

Литература: Literature:

1. Bull. Abast. Obs. 2, p. 131, 1938.
2. Loc. cit.
3. Проф. С. Э. Фрим «Техника спектроскопии», стр. 13, 1936.
4. Курс Астроф. и Эл. Астр. I, стр. 69, 1934.
5. Handb. d. Exp. Physik, XXVI, p. 675, 1937.

CHROMATIC CURVES OF 8-INCH OBJECT-GLASSES OF THE CAMERAS ATTACHED TO THE 16-INCH REFRACTOR

E. K. KHARADZE and M. A. VASHAKIDZE

(Summary)

The note contains the results of investigation of chromatic aberration of 8-inch object-glasses of the two cameras attached to the 16-inch refractor of Abastumani Observatory.

The chromatic curves were determined by Hartmann's method using two Schott filters—BG₃ and GG₁₁. The positions of the focus for intermediate points of the spectrum were derived by means of Cauchy's³ interpolation formula.

Table V gives for light of different wave-lengths the deviation of the focus (ΔF) from the mean position expressed in parts of the focal length of the object-glass (the deviation in millimeters will be equal to $F \cdot \Delta F$: $F=1000$ mm).

Fig. 1 and Fig. 2 represent the chromatic curves of the object-glasses no. 1 and no. 2, respectively.

Moreover, the dependence of the magnitude of the faintest stars on the exposure time has been examined. The following two formulae have been derived:

$$m_1 = 10.62 + 1.75 \log \frac{t_1}{45} \quad (\text{for the object-glass no. 1})$$

$$m_2 = 11.00 + 1.75 \log \frac{t_2}{104} \quad (\text{for the object-glass no. 2}).$$

July, 1938.

ЗЕМЛЯНОВЫЙ АСТРОФОТОГРАФИЧЕСКИЙ ОБСЕРВАТОРИИ № 3. 1938
БЮЛЛЕТЕНЬ АБАСТУМАНСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ № 3. 1938
BULLETIN OF THE ABASTUMANI ASTROPHYSICAL OBSERVATORY No. 3. 1938

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТИВА 16" РЕФРАКТОРА
АБАСТУМАНСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

Е. К. ХАРАДЗЕ и М. А. ВАШАКИДЗЕ

Как известно, положение фокуса объектива зависит от трех параметров: 1) расстояния луча, проходящего объектив, от центра последнего (r), 2) угла данного радиуса r относительно произвольно выбранного «главного» диаметра объектива (φ) и 3) длины волны луча (λ). Таким образом, положение фокуса представляется функцией r , φ и λ , т. е.: $D=f(r, \varphi, \lambda)$. Если через r_0 , φ_0 и λ_0 обозначить определенные постоянные или средние значения радиуса r , угла φ и длины волны λ , тогда функция $f(r_0, \varphi_0, \lambda_0)$ выразит изменение положения фокуса в зависимости от расстояния от центра объектива—т. е. сферическую аберрацию; функция $f(r_0, \varphi, \lambda_0)$ —изменение его в зависимости от угла φ —т. е. астигматизм и, наконец, функция $f(r_0, \varphi_0, \lambda)$ —изменение положения фокуса в зависимости от длины волны—т. е. хроматическую аберрацию¹. Эти три функции характеризуют вместе с тем качество объектива.

Мы исследовали перечисленные выше зависимости для фотовизуального объектива ($D=16''=400$ мм; $F=6.8$ м) нового рефрактора Абастуманской Обсерватории. Рефрактор снабжен специальной коррекционной линзой, вводимой на расстоянии около $1\frac{1}{3}$ м от фокуса в сходящийся пучек лучей. Коррекционная линза служит для ахроматизации 16" объектива в фотографических лучах и использования его для фотографических целей. Указанные выше зависимости нами исследованы также и для комбинации 16" фотовизуального объектива с коррекционной линзой.

Для определения сферической аберрации методом Hartmann^a перед объективом ставилась специальная диафрагма с 33-мя отверстиями, симметрично расположенным относительно центра. Диаметр отверстий равнялся 11 мм.

Табл. I иллюстрирует расположение отверстий по зонам (r —радиус зоны) и по углам положения (φ —угол положения относительно «главного» диаметра; за главный диаметр принято направление от одной камеры рефрактора к другой).

ТАБЛИЦА I TABLE

Радиус зоны r в см	Углы положения (φ)					
	45°	135°	225°	315°		
4.0	45°	135°	225°	315°		
6.1	0	90	180	270		
9.0	45	135	225	315		
12.0	0	90	180	270		
15.0	45	135	225	315		
16.5	22.5 67.5	112.5 157.5	202.5 247.5	292.5 337.5		
18.0	0	90	180	270		

Нами фотографировалась звезда α Lyrae (α^m ; λ_0) на пластинках Ilford Hypersensitive Panchromatic (26 июня 1938, при $t=19^{\circ}\text{C}$). 16" рефрактор используется временно как гид 8" параллельных камер. Он имеет небольшой искатель, применение которого для шантирования невозможно. С другой стороны, при внефокальном фотографировании через диафрагму, не представлялось возможным использование для гидирования преломляющей призмы, вставленной в фотографическую камеру 16" рефрактора. Однако, опыт показал, что после тщательной выверки часовного хода, фотографирование без гидирования в течение 6—7 минут не вызывало заметной растянутости изображения. Выбрав яркую звезду и высокочувствительные пластинки, мы сумели сократить продолжительность экспозиции до $4\frac{1}{2}$ минут и, получив достаточно плотные для надежного измерения изображения, совершенно избежали растянутость. Фотографирование производилось при отступлении пластиинки на 80 и 90 мм в обе стороны от фокуса (отсчет шкалы, соответствующий фокусу, приблизительно равен 95.0). Пластиинки проявлялись в течение 9 минут парамидо-феноловым проявителем. Измерения выполнены на стереокомпараторе обычно применяемым нами при подобных исследованиях способом³.

Табл. II содержит результаты вычисления положений фокуса для различных зон (четвертый столбец) и различных углов (третий столбец). Последние два столбца таблицы содержат отклонения положения фокуса от среднего, вычисленного по формуле

$$D = \frac{\Sigma r D^r}{\Sigma r},$$

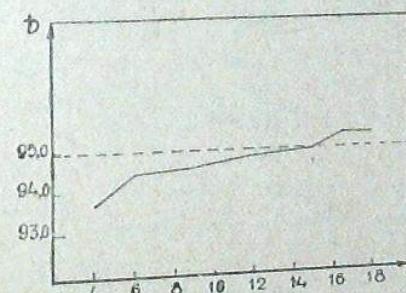
причем отклонения даны в миллиметрах, а также и в долях фокусного расстояния $\left(\frac{D-D^r}{F}\right)$.

Среднее положение фокуса, вычисленное на основании приведенной формулы, приняло значение равное 94.97 при $t=+19^{\circ}\text{C}$.

ТАБЛИЦА II TABLE

r	φ	D^r	D^r	$D-D^r$	$\frac{D-D^r}{F}$
4.0 см	45° 135	93.99 93.50	93.75	1.22	0.0001794
6.1	0 90	94.82 94.28	94.55	0.42	0.0000618
9.0	45 135	94.31 94.81	94.56	0.41	0.0000603
12.0	0 90	95.11 94.56	94.84	0.13	0.0000191
15.0	45 135	94.96 94.98	94.97	0.00	0.0000000
16.5	22.5 67.5 112.5 157.5	95.19 95.11 95.48 95.73	95.38	-0.41	-0.0000603
18.0	0 90	95.60 95.04	95.32	-0.35	-0.0000515

Кривая сферической aberrации, построенная на основе данных последней таблицы, представлена на черт. I, где по оси X отложены радиусы зон объектива, а по оси Y — отсчеты положений фокуса. Горизонтальная пунктирная линия определяет среднее положение фокуса.



Черт. I Fig.

Полученная кривая сферической aberrации указывает на хорошую апланатичность исследованного объектива, подтверждаемую также и малым значением вычисленной нами «технической постоянной»¹.

Для данного объектива «техническая постоянная» равна 0.17².

¹ Интересно сравнить это значение со значениями «технической постоянной» для различных объективов, приведенными в Бюлл. Абст. Обс. № 2, стр. 140.

Астигматизм, характеризуемый величиной a , вычислялся нами на основании уравнения:

$$A + x \cos 2\varphi + y \sin 2\varphi = 0,$$

где A означает отклонение фокуса для угла φ от среднего положения для данной зоны (табл. III), а x и y равны $\frac{a}{2} \cos 2\varphi_0$ и $\frac{a}{2} \sin 2\varphi_0$, соответственно⁵.

ТАБЛИЦА III TABLE

r	φ	$A = D'_\varphi - D'$	r	φ	$A = D'_\varphi - D'$
4.0 см	45°	+0.24	15.0 см	45°	-0.01
	135	-0.25		135	+0.01
6.1	0	+0.27	16.5	22.5	-0.19
	90	-0.27		67.5	-0.27
9.0	45	-0.25	17.5	112.5	+0.10
	135	+0.25		157.5	+0.35
12.0	0	+0.27	18.0	0	+0.28
	90	-0.28		90	-0.28

Значения $\frac{a}{2}$ для различных зон объектива приводятся в последнем столбце табл. IV. Из таблицы видно, что исследованный нами объектив заметно астигматичен.

ТАБЛИЦА IV TABLE

r	x	y	$\frac{a}{2}$
4.0 см	-	-0.24	≥ 0.24
6.1	-0.27	-	≥ 0.27
9.0	-	+0.25	≥ 0.25
12	-0.28	-	≥ 0.28
15	-	+0.01	≥ 0.01
18	-0.28	-	≥ 0.28

Хроматическая aberrация исследована нами с помощью щелевого спектрографа О. Торфер'a, принадлежащего Ташкентской Астрономической Обсерватории. Спектрограф употреблялся в однопризмовой комбинации с большой камерой.

В этих условиях лисперсия спектрографа такова:

H_β 45 Å в 1 ми,

H_γ 28 Å в 1 ми,

H_α 21 Å в 1 ми.

Для определения хроматической aberrации было получено 3 снимка звезды α Lyrae на пластинках Ilford Hypersensitive Panchromatic (23 июля 1938, при $t=15^{\circ}5$, с экспозицией в 10 минут). Перед объективом рефрактора ставилась диафрагма, имеющая два выреза, расположенных симметрично по отношению к центру объектива. Расстояние между вырезами равнялось 24 см. Длина каждого выреза — 26 см, ширина — 5 см.

Спектрограф монтировался в окулярном конце рефрактора таким образом, что плоскость щели спектрографа можно было устанавливать как экстрафокально, так и интрафокально. При этом диафрагма на объективе ориентировалась так, чтобы два изображения, получаемые вне фокуса от двух ее отверстий, ложились в двух концах щели. В результате мы получали два спектра в виде двух искривленных «нитей». Степень кривизны этих «нитей» зависит, как известно, от хроматической aberrации. Расстояние между ними в точках, соответствующих разным длинам волн, определяет хроматическую коррекцию⁶. Положение фокуса для лучей разных длин волн вычисляется по той же формуле Нартманн'a, которая служит и для вычисления сферической aberrации. Расстояния между спектральными «нитями» в нашем случае измерялись в точках, соответствующих линиям H_α , H_β , H_γ , H_δ .

Результаты определения положений фокуса для этих линий даны в табл. V. Значения, приведенные во втором и третьем столбцах соответствуют разным положениям щели спектрографа по отношению к фокусу. Последний столбец содержит значения, средние для различных выдвижений.

ТАБЛИЦА V TABLE

λ	Выдвижение 100.0—195.8	Выдвижение 155.0—195.8	D
H_α	161.89	162.38	162.14
H_β	163.90	164.10	164.00
H_γ	177.69	180.04	178.86
H_δ	185.93	186.86	186.39

Пользуясь интерполяционной формулой Cauchy⁷, мы вычислили положения фокуса и для промежуточных точек спектра. Для большей точности спектр от H_{α} до H_{δ} был разделен нами на четыре части и формула Cauchy составлялась для каждой из них в отдельности. Коэффициенты A и B интерполяционного ряда Cauchy приняли для различных участков спектра следующие значения:

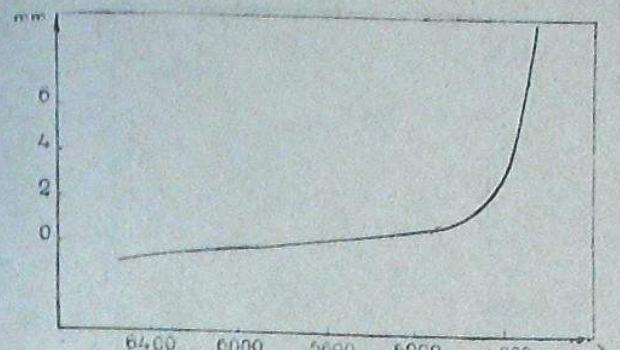
Участок спектра	A	B
$H_{\alpha} - H_{\beta}$	159.81	96356936
$H_{\beta} - H_{\gamma}$	105.62	1379253344
$H_{\gamma} - H_{\delta}$	115.95	1184410780
$H_{\beta} - H_{\delta}$ (контроль)	108.68	1306761000

Табл. VI содержит окончательные результаты. D , ΔF и $\frac{\Delta F}{F}$ означают соответственно: положение фокуса, отклонение фокуса от положения, соответствующего $\lambda = 5600$, выраженное в миллиметрах и это отклонение, выраженное в долях фокусного расстояния.

ТАБЛИЦА VI TABLE

λ	D	ΔF	$\frac{\Delta F}{F}$	λ	D	ΔF	$\frac{\Delta F}{F}$
6563	162.14	0.84	0.000124	5000	163.76	0.76	0.000112
6400	.26	.72	.000106	4861	164.00	1.02	.000150
6200	.42	.56	.000082	4800	165.48	2.50	.000368
6000	.59	.39	.000057	4600	173.73	10.75	.001580
5800	.77	.21	.000031	4400	177.38	14.40	.002118
5600	.98	0.00	0.000000	4340	178.84	15.86	.002332
5400	163.22	.24	.000035	4200	183.15	20.17	.002966
5200	.47	.49	.000072	4101	186.39	23.41	.003443

На основе данных последней таблицы построена хроматическая кривая исследованного нами объектива (черт. 2).



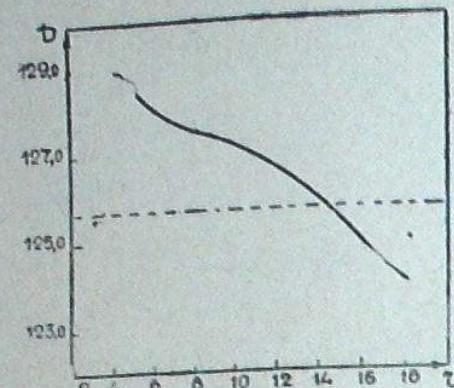
Черт. 2 Fig.

Хроматическая кривая указывает на удовлетворительную ахроматизацию 16" объектива для визуальных лучей; крутизна кривой в части, соответствующей $\lambda < 4900$, естественна для фотовизуального объектива.

Исследование 16" объектива в комбинации с коррекционной линзой показало, что последняя значительно сокращает годное поле рефрактора. Хорошие и удовлетворительные изображения получаются лишь в пределах до 10 минут дуги от оптического центра; на больших расстояниях изображения резко ухудшаются вследствие большого хроматизма.

ТАБЛИЦА VII TABLE

r	φ	D_q^r	D^r	r	φ	D_q^r	D^r
4.0 cm	45°	129.07	129.26	15.0 cm	45°	125.84	125.65
	135	129.45			135	125.46	
6.1	0	127.74	128.02	16.5	22.5	124.37	124.31
	90	128.31			67.5	123.99	
9.0	45	127.90	127.44		112.5	124.37	
	135	126.98			157.5	124.51	
12.0	0	126.60	126.08	18.0	0	123.56	124.32
	90	125.56			90	125.08	



Черт. 3 Fig.

Исследование показало, что в системе 16" объектива с коррекционной линзой сферическая aberrация (табл. VII и черт. 3) и астигматизм (табл. VIII и табл. IX) выражены более резко.

ТАБЛИЦА VIII TABLE

r	φ	$A = D'_\varphi - D'$	r	φ	$A = D'_\varphi - D'$
4.0 cm	45° 135	-0.19 +0.19	15.0 cm	45° 135	+0.19 -0.19
6.1	0 90	-0.28 +0.29	16.5	22.5 67.5	+0.05 -0.32
9.0	45 135	+0.46 -0.46		112.5 157.5	+0.06 +0.20
12.0	0 90	+0.52 -0.52	18.0	0 90	-0.76 +0.76

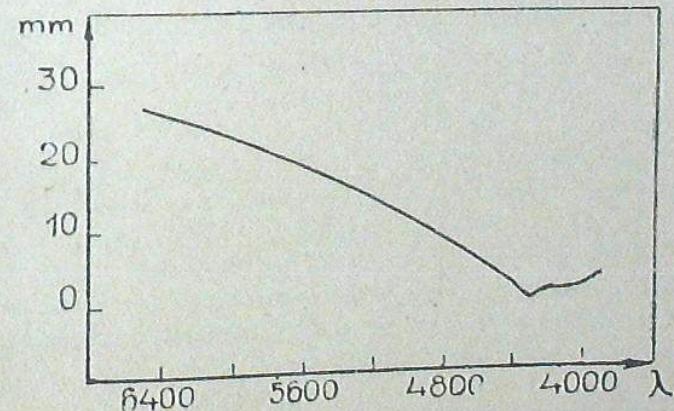
ТАБЛИЦА IX TABLE

r	φ	$A = D'_\varphi - D'$	x	y	$\frac{a}{2}$
16.5 cm	22.5 67.5 112.5 157.5	+0.05 -0.32 +0.06 +0.20	-0.26 +0.19	+0.19 0.32 0.21	

Отчет, соответствующий среднему положению фокуса: $D = \frac{\Sigma r D^r}{\Sigma r}$, оказался равным 125.7. «Техническая постоянная» приняла значение, равное 0.63.

ТАБЛИЦА X TABLE

λ	D	ΔF	$\frac{\Delta F}{F}$	λ	D	ΔF	$\frac{\Delta F}{F}$
6500	221.75	27.18	0.003997	4800	202.82	8.25	0.001213
6400	220.92	26.35	.003875	4700	201.14	6.57	.000966
6200	219.17	24.60	.003617	4600	199.38	4.81	.000707
6000	217.32	22.75	.003345	4500	197.54	2.97	.000437
5800	215.33	20.76	.003052	4400	195.62	1.05	.000154
5600	213.20	18.63	.002740	4300	194.57	0.00	0.000000
5400	210.92	16.35	.002404	4200	194.86	0.29	.000043
5200	208.27	13.70	.002015	4100	195.20	0.63	.000093
5000	205.80	11.23	.001651	4000	196.18	1.61	.000236
				3900	198.10	3.53	.000519



Черт. 4 Fig.

Результаты определения хроматической aberrации даны в табл. X. На черт. 4 изображена хроматическая кривая. Построению табл. X послужили основанием непосредственные измерения в точках, соответствующих линиям H_{α} , H_{β} , H_{γ} , H_{δ} , H_{ϵ} и H_{ζ} (отсчеты: 222.25, 203.82, 194.45, 195.18, 196.49 и 198.34) и интерполирование.

Для интерполирования составлялись формулы Саусбью, принявшие для различных участков спектра следующий вид:

$$H_{\alpha} - H_{\beta} \quad x = 274.89 - \frac{345456.85}{\lambda}$$

$$H_{\beta} - H_{\gamma} \quad x = 282.04 - \frac{380234.62}{\lambda}$$

$$H_{\gamma} - H_{\delta} \quad x = 181.92 + \frac{54388.92}{\lambda}$$

$$H_{\delta} - H_{\epsilon} \quad x = 155.78 + \frac{161615.69}{\lambda}$$

$$H_{\epsilon} - H_{\zeta} \quad x = 105.73 + \frac{360251.03}{\lambda}$$

Одновременно с исследованием 16" объектива М. А. Вашакидзе производил опыты применения щелевого спектрографа в фокусе 16" объектива. Испытывался упомянутый выше спектрограф О. Тöрфета в одноизменной комбинации с длинной и короткой камерами.

Дисперсия спектрографа характеризуется следующей таблицей:

	Длинная камера	Короткая камера
H_{β}	45 Å в 1 мм	90 Å в 1 мм,
H_{γ}	28 Å в 1 мм	120 Å в 1 мм,
H_{δ}	21 Å в 1 мм	180 Å в 1 мм.

Опыты показали, что удовлетворительные спектры звезд 6-ой и 5-ой величины для короткой и длинной камер, соответственно, могут быть получены при полторачасовой экспозиции.

В измерениях и вычислениях принимали участие Э. Долидзе и студенты Тбилисского Государственного Университета Н. Магалашвили и Т. Маруашвили.

Август, 1938.

Литература: Literature:

1. Handb. d. Exp. Physik, XXVI, p. 221, 1937.
2. Publ. A. O. Potsdam, XV, No. 46.
3. Bull. Abast. Obs. 2, p. 136, 1938.
4. Publ. A. O. Potsdam, XV, No. 46.
5. Ibid.
6. Handb. d. Exp. Physik, XXVI, p. 222, 1937.
7. Проф. С. Э. Фриш. «Техника Спектроскопии», стр. 13, 1936.

AN INVESTIGATION OF THE OBJECT-GLASS OF THE 16-INCH REFRACTOR OF ABASTUMANI OBSERVATORY

E. K. KHARADSE and M. A. VASHAKIDSE

(Summary)

The spherical and chromatic aberrations and the astigmatism of the 16-inch photovisual object-glass have been investigated.

The spherical aberration is represented in Fig. 1. The curve indicates a fair aplanatism of the object-glass. The «technical constant» is equal to 0.17.

The astigmatism is characterized by the data given in Table IV. The object-glass is noticeably astigmatic.

The chromatic curve is shown in Fig. 2. The object-glass is satisfactorily achromatic for visual rays.

The 16-inch refractor is provided with a special correcting lens, introduced in a convergent beam of rays at a distance of 1.5 m from the focus. The correcting lens serves to render the 16-inch object-glass suitable for photographic purposes.

The 16-inch object-glass was also examined in combination with correcting lens. This last reduces considerably the useful field of refractor. Satisfactory images are obtained up to the distance of 10 minutes of arc from the optical centre.

The curves of the spherical and chromatic aberrations for the 16-inch object-glass in combination with the correcting lens are represented in Fig. 3 and Fig. 4.

August, 1938.