БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ * BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
ИЗВЕСТИЯ НА СЕКЦИЯТА ПО АСТРОНОМИЯ
BULLETIN OF THE SECTION OF ASTRONOMY
Том (Vol.) III

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА $\varkappa$ КАСИОПЕЯ. III

Богомил Ковачев

Настоящата работа е продължение на изследването на свръхгиганта $\varkappa$ Касиопея, предприето във връзка с целите, поставени в [1]. Тук са изложени резултатите от наблюденията на звездата през лятото на 1966 г.

Телескопът и апаратурата за добиване на спектрограмите, както и начинът на тяхната обработка са същите както при получаване на резултатите за 1963 и 1964 г. [1] и [2]. Така вече разполагаме с обширен и еднороден наблюдателен материал, което дава възможност за задълбочено изследване на звездата и получаване на по-точни данни за изясняване на промяната на физическите условия в атмосферата на $\varkappa$ Касиопея с течение на времето.

НАБЛЮДАТЕЛЕН МАТЕРИАЛ

През втората половина на август 1966 г. на 1,22-метровия телескоп в Кримската астрофизическа обсерватория бяха получени от автора с решетъчния спектрограф АСП-11 върху плаки ОаО при средна дисперсия 14 Å/mm 6 спектрограми за областта $\lambda\lambda$ 3600—4200 Å и 12 спектрограми за областта $\lambda\lambda$ 4100—5000 Å. Във втория интервал една част от спектрите са снети със същата експонация като в първия, а другата — с по-голяма за получаване на H_β в праволинейната част на съответната характеристична крива. Данните за времето и продължителността на експонацията на наблюдателния материал и за вълновия интервал са дадени в табл. 1.

Широчината на спектрите върху плаките е 0,5 mm. Почерняванията са равномерни по широчината на спектрите и лежат в средния почти праволинеен интервал на съответните характеристични криви. По време на регистрацията на микрофотограмите спектрите са разглеждани на екрана на микрофотометъра при увеличение 30 пъти. Констатирано е, че изследваните спектрограми са от високо качество.

Таблица 1

№ по ред	№ на спектъра	Дата	Време за експонация в min	Вълнов интервал
1	И-2	20—21 август 1966 г.	10	3600—4200Å
2	И-11	„	17	„
3	И-1	26—27 август 1966 г.	17	„
4	И-5	„	17	„
5	И-3	30—31 август 1966 г.	21	„
6	И-4	„	20	„
7	И-13	20—21 август 1966 г.	25	4100—5000Å
8	И-7	26—27 август 1966 г.	20	„
9	И-12	„	40	„
10	И-6	30—31 август 1966 г.	52	„
11	И-8	„	25	„
12	И-9	„	24	„
13	И-10	„	21	„
14	И-18	„	44	„
15	И-14	31 август — 1 септември 1966 г.	27	„
16	И-15	„	60	„
17	И-16	„	70	„
18	И-17	„	67	„

ОБРАБОТКА

Калибрирането, обработката и измерването на спектрограмите е извършено с апаратурата, при условията и по начина, описани в [1]. И тук е обърнато особено внимание непрекъснатият спектър да бъде прекаран на същата височина като върху регистрограмите от 1963 и 1964 г. Той е очертаван плавно, по средата на колебанията от зърната на плаката, в сравнително свободни от линии участъци, а в областта на прекриване на крилата на водородните линии — почти по върховете.

Еквивалентните широчини W_λ на измерените линии на $\varkappa$ Касиопея от нашия наблюдателен материал за 1966 г. са дадени за водорода, хелия и останалите елементи съответно в табл. 2, 3 и 4. Както и в [1] и [2], техните стойности са получени чрез използване за измерените площи на линиите на съответни тегла от 1 до 3. В таблиците с n е означен броят на използваните спектограми, върху които е измерена съответната линия, а с m — средното тегло от всичките измервания на площите на дадена линия (средно аритметично от теглата на отделните стойности, получени за всяка регистрограма). Величината nm в последната колонка на таблиците е тегло на еквивалентната широчина W_λ, с което тя се взема при понататъшните пресмятания.

Нека обърнем отново внимание на това, че в спектъра на $\varkappa$ Касиопея наред с линиите на поглъщане на междузвездния калций, H и K (резонансната двойка $4s^2S - 4p^2P^0$) личи присъствието и на междузвездната ивица на поглъщане λ 4430. Поради това за еквивалентните широчини на линиите в интервала от 4414 Å до 4450 Å е дадена и тук фактически само една горна граница.

ВОДОРОД

За водородните линии в спектъра на $\varkappa$ Касиопея през 1966 г. и за тяхната обработка са в сила бележките, направени в [1].

Таблица 2

H I

H I	λ	$\lg f$	W_λ	$\lg W_\lambda$	c_λ	$\lg N_{02}$H	R_0%	n	nm
H_{19}	3686,83	$\bar{4}$,713	0,145	$\bar{1}$,16	16,21	15,37	13,1	1	1
H_{18}	3692,55	$\bar{4}$,785	0,185	$\bar{1}$,27	16,13	15,40	16,7	1	1
H_{17}	3697,15	$\bar{4}$,862	0,312	$\bar{1}$,49	16,03	15,52	14,1	5	12
H_{16} (He I)	3703,86	$\bar{4}$,943	0,687	$\bar{1}$,84	15,97	15,81	25,2	6	15
H_{15}	3711,98	$\bar{3}$,030	0,693	$\bar{1}$,84	15,88	15,72	24,5	6	14
H_{14}	3721,95	$\bar{3}$,122	0,530	$\bar{1}$,72	15,79	15,51	23,7	6	16
H_{13}	3743,37	$\bar{3}$,224	0,822	$\bar{1}$,91	15,69	15,60	26,1	6	16
H_{12}	3750,15	$\bar{3}$,332	1,030	0,01	15,57	15,58	31,9	6	15
H_{11}	3770,63	$\bar{3}$,452	1,147	0,06	15,45	15,51	32,8	6	17
H_{10}	3797,91	$\bar{3}$,586	1,256	0,10	15,30	15,40	37,4	6	16
H_9	3835,40	$\bar{3}$,734	1,179	0,07	15,14	15,21	37,6	6	17
H_8	3889,06	$\bar{3}$,904	1,193	0,08	14,96	15,04	35,7	5	15
H_ε (Ca II)	3970,07	$\bar{2}$,104	1,105	0,04	14,75	14,79	39,6	6	16
H_δ	4101,74	$\bar{2}$,344	1,235	0,09	14,48	14,57	42,5	6	17
H_γ	4340,47	$\bar{2}$,650	1,124	0,05	14,13	14,18	41,2	9	25
H_β	4861,33	$\bar{1}$,077	0,986	$\bar{1}$,98	13,59	13,57	24,3	7	15

В колонки 4 и 8 на табл. 2 са дадени резултатите от измерванията на еквивалентните широчини W_λ и остатъчните интензивности R_0. Останалите величини в таблицата имат общоприети или отбелязани по-горе значения. Стойностите на $\lg N_{02}$H (броят на водородните атоми във второ квантово състояние над фотосферата в стълб от атмосферата на звездата с основа 1 cm² и височина H) са пресметнати по формулата

$$N_{02}\mathrm{H} = \frac{m_e c^2}{\pi e^2 \lambda^2 f} W_\lambda, \tag{1}$$

представена във вида

$$\lg N_{02}\mathrm{H} = \lg W_\lambda + c_\lambda. \tag{1'}$$

Тази формула важи за оптично тънък слой.

От фиг. 1, на която по ординатата са нанесени пресметнатите стойности на $\lg N_{02}$H на отделните линии от Балмеровата серия от (1′), а по абсцисата — съответните стойности на $\lg f$, е получена една долна граница на броя на атомите на водорода във второ квантово състояние

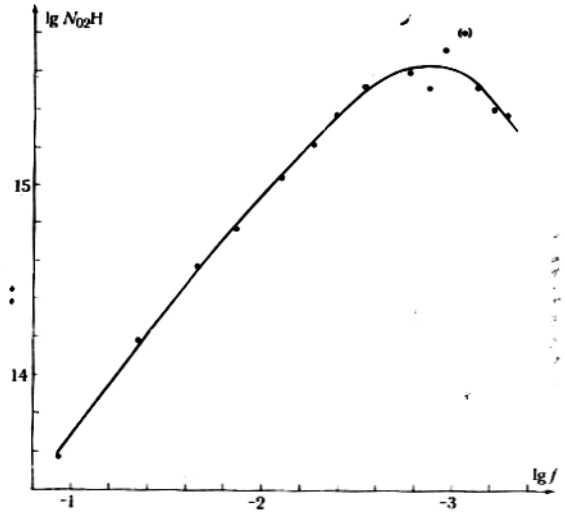
$$\lg N_{02}\mathrm{H} = 15{,}64, \tag{2}$$

която и приемаме за търсеното обилие на $\lg N_{02}$H.

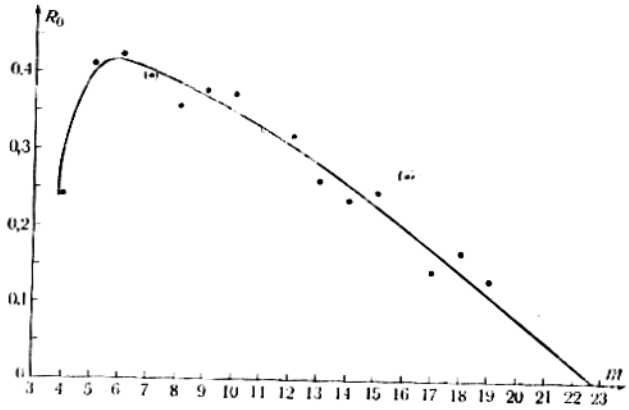
Броят на йоните на водорода $\lg N_{\mathrm{II}}$H в стълб от атмосферата на звездата с основа 1 cm² намираме от формулата

(3) $$\lg N_{\text{H}}\text{H} = \lg N_{02}\text{H} - \lg n_e + 14{,}78 - 3{,}39\,\frac{5040}{T_и} + \frac{3}{2}\lg T_и,$$

получена от комбинирането на уравненията на Болцман и Саха [3]. За пресмятането на $\lg N_{\text{H}}\text{H}$ от (3) е необходимо да познаваме за атмосферата на звездата електронната плътност n_e и йонизационната температура $T_и$.



Фиг. 1. Графика за определяне на $\lg N_{02}\text{H}$



Фиг. 2. Зависимост на централната дълбочина R_0 от номера n за водородните линии. Определяне на R_c и m

Електронната плътност и тук намираме по два начина:

1. От формулата на Инглис—Теллер

(4) $$\lg n_e = 23{,}26 - 7{,}5 \lg m.$$

Кривата на фиг. 2, където е нанесена централната дълбочина R_0 на линиите на водорода (табл. 2, колонка 8) във функция от номера им в Балмеровата серия, ни дава максималната дълбочина R_c, необходима понататък, а чрез продължението ѝ до пресичане на абсцисата — и номера m на последната видима линия от серията, който фигурира в (4). Фактически ние не отчитаме за m цяло число. В случая имаме $R_c = 0{,}415$ и $m = 22{,}7$. От (4) съответно пресмятаме

$$\lg n_e = 13{,}09. \tag{5}$$

2. По формулата на Холстмарк за абсорбираните в оптично дебел слой първи членове на Балмеровата серия

$$W_\lambda^{5/2} = K N_{02} \mathrm{H} n_e \left(\frac{R_c}{0{,}45}\right)^{3/2}. \tag{6}$$

За стойностите на W_λ за H_β, H_γ и H_δ от табл. 1, като ползваме стойността на $\lg N_{02}\mathrm{H}$ от (2), при $-\lg K$ за H_β, H_γ и H_δ, равно съответно на 28,86, 29,10 и 29,18, намираме

$$\lg n_e(H_\beta) = 13{,}26, \quad \lg n_e(H_\gamma) = 13{,}64, \quad \lg n_e(H_\delta) = 13{,}82.$$

Като дадем на тези стойности съответните тегла nm, получаваме средно

$$\lg n_e = 13{,}59. \tag{7}$$

Разликата в стойностите на $\lg n_e$, пресметнати по двата метода с (4) и (6), е

$$\Delta \lg n_e = \lg n_e(7) - \lg n_e(5) = 0{,}50. \tag{8}$$

Тъй като използваните спектрални линии се тълкуват в условията на оптично тънък слой, както и в предишните части на работата, в следващите пресмятания се ползва стойността на $\lg n_e$, получена от (4).

Като разполагаме с обилията $\lg(N_i\mathrm{H}/g_i)$, получени по-нататък с помощта на кривата на ръста за две последователни йонизационни състояния на елемента силиций, пресмятаме стойността на йонизационната температура по формулата на Болцман. Като използваме намерените стойности за $\lg n_e$ и $T_и$ от (5) и (21), получаваме за $\lg N_H\mathrm{H}$ от (3)

$$\lg N_H\mathrm{H} = 22{,}99. \tag{9}$$

Както се изяснява и в [1], можем да приемем, че (9) изразява пълния брой на водородните атоми в стълб с основа 1 cm² в атмосферата на $\varkappa$ Касиопея.

ХЕЛИЙ

Резултатите от измерването на линиите на хелия от сериите $2^3P - n^3D$, $2^3P - n^3S$, $2^1P - n^1D$, $2^1P - n^1S$ и $2^1S - n^1P$ са дадени в табл. 3. Стойностите на c_λ за получаване на $\lg N_{r,s}\mathrm{H}$ по (1) за условията на оптично тънък слой са взети от [1]. Останалите означения в таблицата са познати. Линията λ 3964,7 ($2^1S - n^1P$) възниква по всяка вероятност в оптично дебел слой.

На фиг. 3 величините $\lg N_{r,s}\mathrm{H}$ са нанесени във функция на $\lg \lambda^2 f$ за нивата 2^3P и 2^1P. По прекараните криви, продължението на които за го-

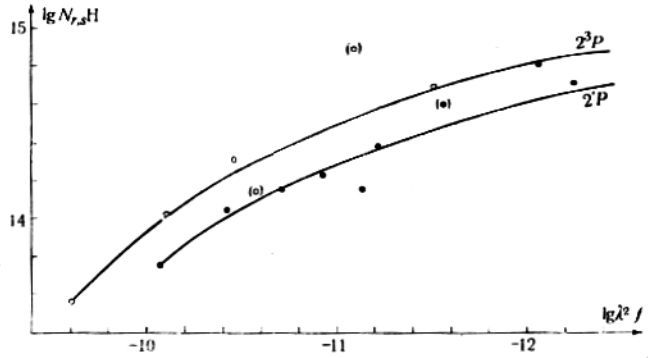
Таблица 3

He I

Серия	λ (бленда)	lg f	lg $\lambda^2 f$	c_λ	W_λ	lg W_λ	lg $N_{r,s}$H	n	nm
2^3P-n^3D	4471,5	—0,910	—9,61	13,662	0,822	$\bar{1}$,91	13,57	4	10
	4026,2 (He I)	—1,331	—10,12	14,174	0,711	$\bar{1}$,85	14,02	6	16
	3819,6	—1,631	—10,47	14,520	0,620	$\bar{1}$,79	14,31	6	17
2^3P-n^3S	4713,3	—1,936	—10,59	14,642	0,323	$\bar{1}$,51	14,15	12	27
	4120,9 (O II, S II)	—2,330	—11,10	15,153	(0,546)	($\bar{1}$,74)	(14,89)	6	17
	3867,6	—2,695	—11,52	15,573	0,130	$\bar{1}$,11	14,69	6	15
2^1P-n^1D	4387,9	—1,366	—10,08	14,134	0,422	$\bar{1}$,62	13,76	4	9
	4143,8	—1,674	—10,44	14,492	0,362	$\bar{1}$,56	14,05	6	16
	4009,3	—1,928	—10,72	14,755	0,249	$\bar{1}$,40	14,15	6	16
	3926,5	—2,131	—10,94	14,996	0,171	$\bar{1}$,23	14,23	5	10
	3871,8	—2,303	—11,13	15,180	0,095	$\bar{2}$,98	14,16	5	10
2^1P-n^1S	4437,5	—2,519	—11,22	15,278	0,124	$\bar{1}$,09	14,37	4	10
	4168,9 (O II)	—2,821	—11,58	15,634	(0,091)	($\bar{2}$,96)	(14,59)	6	16
	3935,9	—2,259	—12,07	16,122	0,047	$\bar{2}$,67	14,79	6	12
	3878,2	—3,432	—12,26	16,308	0,025	$\bar{2}$,40	14,71	4	7
2^1S-n^1P	3964,7	—	—	—	0,290	$\bar{1}$,46	—	6	15

леми стойности на lg $N_{r,s}$H е извършено с неголяма увереност, се отчитат за тези нива следните долни граници за броя на атомите на He I:

$$\lg N_{2^3P}\mathrm{H} = 14{,}84, \quad \lg N_{2^1P}\mathrm{H} = 14{,}68.$$



Фиг. 3. Графика за определяне на lg$N$H за нивата 2^3P и 2^1P на неутралния хелий

Статистическите тегла на двете основни нива 2^3P и 2^1P са съответно $g_{2^3P}=9$ и $g_{2^1P}=3$, отдето

$$\lg \frac{N_{r,s}\mathrm{H}}{g_{r,s}}(2^3P) = 13{,}89, \quad \lg \frac{N_{r,s}\mathrm{H}}{g_{r,s}}(2^1P) = 14{,}20.$$

От комбинирането на уравненията на Саха и Болцман получаваме формулата [4]

$$(10) \quad \lg N_{r+1} = \lg \frac{N_{r,s}\mathrm{H}}{G_{r,s}} + \lg n_{r+1} - \lg n_e + 15{,}68 - \frac{5040}{T_и}(\chi_r - \chi_{r,s}) + \frac{3}{2}\lg T_и .$$

В случая за He I имаме

$$\lg n_{r+1} = 0{,}30, \quad \chi_r = 24{,}58, \quad \chi_{rs}(2^3P) = 20{,}87, \quad \chi_{r,s}(2^1P) = 21{,}13.$$

Като заместим в (10) тези стойности и $\lg n_e$ от (5), получаваме

$$\lg N_{r+1}\mathrm{H}(2^3P) = 22{,}36, \quad \lg N_{r+1}\mathrm{H}(2^1P) = 22{,}74,$$

отдето, вземайки двата резултата с равно тегло, намираме за обилието на йонизирания хелий средната стойност

$$(11) \qquad \lg N_{\mathrm{He}}\mathrm{H} = 22{,}55.$$

За съотношението на броя на атомите на водорода и хелия от получените обилия (9) и (11) намираме

$$(12) \qquad \lg \frac{N_{\mathrm{H}}}{N_{\mathrm{He}}} = 0{,}44.$$

ОСТАНАЛИ ЕЛЕМЕНТИ

В табл. 4 за измерените върху получените спектрограми линии на O II, N II, Si III, Si IV, C II, S III, Mg II, Fe III и Ne II са дадени стойностите на $\lg(W_\lambda/\lambda).10^6$ наред с данните за E. P., $\lg gf\lambda$ и пресметнатите с помощта на кривата на ръста $\lg \eta_0$ и $\lg(N_i\mathrm{H}/g_i)$. Стойностите на $\lg W_\lambda/\lambda.10^6$, както се спомена, са получени чрез усредняване със съответно тегло (от 1 до 3) на измерванията от отделните спектрограми. Средното тегло за всички измервания на дадена линия е означено с m. Тази величина фигурира в произведението nm (последната колонка на табл. 4) и представлява теглото на линията при пресмятането на обилието на съответния елемент.

КРИВА НА РЪСТА

И тук за пресмятане на турбулентната скорост v_t в атмосферата на звездата и величините, които определят броя на атомите или йоните на дадени енергетични нива $\lg(N_i\mathrm{H}/g_i)$, необходими за пресмятанията на броя на атомите или йоните в стълб с основа 1 cm² от нейната атмосфера и оттам — на химическия й състав, ние използваме, както в [1] и [2], кривата на ръста на Унзолд, построена по данните на Хунгер [5].

Теоретичната крива на ръста е построена с координати

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

а опитната — по резултатите за O II и Si III, дадени в табл. 4, по познатия начин при съответни координати:

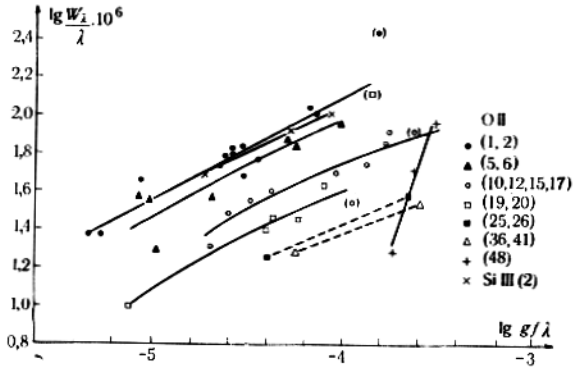
$$(14) \qquad x = \lg \frac{W_\lambda}{\lambda}.10^6, \quad y = \lg gf\lambda.$$

Таблица 4

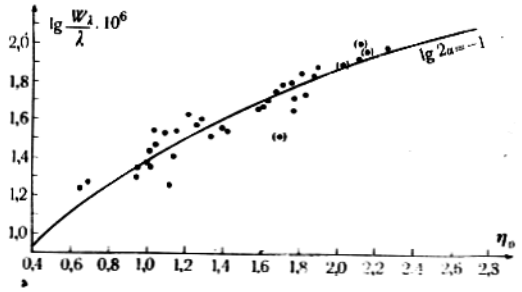
Елемент (бленда)	Мултиплет	λ	E.P.	$\lg gf\lambda$	$\lg \frac{W_\lambda}{\lambda}10^6$	$\lg \eta_0$	$\lg \frac{N_i}{g_i}$ H	n	nm
O II	1	4638,8	22,87	—4,50	1,84	1,85	13,04	10	19
„ (N III)	1	4641,8	22,88	—4,11	20,1	2,35	13,15	10	21
„ (C III)	1	4649,2	22,90	—3,78	(2,44)	(3,60)	(14,07)	11	21
„	1	4661,6	22,88	—4,42	1,77	1,69	12,80	11	22
„ (C III)	1	4673,8	22,88	—5,25	1,38	0,95	12,89	10	22
„	1	4676,2	22,90	—4,55	1,80	1,76	13,00	11	22
„	2	4317,1	22,87	—4,62	1,74	1,62	12,93	10	25
„	2	4319,6	22,88	—4,59	1,79	1,73	13,01	10	26
„	2	4325,8	22,87	—5,31	1,38	0,95	12,95	9	20
„	2	4336,9	22,88	—5,04	1,66	1,45	13,18	8	20
„	2	4345,6	22,88	—4,55	1,82	1,80	13,04	9	21
„ (O II)	2	4349,4	22,90	—4,14	2,04	2,44	13,27	10	25
„	2	4366,9	22,90	—4,49	1,69	1,52	12,70	10	19
„	5	4414,9	23,34	—3,99	1,96	2,18	12,86	4	10
„	5	4417,0	23,32	—4,24	1,85	1,88	12,81	4	10
„	5	4452,4	23,34	—4,98	1,28	0,80	12,47	4	8
„	6	3945,0	23,32	—5,06	1,57	1,27	13,02	6	16
„	6	3954,4	23,32	—4,67	1,57	1,27	12,63	6	14
„	6	3973,3	23,34	—4,28	1,88	1,95	12,92	6	15
„	6	3982,7	23,34	—5,00	1,56	1,25	12,94	6	15
„	10	4069,9	25,53	—3,73	1,91	2,03	12,45	6	15
„	10	4072,2	25,54	—3,75	1,86	1,90	12,34	6	16
„ (Fe III)	10	4075,9	25,55	—3,60	1,93	2,09	12,38	6	16
„	10	4078,9	25,53	—4,58	1,49	1,12	12,39	6	14
	10	4085,1	25,54	—4,47	1,56	1,25	12,41	6	16
„	10	4092,9	25,55	—4,60	1,44	1,04	12,33	5	12
„	12	3864,5	25,54	—4,68	1,32	0,86	12,23	4	9
„	12	3882,3	25,55	—4,36	1,60	1,34	12,39	6	15
„	15	4591,0	25,55	—3,85	1,75	1,64	12,18	7	15
„	15	4596,2	25,55	—4,01	1,70	1,54	12,24	7	16
„	17	3912,0	25,55	—3,93	1,54	1,21	11,83	6	17
„	19	4132,8	25,72	—4,39	1,40	0,98	12,06	5	12
„ (S II)	19	4153,3	25,73	—4,24	1,44	1,04	11,97	6	13
„	19	4156,5	25,74	—5,11	1,01	0,47	12,27	5	8
„	20	4105,0	25,73	—4,09	1,63	1,39	12,17	6	14
„	20	4110,8	25,73	—4,36	1,46	1,07	12,12	6	13
„ (He I ;O II)	20	4119,2	25,74	—3,83	2,12	2,72	13,24	6	17
„	25	4705,3	26,14	—3,64	1,58	1,29	11,62	11	22
„	26	4396,0	26,14	—4,39	1,26	0,78	11,86	4	5
„ (S II)	36	4189,8	28,24	—3,58	1,53	1,20	11,47	6	15
„	41	4331,9	28,39	—4,24	1,29	0,82	11,75	9	18
„ (Si IV)	48	4089,3	28,58	—3,49	1,97	2,22	12,40	6	15
„	48	4095,6	28,56	—3,73	1,29	0,82	11,24	6	11
„ (N III)	48	4097,3	28,57	—3,60	1,73	1,60	11,89	6	16
„	54	4303,8	28,70	—4,72	1,43	1,03	12,44	10	21
„	58	4701,5	28,71	—4,12	1,54	1,21	12,02	12	21
„	59,94	4469,3			1,40	0,98		4	9
„ (O II)	67	4275,5	28,73	—3,76	1,55	1,23	11,68	6	17
„ (S III)	101	4253,8	31,18	—3,21	1,70	1,54	11,44	6	16
N II (Si IV)	5	4630,9	18,40	—4,24	1,28	0,81	11,74	6	11
„	12	3995,0	18,42	—4,20	1,48	1,11	12,00	6	15
„	15	4447,0	20,32	—4,26	1,28	0,81	11,76	3	6
„	42	4176,2	23,10	—3,27	1,10	0,57	10,53	4	7
Si-III (N II)	2	4552,6	18,92	—4,04	2,02	2,39	13,12	6	14
„	2	4567,8	18,92	—4,25	1,93	2,09	13,03	6	14
„	2	4574,8	18,92	—4,72	1,69	1,51	12,92	6	13

Елемент (бленда)	Мултиплет	λ	Е. Р.	lg $gf\lambda$	lg $\frac{W_\lambda}{\lambda}10^6$	lg η_0	lg $\frac{N_i}{g_i}$ H	n	nm
Si III	5	3806,6	21,63	—3,72	1,80	1,76	12,17	6	15
Si IV	1	4116,1	23,95	—4,20	1,85	1,88	12,77	6	16
C II (N II,O II)	4	3920,7	16,25	—4,67	1,57	1,27	12,63	6	14
»	6	4267,3	17,97	—3,40	1,49	1,12	11,21	8	21
»	33	3876,5	24,17	—3,11	1,28	0,81	10,61	6	14
S III (O II)	4	4285,0	18,11	—3,27	1,58	1,29	11,25	10	21
»	4	4361,5	18,17	—3,74	1,02	0,48	10,91	4	10
»	8	3928,6			1,27	0,79		5	13
Mg II	4	4481,2	8,83	—3,35	1,65	1,42	11,46	4	10
Fe III	4	4352,7			1,60	1,33		10	23
Ne II	5	3727,0	27,74	—5,68	1,59	1,31	13,68	6	16

Частите на опитната крива на ръста за отделни мултиплети на O II и Si III преди обединяването им са дадени на фиг. 4. От нея също личи



Фиг. 4. Части на опитната крива на ръста за отделни мултиплети на O II и Si III



Фиг. 5. Крива на ръста, построена по мултиплети на O II и Si III

високото качество на резултатите, които дават за отделните мултиплети почти успоредни отрязъци.

Опитната крива на ръста е съвместена с теоретичната в случая $\lg 2\alpha = -1$. Част от последната е дадена заедно с точките от построява-

нето на опитната крива на ръста на фиг. 5. Нека отбележим, че отклонението на резултатите за мултиплет № 48 на O II от общия характер, наблюдаван на фиг. 4, се констатира и по данните за 1963 и 1964 г. Поради това тук ние не го използваме в построяването на опитната крива на ръста.

Определяне на турбулентната скорост в атмосферата на звездата

От съпоставянето на опитната с избраната съответна теоретична крива на ръста получаваме (вж. [1]) турбулентната скорост v_t по формулата

$$\lg \frac{W_\lambda}{\lambda} \cdot 10^6 - \lg \frac{W_\lambda}{\lambda} \frac{c}{2R_c v_t} = \lg \frac{2R_c v_t}{c} \cdot 10^6 = \Delta. \tag{15}$$

В случая имаме $R_c = 0{,}415$ и $\Delta = 1{,}72$, откъдето

$$v_t = 19 \text{ km/s}. \tag{16}$$

С помощта на получената по-нататък стойност за йонизационната температура $T_и = 20\,900°$ за топлинната скорост от формулата

$$v_{топл} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$$

при $\mu = 16$ (кислород) имаме $v_{топл} = 4{,}6$ km/s. Поради малкото ѝ значение в резултата от (16), който фактически представлява $\sqrt{v_t^2 + v_{топл}^2}$, ние я пренебрегваме.

Определяне на броя на атомите и йоните, които се намират на определени енергетични нива

От фиг. 5 по кривата на ръста и от резултатите за $\lg(W_\lambda/\lambda) \cdot 10^6$ (табл. 4) получаваме по ординатата съответните стойности за η_0, поместени в колонка 7 на същата таблица, и стойностите на $\lg(N_i H/g_i)$ от равенството

$$\lg \frac{N_i H}{g_i} = \lg \eta_0 - \lg gf\lambda - \lg \frac{1}{2R_c v_t \pi}, \tag{17}$$

които са дадени в колонка 8. Всички дължини в (17) са изразени в ангстрьоми.

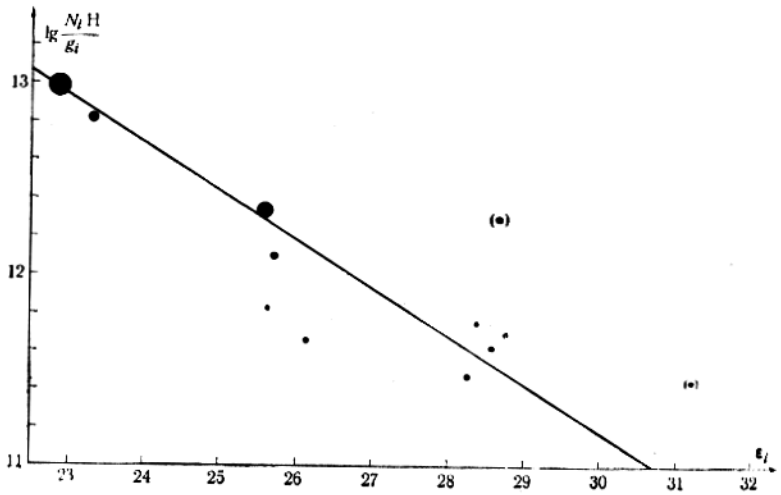
Определяне на температурата на възбуждане

Температурата на възбуждане $T_в$ намираме от $\lg(N_i H/g_i)$ за отделните енергетични нива на кислорода (табл. 5) посредством формулата на Болцман, представена във вида

$$\lg \frac{N_i H}{g_i} - \lg \frac{N_k H}{g_k} = \Delta = \frac{5040}{T_в} \Delta\varepsilon_{ik}. \tag{18}$$

На фиг. 6 на абсцисата са нанесени потенциалите на възбуждане ε_i, а на ординатата — значенията на $\lg\frac{N_i H}{g_i}$. По-големите кръгчета се отнасят за стойностите с по-голямо тегло ($\sum nm$). От наклона на правата, изразен чрез $\frac{\Delta}{\Delta\varepsilon_{ik}}$, по (18) получаваме

(19) $$T_в = 20\,000°.$$



Фиг. 6. Графика за определяне на $T_в$

Както личи от фигурата, долната част на правата е прекарана през точки с по-голямо разсейване, но нейното направление се определя доста уверено от четирите начални точки (отляво), които имат и значително по-голямо тегло.

Определяне на йонизационната температура

С помощта на стойностите на $\lg(N_i H/g_i)$ за две последователни йонизационни състояния на един и същ елемент по методата на последователните приближения както при пресмятанията за предишните години, ние намираме $T_и$ по формулата

(20) $$T_и = \frac{3360(\chi+\varepsilon_k-\varepsilon_i)}{\frac{2}{3}\lg\left(\frac{1}{n_e}\frac{n_i^{++}}{g_i}\frac{g_k}{n_k^{+++}}\right)+10{,}43+\lg T_и}.$$

В табл. 5 посредством данните за Si III и Si IV са представени числените стойности на константите и резултатите, получени за величините, които фигурират в (20).

Таблица 5

Елемент (мултиплет)	$\lg\frac{N_i H}{g_i}$	ε_i, eV	χ, eV	$\lg\frac{N_k H}{g_k}$	ε_k, eV
Si III (2)	13,03	18,92	33,46	—	—
Si IV (1)	—	—	—	12,77	23,95

От тези данни, като ползваме стойността на $\lg n_e$ от (5) и положим при $\lg T_и$ стойността $T_и = 21\,000°$, получена за 1964 г. [2], в трето приближение, което е напълно достатъчно, от (20) намираме

$$T_и = 20\,900°. \tag{21}$$

От (19) и (21) получаваме

$$\frac{T_в}{T_и} = 0{,}96. \tag{22}$$

ХИМИЧЕСКИ СЪСТАВ НА АТМОСФЕРАТА

Както се спомена в [1] и [2], при условията, които съществуват в атмосферата на $\varkappa$ Касиопея, атомите на кислорода, азота, магнезия, въглерода и неона се намират преимуществено в два пъти йонизирано състояние. И тук за намиране на техния брой в стълб от атмосферата на звездата с основа 1 cm², а след това — и относителното им съдържание, използваме формула (10), написана във вида

$$\lg N^{++}\mathrm{H} = \lg \frac{N_i^{+}\mathrm{H}}{g_i} + \lg n_r^{++} - \lg n_e + 15{,}68 - \frac{5040}{T_и}(\chi - \varepsilon_i) + \frac{3}{2}\lg T_и. \tag{10'}$$

Величините $\lg(N_i\mathrm{H}/g_i)$ съответствуват на получените в колонка 6 на табл. 6. Стойностите на $\lg n_r^{++}$ са интерполирани за $\theta = 5040/T_и$ при $T_и = 21\,000°$, χ е йонизационният потенциал на еднократно йонизирания атом, а $\lg n_e$ имаме от (5). Пресметнатите обилия $\lg N^{++}\mathrm{H}$ по (10) са дадени в колонка 7 на табл. 6.

За сярата пресмятаме аналогично обилията на атомите в четири пъти йонизирано състояние, а за силиция — в четири и пет пъти. Поправката за общия брой на атомите на силиция от петкратно йонизирано състояние е пресметната по формулата на Саха, представена във вида

$$\lg \frac{N_1 P_e}{N_0} = -\frac{5040}{T} I + 2{,}5 \lg T - 0{,}48 + \lg \frac{2B_1(T)}{B_0(T)}, \tag{23}$$

където I е потенциалът на йонизацията, $B_1(T)$ и $B_0(T)$ са съответните суми по състояния, $P_e = n_e kT$ е електронното налягане, а за T вземаме йонизационната температура $T_и$. Получените резултати са дадени съответно в колонки 9 и 10 на табл. 6.

Въз основа на резултатите от пресмятането на броя на атомите в йонизирано състояние на H и He, в два пъти йонизирано състояние на O, N, C, Mg и Ne, в три пъти йонизирано състояние на Si и S и в четири пъти — на Si в последната колонка на табл. 6 са дадени средните стойности на броя на атомите на изброените елементи в стълб от атмосферата на $\varkappa$ Касиопея с основа 1 cm².

Получените тук данни за физическите условия и химическия състав на $\varkappa$ Касиопея ще се съпоставят с получените досега в една следваща работа, където ще бъдат включени и резултатите от наблюдението на звездата, извършено от И. М. Копылов през 1962 г.

Авторът изказва благодарност на завеждащия Звездния отдел на Кримската астрофизическа обсерватория проф. д-р В. Б. Никонов и на ръководството на обсерваторията за възможността да получи спектроскопически материал за $\varkappa$ Касиопея от наблюдения на 1,22-метровия телескоп.

Таблица 6

Елемент	Атом йон (мултиплет)	ε_i	χ	$\lg u_r$	$\lg \frac{N_i\ H}{g_i}$	$\lg NH^{II}$	$\lg NH^{III}$	$\lg NH^{IV}$	$\lg NH^{V}_{\infty}$	$\lg NH$
H	H I	10,15	13,60	—	15,64	22,99	—	—	—	22,99
He	He I 2^3p	20,87	24,58	—	13,89	22,36	—	—	—	—
	2^1p	21,13	—	—	14,20	22,74	—	—	—	—
	Средно	—	—	—	—	22,55	—	—	—	22,55
C	C II (4)	16,25	24,38	0,11	12,63	—	19,85	—	—	—
	(6)	17,97	„	„	11,21	—	18,84	—	—	—
	(33)	24,17	„	„	10,61	—	19,74	—	—	—
	Средно	—	—	—	—	—	19,39	—	—	19,39
N	N II (5)	18,40	29,60	0,79	11,74	—	18,89	—	—	—
	(12)	18,42	„	„	12,00	—	19,17	—	—	—
	(15)	20,32	„	„	11,76	—	19,38	—	—	—
	(42)	23,10	„	„	10,53	—	18,82	—	—	—
	Средно	—	—	—	—	—	19,06	—	—	19,06
O	O II (1, 2)	22,88	35,15	1,02	13,00	—	20,13	—	—	—
	(5, 6)	23,33	„	„	12,84	—	20,07	—	—	—
	(10, 12, 15)	25,54	„	„	12,34	—	20,11	—	—	—
	(17)	25,55	„	„	11,83	—	19,60	—	—	—
	(19, 20)	25,73	„	„	12,11	—	19,92	—	—	—
	(25, 26)	26,14	„	„	11,66	—	19,58	—	—	—
	(36)	28,24	„	„	11,47	—	19,89	—	—	—
	(41)	28,39	„	„	11,75	—	20,21	—	—	—
	(48)	28,57	„	„	11,62	—	20,13	—	—	—
	(54, 58)	28,70	„	„	12,23	—	20,76	—	—	—
	(67)	28,73	„	„	11,68	—	20,22	—	—	—
	(101)	31,18	„	„	11,44	—	20,57	—	—	—
	Средно	—	—	—	—	—	20,11	—	—	20,11
Mg	Mg II (4)	8,83	15,03	0,00	11,46	—	19,03	—	—	19,03
S	S III (4)	18,13	34,70	0,95	11,14	—	—	17,16	—	17,16
Si	Si III (2)	18,92	33,46	0,31	13,03	—	—	18,90	—	—
	(5)	21,63	„	„	12,17	—	—	18,69	—	—
	Средно от Si IV	—	—	—	—	—	—	18,84	—	—
	Si IV (1)	23,95	45,13	0,00	12,77	—	—	—	16,72	—
	Средно	—	—	—	—	—	—	—		18,70
Ne	Ne II (5)	27,74	41,07	1,00	13,68	—	20,53	—	—	20,53

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковачев Б. Ж. и В. М. Добричев, Известия на Секцията по астрономия, **2**, 1967, 91.
2. Ковачев Б. Ж. и В. М. Добричев, Известия на Физическия институт с АНЕБ, **18**, 1967.
3. Аллер Л. Х., Астрофизика, **1**, Москва, 1955, 92.
4. Аллер Л. Х., Астрофизика, **1**, Москва, 1955, 93.
5. Hunger K., Zf. f. Ap., **39**, 1956, 1.

Постъпила на 8. XII. 1967 г.

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ $\varkappa$ КАСИОПЕИ. III

Б. Ковачев

(Резюме)

По 6 спектрограммам области $\lambda\lambda$ 3600—4200 Å и 12 спектрограммам области $\lambda\lambda$ 4100—5000 Å звезды $\varkappa$ Кассиопеи, полученных на диффракционном спектрографе АСП-11 1,22-метрового телескопа Крымской астрофизической обсерватории с дисперсией 14 Å/mm во второй половине августа 1966 года, найдены эквивалентные ширины линий поглощения (табл. 2—4). Вычислены $\lg n_e = 13{,}09$ по (4) и $\lg n_e = 13{,}59$ по (6); $\lg \frac{N_H}{N_{He}} = 0{,}44$, где $\lg N_H H = 22{,}99$ получено по (3), а $\lg N_{He} H = 22{,}55$ по (10).

Из кривой роста, построенной по значениям $\lg (W_\lambda/\lambda) . 10^6$ для O II получено $v_t = 19$ km/s; из (18) по O II найдена температура возбуждения $T_в = 20\,000°$, а из (20) получаем ионизационную температуру $T_и = 20\,900°$. Найденное содержание $\lg NH$ в атмосфере звезды для элементов H, He, C, N, O, Mg, Si, S и Ne приведено в последней колонке табл. 6.

SPECTROPHOTOMETRIC STUDY OF $\varkappa$ CASSIOPEAE. III

B. Kovachev

(Summary)

Six spectrograms for the region $\lambda\lambda$ 3600—4200 Å and twelve spectrograms for the region $\lambda\lambda$ 4100—5000 Å of the star $\varkappa$ Cassiopeae (BIIa), obtained with the grid spectrograph АСП-11 of the 1.22 meter telescope of the Crimean Astrophysical Observatory with a dispersion of 14 Å/mm during the second half of August 1966 were used for finding the equivalent widths of the absorbtion lines (tables 2—4). The following calculations were made: $\lg n_e = 13.09$ from (4) and $\lg n_e = 1359$ from (6), $\lg \frac{W_H}{W_{He}} = 0.44$, where $\lg N_H H = 22.99$ is calculated from (3) and $\lg N_{He} H$ is calculated from (10) and equals to 22.55. $v_t = 19$ km/sec was obtained from the curve of growth, plotted from the values $\lg (W_\lambda/\lambda) . 10^6$ for O II; the excitation temperature 20,000° was obtained from (8) from OII and the ionization temperature 20,900° was obtained from (20). 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 column of table 6.