	1,28	0,64	12,49	3	4
	2	4349,4	22,90	-4,14	2,16	1,96	13,07	4	5,5	1,75	1,78	12,74	4	6
	2	4366,9	22,90	-4,49	1,6	1,30	12,76	4	5,5	1,93	1,78	12,73	3	6
	5	4414,9	23,34	-3,99	2,01	1,60	12,56	4	6	1,61	1,12	12,42	4	8
	5	4417,0	23,32	-4,24	1,92	1,42	12,63	4	3,5	1,93	1,78	12,58	3	4
	6	3945,0	23,32	-5,06	1,56	0,81	12,84	4	3,5	1,82	1,54	12,59	3	6
	6	3954,4	23,32	-4,67	1,56	0,81	12,84	5	12	1,41	0,82	12,69	5	9
	6	3973,3	23,34	-4,28	1,89	1,36	12,61	5	13	1,60	1,11	12,59	4	9
	6	3982,7	23,34	-5,00	1,52	0,75	12,72	5	13	1,91	1,73	12,82	5	8
10	4069,9	25,53	-3,73	1,78	1,14	11,84	4	9	1,63	1,16	12,97	5	9	
10	4072,2	25,54	-3,75	1,71	1,02	11,74	4	9	1,99	1,94	12,48	4	8	
10	4075,9	25,55	-3,60	1,81	1,20	11,77	4	10	1,75	1,38	11,94	4	8	
10	4078,9	25,53	-4,58	1,30	0,48	12,03	5	13	1,86	1,62	12,03	5	10	
10	4085,1	25,54	-4,47	1,52	0,75	12,19	4	8	1,43	0,85	12,24	2	4	
10	4092,9	25,55	-4,60	1,24	0,41	11,98	5	10	1,47	0,91	12,19	4	9	
12	3864,5	25,54	-4,68	1,31	0,49	12,14	4	8,5	1,45	0,88	12,29	3	6	
12	3882,3	25,55	-4,36	1,53	0,76	12,09	5	8	—	—	—	—	—	
15	4591,0	25,55	-3,85	1,90	1,38	12,20	4	12	1,70	1,30	12,47	5	10	
15	4596,2	25,55	-4,01	1,81	1,20	12,18	4	3,5	1,69	1,28	11,94	3	5	
17	3912,0	25,55	-3,93	1,62	0,90	11,80	4	2,5	1,72	1,34	12,16	3	5	
19	4132,8	25,72	-4,39	1,51	0,73	12,09	5	12	1,49	0,94	11,68	4	8	
19	4153,3	25,73	-4,24	1,54	0,78	11,99	5	9	1,49	0,94	12,14	4	7	
19	4156,5	25,74	-5,11	1,17	0,34	12,42	4	8	1,48	0,92	11,97	6	12	

20	4105.0	25.73	-4.09	1.66	0.95	12.01	4	7	1.63	1.16	12.06	4	7
20	4110.8	25.73	-4.36	(2.12)	1.86	(12.66)	5	8	1.27	0.62	11.79	4	8
20	4119.2	25.74	-3.83	1.67	0.96	11.57	4	5.5	(2.07)	2.14	(12.78)	7	14
25	4705.3	26.14	-3.64	1.55	0.79	12.15	4	4.5	1.52	0.98	11.43	3	9
26	4396.0	26.14	-4.39	1.50	0.72	11.27	4	8	1.58	1.08	11.47	4	5
36	4189.8	28.24	-3.58	1.45	0.65	11.86	3	2	1.10	0.44	11.49	2	5
41	4331.9	28.39	-4.24	1.98	1.55	12.01	5	12	2.01	1.98	12.28	4	8
48	4089.3	28.58	-3.49	1.03	0.16	10.86	4	8.5	1.66	1.22	12.63	5	10
48	4095.6	28.36	-3.73	1.71	1.02	11.59	5	8	1.30	0.67	12.20	2	2
54	4303.8	28.70	-4.72	1.70	1.02	12.11	3	2	1.42	0.84	11.41	2	3
58	4701.5	28.71	-4.12	1.70	1.02	11.75	4	5.5	1.69	1.28	11.30	3	4
67	4275.5	28.73	-3.76	1.82	1.22	11.40	3	4	1.41	0.82	11.87	3	4
101	4253.8	31.18	-3.21	1.70	1.02	12.23	4	2.5	1.46	0.90	11.91	3	6
5	4630.9	18.40	-4.24	1.62	0.90	12.07	5	13	1.16	0.50	10.58	3	5
12	3995.0	18.42	-4.20	1.41	0.61	11.84	4	3	2.08	2.20	13.05	2	4
15	4447.0	21.32	-4.26	2.05	1.68	12.69	4	3.5	1.96	1.86	12.92	3	7
42	4176.2	23.10	-3.27	1.96	1.49	12.71	4	3.5	1.82	1.54	13.07	3	5
2	4552.6	18.92	-4.04	1.80	1.18	12.87	4	3.5	1.58	1.08	11.61	3	7
2	4567.8	18.92	-4.25	1.82	1.18	12.87	4	3.5	1.75	1.38	12.39	4	7
2	4574.8	18.92	-4.72	1.82	1.22	12.39	5	10	(1.52)	0.98	(12.46)	5	11
5	3806.6	21.63	-3.72	(1.56)	0.81	(12.45)	4	8	1.60	1.11	11.32	4	8
1	4116.1	23.95	-4.20	1.65	0.94	11.31	4	8	1.30	0.67	10.59	4	8
4	3920.7	16.25	-4.67	1.34	0.54	10.62	4	5	1.55	1.08	11.16	2	4
6	4267.3	17.97	-3.40	1.64	0.92	11.16	5	11	1.66	1.08	11.16	2	4
33	3876.5	24.17	-3.11	1.66	0.95	11.66	4	5.5	1.18	0.53	11.32	2	5
4	4285.0	18.11	-3.27	1.72	1.05	11.37	3	2.5	1.63	1.16	14.00	2	5
4	4361.5	18.17	-3.74	1.72	1.05	11.37	4	3.5	1.81	1.51	14.00	2	5
8	3928.6			1.72	1.05		3	3.5				5	7
8	4481.2	8.88	-3.35				4	3.5	1.18	0.53	11.32	5	7
4	4481.2	8.88	-5.68				4	3.5	1.63	1.16	14.00	4	4
5	3727.0	27.74					4	3.5	1.81	1.51	14.00	4	9

(He I, O II)

(S II)

(S IV)

(N III)

(O II)

(S III)

N II (S IV)

S III (N II)

S IV

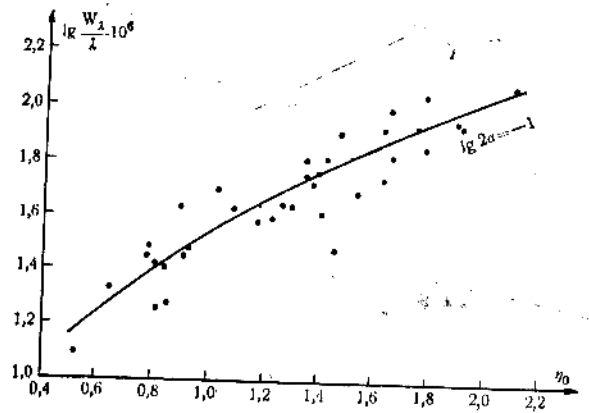
C II (N II, O II)

S III (O II)

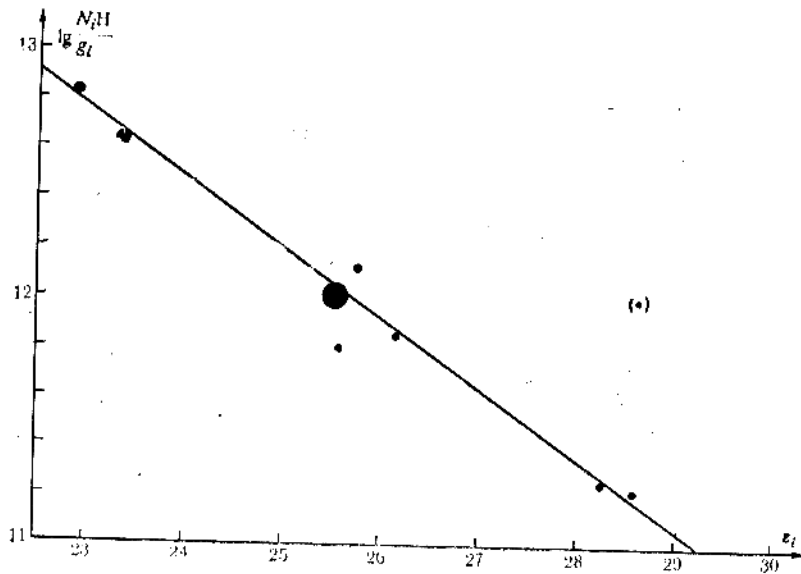
Mg II

Ne II

От съпоставянето на опитните с избраната теоретична крива на ръста намираме (вж. [1]) турбулентната скорост  $V_t$  по формула ((15)). Ние получаваме съответно  $\Delta(I)=2,0$  и  $\Delta(II)=1,84$ . По-нататък със стойностите на  $R_c$  от (3) пресмятаме по ((18))



Фиг. 10. Крива на ръста, построена по мултиплети на O II и Si III (1962 г.)

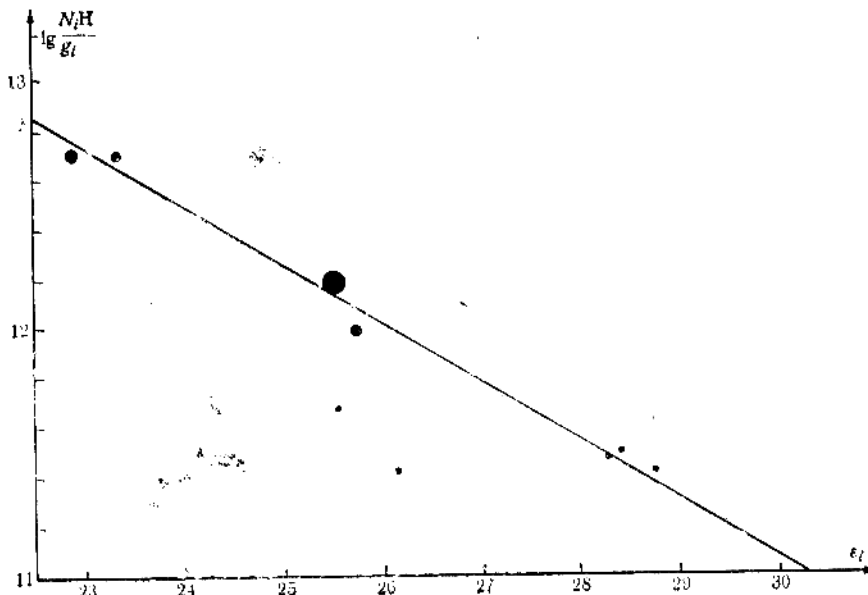


Фиг. 11. График за определяне на  $T_2$  (1958 г.)

(15)  $V_t(I)=39 \text{ km/s}$ ,  $V_t(II)=25 \text{ km/s}$ .

Йонизационните температури от (17) ни дават за топлинната скорост при  $\mu=16$  (кислород) съответно  $V_{\text{топл}}(I)=4,6 \text{ km/s}$  и  $V_{\text{топл}}(II)=4,5 \text{ km/s}$ , влиянието на които в (15) ние пренебрегваме.

От фиг. 9 и 10 по резултатите за  $\lg(W_i/\lambda) \cdot 10^6$  от табл. 4 ние получаваме съответните стойности на  $\lg(N_i H/g_i)$  от равенство ((17)), представени в същата таблица. При пресмятането по ((17)) всички дължини са изразени в ангстръми.



Фиг. 12. График за определяне на  $T_B$  (1962 г.)

Таблица 5

Елемент (мултиплет)	$\lg \frac{N_i H}{g_i} (I)$	$\lg \frac{N_i H}{g_i} (II)$	$\epsilon_i, eV$	$\chi_i, eV$	$\lg \frac{N_k H}{g_k} (I)$	$\lg \frac{N_k H}{g_k} (II)$	$\epsilon_k, eV$
Si III (2)	12,76	13,02	18,92	33,46	—	—	—
Si IV (1)	—	—	—	„	12,39	12,39	23,95

От отделни енергетични нива на кислорода по формулата на Болцман, представена във вида ((23)), определяме температурата на възбуждане  $T_B$ .

От фиг. 11 и 12, където са нанесени средните стойности  $\lg(N_i H/g_i)$  по мултиплетите за кислорода във функция от потенциалите на възбуждане за тези нива (по-големите кръгчета се отнасят за стойностите с по-голямо тегло  $\Sigma n_i$ ) от наклоните на правите изразени чрез  $\Delta/\Delta\epsilon_{ik}$  по ((23)) получаваме съответно

$$(16) \quad T_B(I) = 17\,700^\circ, \quad T_B(II) = 21\,000^\circ.$$

Йонизационната температура е определена по метода на последователните приближения от две последователни йонизирани състояния на силиция по ((29)), като за изходна стойност са взети съответно  $22\,100^\circ$ ,

получена за 1954 г. от [4], и 21 100°, получена за 1963 г. от [1]. За  $\lg n_e$  вземаме стойностите (4). Останалите данни са представени в табл. 5, където за  $\lg(N_i H/g_i)$  и  $\lg(N_k H/g_k)$  са взети средните стойности за Si III (2) и Si IV (1) от табл. 4.

Пресмятанятия по ((29)) ни дават в трето приближение

$$(17) \quad T_n(I) = 21\,100^\circ, \quad T_n(II) = 20\,400^\circ.$$

От (16) и (17) получаваме

$$(18) \quad \frac{T_n(I)}{T_n(II)} = 0,84, \quad \frac{T_n(II)}{T_n(I)} = 1,03.$$

По данните от табл. 4 и колонки 3, 4 и 5 на табл. 6 и 7 пресмятаме по ((31)) броя на атомите на O, N, Mg, C и Ne в два пъти йонизирано състояние, на S в три пъти йонизирано състояние и на Si в три и четири пъти йонизирано състояние. За 1962 г. обилието на кислорода е пресметнато без стойностите за мултиплетите 48 и 101.

Средните стойности на  $\varepsilon_i$  в табл. 6 и 7 са получени от табличните данни за линиите (табл. 4) с тегла  $nm$ . Величините  $\lg u_r$  са получени за  $\theta = 5\,040/T_n$  по графики за изменението на  $u_r$  с  $\theta$ . Средните стойности на  $\lg(N_i H/g_i)$  за отделни мултиплети или групи мултиплети (колонка 2 на табл. 6 и 7) са пресметнати също така с тегла  $nm$ .

Таблица 6

Елемент	Атом йон (мултиплет)	$\varepsilon_i$	$\alpha$	$\lg u_r$	$\lg \frac{N_i H}{g_i}$	$\lg NH^{II}$	$\lg NH^{III}$	$\lg NH^{IV}$	$\lg NH^V$	$\lg NH$
H	HI	10,15	13,60	—	15,52	22,66	—	—	—	22,66
He	He I 2 <sup>3</sup> P	20,87	24,58	—	13,69	21,96	—	—	—	—
	2 <sup>1</sup> P	21,13	—	—	14,03	22,17	—	—	—	—
	Средно	—	—	—	—	22,06	—	—	—	22,06
C	CI (6)	17,97	24,38	0,11	11,31	—	18,74	—	—	—
	(33)	24,17	—	—	10,62	—	19,53	—	—	—
	Средно	—	—	—	—	—	19,25	—	—	19,25
N	NI (5)	18,40	29,60	0,80	12,23	—	19,20	—	—	—
	(12)	18,42	—	—	12,07	—	19,05	—	—	—
	(15)	20,32	—	—	11,84	—	19,27	—	—	—
	Средно	—	—	—	—	—	19,11	—	—	19,11
O	O II (1, 2)	22,88	35,15	1,02	12,82	—	19,76	—	—	—
	(5, 6)	23,33	—	—	12,65	—	19,70	—	—	—
	(10, 12, 15)	25,54	—	—	11,98	—	19,56	—	—	—
	(17)	25,55	—	—	11,80	—	19,38	—	—	—
	(19, 20)	25,73	—	—	12,12	—	19,74	—	—	—
	(25, 26)	26,14	—	—	11,83	—	19,55	—	—	—
	(36)	28,24	—	—	11,27	—	19,49	—	—	—
	(41)	28,39	—	—	11,86	—	20,12	—	—	—
	(48)	28,57	—	—	11,21	—	19,51	—	—	—
	(58)	28,71	—	—	12,11	—	20,44	—	—	—
Mg	(67)	28,73	—	—	11,75	—	20,09	—	—	—
	(101)	31,18	—	—	11,40	—	20,32	—	—	—
	Средно	—	—	—	—	—	19,66	—	—	19,66
	Mg II (4)	8,83	15,03	0,00	11,37	—	18,74	—	—	18,74
	S III (4)	18,15	34,70	0,78	11,32	—	—	16,99	—	16,99
	Si III (2)	18,92	33,46	0,31	12,76	—	—	18,44	—	—
	Si IV (1)	23,95	45,13	0,00	12,39	—	—	—	16,18	—
Средно	—	—	—	—	—	—	—	—	18,44	

Таблица 7

Еле- мент	Атом йон (мультиплет)	$r_l$	$\alpha$	$\lg u_r$	$\lg \frac{N_l H}{r_l}$	$\lg NH^{II}$	$\lg NH^{III}$	$\lg NH^{IV}$	$\lg NH^V$	$\lg NH$
H	H I	10,15	13,60	—	15,66	22,83	—	—	—	22,83
He	He I $2^3P$	20,87	24,58	—	13,89	22,18	—	—	—	—
	$2^1P$	21,13	"	—	14,09	22,45	—	—	—	—
	Средно	—	—	—	—	22,31	—	—	—	22,31
C	C II (6)	17,97	24,38	0,10	11,32	—	18,74	—	—	—
	(33)	24,17	24,38	"	10,59	—	19,54	—	—	—
	Средно	—	—	—	—	—	19,15	—	—	19,15
N	N II (5)	18,40	29,60	0,80	11,87	—	18,81	—	—	—
	(12)	18,42	"	"	11,91	—	18,85	—	—	—
	(42)	23,10	"	"	10,58	—	18,68	—	—	—
	Средно	—	—	—	—	—	18,79	—	—	18,79
O	O II (1, 2)	22,88	35,15	1,01	12,71	—	19,60	—	—	—
	(5, 6)	23,33	"	"	12,73	—	19,73	—	—	—
	(10, 12, 15)	25,54	"	"	12,20	—	19,75	—	—	—
	(17)	25,55	"	"	11,68	—	19,23	—	—	—
	(19, 20)	25,73	"	"	11,96	—	19,56	—	—	—
	(25, 26)	26,14	"	"	11,43	—	19,13	—	—	—
	(36)	28,24	"	"	11,47	—	19,69	—	—	—
	(41)	28,39	"	"	11,49	—	19,74	—	—	—
	(48)	28,58	"	"	12,47	—	(20,77)	—	—	—
	(54)	28,70	"	"	12,20	—	20,53	—	—	—
	(67)	28,73	"	"	11,41	—	19,75	—	—	—
	(101)	31,18	"	"	11,30	—	(20,24)	—	—	—
	Средно	—	—	—	—	—	19,65	—	—	19,65
Mg	Mg II (4)	8,83	15,03	0,00	11,32	—	18,70	—	—	18,70
S	S III (4)	18,11	34,70	0,78	11,16	—	—	16,75	—	16,75
Si	Si III (2)	18,92	33,46	0,31	13,03	—	—	18,66	—	—
Si	Si III (5)	21,63	"	"	11,61	—	—	17,91	—	—
	Средно от Si IV	—	—	—	—	—	—	18,46	—	—
	Si IV (1)	23,95	45,13	0,00	12,39	—	—	—	16,07	—
	Средно	—	—	—	—	—	—	—	—	18,46
Ne	Ne II (5)	27,74	41,07	1,00	14,00	—	20,62	—	—	20,62

В колонки 7—10 на табл. 6 и 7 са дадени пресметнатите обилия в съответни йонизационни състояния. Средните им стойности са получени по данните за мултиплетите, взети със съответни тегла ( $\sum n m$ ). Окончателните резултати за обилията на изброените елементи са дадени в последните колонки на таблиците.

Резултатите за физическите условия и химическия състав на атмосферата на  $\kappa$  Касиопея за 1958 и 1962 г., получени по-горе, ще бъдат съпоставени с наличните за други години в една следваща работа.

Авторът изказва сърдечна благодарност на О. П. Голандский и д-р И. М. Копылов за предоставянето на наблюдателния материал за  $\kappa$  Касиопея, получен в Кримската астрофизическа обсерватория през 1958 и 1962 г.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ковачев, Б. и В. Добричев. Изв. на Секцията по астрономия, 2 (1967). БАН. 91.
2. Ковачев, Б. и В. Добричев. Изв. Физ. инст. с АНБ, 18 (1969). БАН. 151.
3. Ковачев, Б. Изв. на Секцията по астрономия, 3 (1969). БАН. 49.
4. Голандский, О. П., И. М. Копылов. Известия КРАО, 28 (1962), 3.
5. Hupfer, K., Zf. f. Ar., 39 (1956), 1.

Постъпила на 30 юни 1970 г.

# СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ \* КАСИОПЕИ. IV

Б. Ковачев

(Резюме)

По 5 спектрограммам для области  $\lambda\lambda$  3600—5000 Å звезды \* Кассиопеи (B1 Ia), полученных камерой № 3 однопризменного спектрографа 1,22-метрового телескопа Крымской астрофизической обсерватории с дисперсией 23,4 Å/мм при H<sub>γ</sub> 24 августа и 12 октября 1958 г. и соответственно 5 и 2 спектрограммам звезды для областей  $\lambda\lambda$  3600—4200 и  $\lambda\lambda$  4100—4800 Å, полученных на дифракционном спектрографе АСП-11 того же телескопа с дисперсией 14 Å/мм в октябре и ноябре 1962 г., определены эквивалентные ширины линий поглощения (табл. 2, 3 и 4). Вычислены (индекс I относится к величинам 1958 г., а индекс II — к величинам 1962 г.):  $\lg n_e(I) = 13,32$  и  $\lg n_e(II) = 13,23$  по формуле Инглиса — Телера (для оптически толстого слоя определены  $\lg n_e(I) = 13,60$  и  $\lg n_e(II) = 13,71$ );  $\lg \frac{N_H}{N_{He}}(I) = 0,5$  и  $\lg \frac{N_H}{N_{He}}(II) = 0,51$ , где  $\lg N_H H(I) = 22,66$  и  $\lg N_H H(II) = 22,83$ , а  $\lg N_{He} H(I) = 22,16$  и  $\lg N_{He} H(II) = 22,32$ . Из кривых роста, построенных по значениям  $\lg \frac{W_\lambda}{\lambda} \cdot 10^8$  для O II получено:  $V_t(I) = 39$  km/s и  $V_t(II) = 25$  km/s; из формулы Болцмана по O II найдено  $T_B(I) = 17\,700^\circ$  и  $T_B(II) = 21\,100^\circ$ , а для йонизационной температуры методом последовательных приближений получено  $T_n(I) = 21\,100^\circ$  и  $T_n(II) = 20\,400^\circ$ . Найденное содержание ( $\lg NH$ ) в атмосфере звезды для H, He, C, N, O, Mg, Si, S и Ne приведено в последних столбиках табл. 6 и 7.

# A SPECTROPHOTOMETRIC STUDY OF THE \* KASSIOPEAE. IV

B. Kovachev

(Summary)

The equivalent widths of the absorption lines (Tables 2, 3 and 4) of the star \* Cassiopeae (B1 Ia) have been established on the basis of 5 spectrograms for the region  $\lambda\lambda$  3600—5000 Å, obtained with the aid of camera No. 3 of the single-prism spectrograph of the 1.22-m telescope at the Crimean Astrophysical Observatory, with 23.4 Å dispersion at H<sub>γ</sub> on August 24th and October 12th, 1958, and 5 and 2 spectrograms, respectively, for the region  $\lambda\lambda$  3600—4200 and  $\lambda\lambda$  4100—4800 Å of the star, taken with the grating spectrograph (ASP-11) of the same telescope with 14 Å/mm dispersion, in October and November of 1962. The following have been calculated (indice I refers to the values for 1958, and indice II, for those in 1962):  $\lg n_e(I) = 13.32$  and  $\lg n_e(II) = 13.23$ , according to the formula of Inglis — Tel-



ler (the following have been found for the optically thick layer  $\lg n_e(I) = 13.60$  and  $\lg n_e(II) = 13.71$ ),  $\lg \frac{N_H}{N_{He}}(I) = 0.50$  and  $\lg \frac{N_H}{N_{He}}(II) = 0.51$ , where  $\lg N_H H(I) = 22.66$  and  $\lg N_N H(II) = 22.83$ , while  $\lg N_{He} H(I) = 22.16$  and  $\lg N_{He} H(II) = 22.32$ . We get  $V_t(I) = 39$  km/s and  $V_t(II) = 25$  km/s from the curves of growth, plotted with the aid of the values of  $\lg \frac{W^2}{\lambda} \cdot 10^6$  for O II. With the aid of Boltzmann's formula, from the oxygen is obtained  $T_v(I) = 17,700^\circ$  and  $T_v(II) = 21,100^\circ$ , while for the ionization temperatures by the method of subsequent approximations have been calculated  $T_i(I) = 21,100^\circ$  and  $T_i(II) = 20,400^\circ$ . The values obtained for  $\lg NH$  in the atmosphere of the star for H, He, C, N, O, Mg, Si, S and Ne are given in the last columns of Tables 6 and 7.