

ИССЛЕДОВАНИЕ АНАБЕРРАЦИОННОЙ КАМЕРЫ SCHMIDT'A

Ш. Г. ГОРДЕЛАДЗЕ и Е. К. ХАРАДЗЕ

Летом текущего года на Абастуманской Обсерватории была монтирована и испытана 360 мм анаберрационная камера Schmidt'a.

Настоящая заметка посвящена изложению результатов предварительного испытания этого телескопа, являющегося первым телескопом подобного рода, установленным в СССР. Ввиду сравнительной новизны камеры Schmidt'a, а также вследствие того, что она до сих пор не описана в советской литературе, мы нашли целесообразным дать несколько подробное описание ее устройства.

Известно, что классические и современные рефлекторы, в которых в качестве главной отражающей оптической поверхности применяется параболическое зеркало, страдают тем крупным недостатком, что годное поле в них, как-бы хорошо не было изготовлено зеркало оптически, чрезвычайно ограничено вследствие неизбежного наличия комы, растущей пропорционально квадрату светосилы и первой степени расстояния от оптического центра.

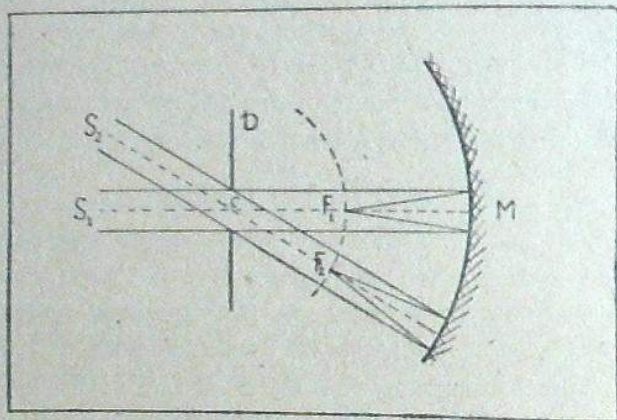
Для обычных телескопов свободное от комы поле достигает в диаметре всего несколько минут. Так, напр., 36" рефлектор Ликской Обсерватории имеет годное (свободное от комы) поле, равное всего лишь 10 минутам дуги. Бергедорфский 40" рефлектор имеет годное поле равное 5 минутам. А поле 100" рефлектора Обсерватории на Горе Вильсон едва превышает 7 минут дуги¹.

Естественно поэтому, что делалось немало попыток изобрести систему, свободную от влияния комы и сферической аберрации, т. е. апланатическую систему. В результате этих попыток предлагались различные способы исключения комы, т. е. различные апланатические системы: чисто зеркальные, комбинированные (зеркало в соединении с линзой) и другие катодиоптрические системы.

Впервые чисто зеркальная апланатическая система была предложена в 1905 г. К. Schwarzschild'ом². Эта система состоит в основном из двух зеркал, из коих главное имеет форму гиперболоида вращения, а вспомогательное — форму вогнутого сплюснутого сфероида. Эта система дает при достаточно высокой светосиле годное поле более 2° в диаметре. Однако,

наряду с этим она обладает большими недостатками, выражающимися главным образом, в следующем: а) изготовление гиперболической поверхности связано с большими трудностями, ввиду отсутствия удовлетворительного метода исследования вогнутого гиперболоида; б) вспомогательное зеркало слишком велико по размерам, что вызывает излишнюю потерю света. G. W. Ritchey³ и H. Chrétien⁴ улучшили систему Schwarzschild'a, заменив вогнутый сфокусированный сфероид выпуклым гиперболоидом, что значительно уменьшило размеры вторичного зеркала. Но в этой системе полное исключение комы достигается лишь после введения кривой фотопластины. От последнего обстоятельства система Chrétien'a много проигрывает по сравнению с системой Schwarzschild'a.

Из других авторов, делавших попытки исключения комы, необходимо назвать М. Н. Violette⁵, R. A. Sampson'a⁶, Y. Väisälä⁷ и других.



Черт. 1 Fig.

Особо следует отметить F. E. Ross'a,⁸ применившего специальную коррекционную линзу, устанавливаемую вблизи фокуса в сходящемся пучке отраженных от параболического зеркала лучей. Линза Ross'a увеличивает годное поле в 20—30 раз, но при этом оставляет влияние астигматизма. Однако, астигматизм не нарушает симметрии изображения как кома и поэтому его влияние не ограничивает ни фотометрических, ни астрометрических возможностей. Потеря же света за счет поглощения в линзе не превосходит 0.25 звездной величины. Линзы Ross'a с успехом применяются на Обсерватории на Горе Вильсон, где они используются в соединении с 60" и 100" рефлекторами.

Однако, самым выдающимся изобретением последних лет в области конструкции апланатических систем надо считать анаберрационную камеру B. Schmidt'a⁹.

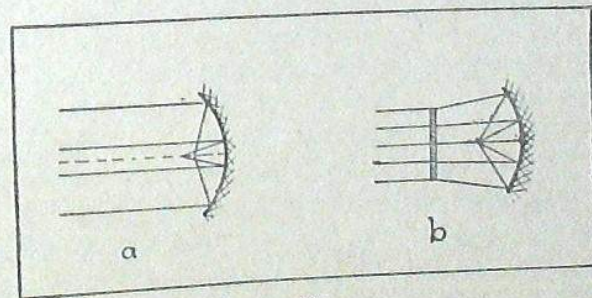
Schmidt использовал весьма простой принцип. Его телескоп состоит из сферического зеркала, в центре кривизны которого устанавливается

круглая диафрагма, исключая кому и астигматизм. Остающаяся после этого сферическая aberrация устраняется тем, что в отверстие диафрагмы вставляется специальная коррекционная линза, одна сторона которой плоска, а другая имеет слегка деформированную поверхность особой кривизны. В результате получается широкоугольное поле (до 16—18°) весьма удовлетворительных изображений при большой светосиле инструмента.

Рассмотрим подробнее оптическую схему камеры Schmidt'a. Пусть M на черт. 1 изображает сферическое зеркало, центр кривизны которого находится в точке C. Поместим перед зеркалом на расстоянии его радиуса кривизны диафрагму D. Лучи, идущие от двух звезд S₁ и S₂, пройдя диафрагму и будучи отражены от поверхности зеркала, дают соответствующие изображения в точках F₁ и F₂, расположенных на окружности, центр которой в точке C, а радиус равен половине радиуса кривизны сферического зеркала или фокусному расстоянию последнего. Каждую прямую, проходящую через точку C (S₁F₁, S₂F₂...) можно рассматривать как ось вращения данной оптической системы. Поэтому, такие aberrации как кома и астигматизм не могут присутствовать в пучках лучей, оси которых совпадают с этими прямыми.

Таким образом, диафрагма установленная в центре кривизны сферического зеркала, устраняет кому и астигматизм.

Однако, остается неустранимой сферическая aberrация, которой сильно страдают параллельные лучи, отраженные от сферического зеркала. Как известно, центральные лучи собираются в фокусе дальше от зеркала, нежели лучи, отраженные от края зеркала (черт. 2, а).

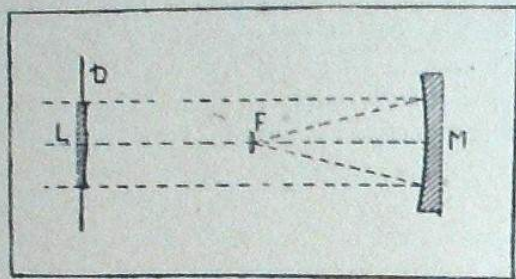


Черт. 2 Fig.

Если же отклонить крайние лучи настолько, чтобы привести их в совпадение с центральными, то будет устранено влияние сферической aberrации. Именно в этом и заключается действие коррекционной линзы, введенной Schmidt'ом в отверстие диафрагмы (черт. 2, б и черт. 3).

Линза L представляет собой тонкую пластинку, которая с одной стороны совершенно плоска, а с другой — слегка деформирована таким образом, что в середине она выпукла, напоминая плоско выпуклую чечевицу,

далее вогнута, а к краям— снова выпукла. Толщина линзы в центре и на краях одинакова и вместе с тем она весьма умеренна. Поэтому линза не вызывает заметного поглощения и изменения фокусного расстояния. Но, действуя своей срединной частью как собирающая, а краевой зоной— как рассеивающая линза, она приводит в совпадение центральные и краевые лучи, отраженные от сферического зеркала. Следует заметить, что введение линзы неизбежно вызывает хроматическую aberrацию, которая, однако, в камере Schmidt'a обычно весьма незначительна.



Черт. 3 Fig.

Таким образом достигается, по Schmidt'y, совершенное поле больших размеров при большой светосиле инструмента. Хотя фокальная поверхность в камере Schmidt'a также не является плоскостью, однако, по сравнению с системой Chrétien'a кривизна этой поверхности значительно меньше. Никакая другая камера не дает такой комбинации большого поля и большой светосилы. Совершенное поле в 18° до сих пор не было получено ни на одном астрономическом зеркальном телескопе. Нельзя обойти молчанием и того преимущества камеры Schmidt'a, которое заключается в том, что основной отражающей оптической деталью в ней является сферическое зеркало, а изготовление сферической поверхности, как известно, значительно легче изготовления параболической поверхности.

Для уяснения математической теории камеры Schmidt'a, заинтересованному читателю можно рекомендовать статью Ch. H. Smiley (P. A. XLIV, No. 8, p. 415, 1936).

Первую анаберрационную камеру Schmidt построил для Гамбургской Обсерватории в Бергедорфе. Она имеет 40 см в диаметре.

В настоящее время подобные инструменты все чаще применяются, как в Америке, так и в Европе. В последние годы камеры типа Schmidt'a успешно стали применяться при конструкции спектрографов. Эти спектрографы, где линзы и призмы заменяются зеркалами и решетками, дают возможность фотографировать одновременно большие участки спектра весьма слабых объектов. Использование этих камер для спектрографов начал Th. Dunham. С помощью подобного спектрографа V. M. Slipher получил

первые хорошие спектрограммы спиральных туманностей. O. Struve на Иеркской Обсерватории получил отличные спектры таких слабых объектов как диффузные туманности и свет ночного неба.

Анаберрационная камера, установленная на Абастуманской Обсерватории, изготовлена по Schmidt'y фирмой Zeiss в 1936 г. Свободное отверстие его зеркала равно 360 мм. Фокусное расстояние— 620 мм. Светосила инструмента— 1:1.75. Масштаб на пленке (на сферической фокальной поверхности): 1 мм соответствует $5.5'$. Размер пленки 7 см в диаметре, т. е. $6^\circ.5$.

Кассета, имеющая круглую форму, вставляется через специальный люк тубуса в гнездо, помещенное на растяжках между сферическим зеркалом и линзой. Фокусировка осуществляется вращением барабана, перемещающего гнездо кассеты вдоль оси тубуса в пределах 15 мм. Камера снабжена искателем, который нельзя использовать в качестве гида. Поэтому, к ней был приспособлен 2" рефрактор с освещением и пятами в окулярной части. Камера временно смонтирована на параллактическом штативе от небольшого рефрактора. Часовой механизм штатива имеет весьма неудовлетворительный ход и поэтому даже сравнительно непродолжительная экспозиция весьма затруднена. В ближайшее время предполагается смонтировать камеру на полярной оси, специально изготовляемой Ленинградским Астрономическим Институтом.

Установка телескопа выверялась по методу Scheiner'a. После того, как была проверена центровка оптической системы и определен фокус, фотографически и по методу Hartmann'a, мы приступили к пробным снимкам, показавшим полную удовлетворительность изображений по всему полю.

Проницательная сила камеры оказалась весьма большой, что и следовало ожидать. Она вычислялась нами на основе определений предельных звезд на нескольких снимках Полярной области с различными экспозициями.¹⁰

При 5 секундной экспозиции на пластинках Imperial «1200» получились звезды до 9 величины (8.8—8.9). На пластинках, снимаемых с 30 секундной экспозицией, отмечены звезды 12-й величины. Минутная экспозиция давала звезды 13-ой величины и более слабые. Нами найдена эмпирическая формула для вычисления проницательной силы инструмента. Эта формула имеет следующий вид:

$$m = 12.03 + 4 \log \frac{t}{30}$$

Однако, следует оговорить, что применение ее допустимо лишь в небольших пределах экспозиции: от нескольких секунд до нескольких минут.

Нами была сделана попытка применить для фотографирования пластинки, конечно, за счет сокращения полезного поля. Кривизна фокальной поверхности настолько мала, что в пределах радиуса в 1 см ее можно считать плоскостью. На пластинках получается годное поле с диаметром в 2 см., т. е. в $1^{\circ}8'$. Последнее обстоятельство было подтверждено нами исследованием для пластинок «ошибки поля». Это исследование показало, что при использовании пластинок фотографическая обработка негатива в пределах поля до 2° может быть вполне надежной, если отсчетам гальванометра (когда обработка ведется на объективном микрофотометре) придать соответствующие поправки. Однако, для составления таблицы поправок надо провести исследование более тщательно, чем это было сделано нами при предварительном выяснении вопроса.

Интересно было посмотреть, в какой мере исключается в системе Schmidt'a сферическая aberrация после введения коррекционной линзы. Для выяснения этого вопроса мы определили сферическую aberrацию как для сферического зеркала, так и для системы зеркала и линзы.

Сферическое зеркало обнаружило значительную aberrацию, характеризующую следующими данными:

Расстояние зоны объектива от центра	Положение фокуса
7.0 см	7.1
10.5	5.6
14.0	4.1
17.5	1.5

В системе зеркала и линзы сферическая aberrация не обнаружена:

Расстояние зоны объектива от центра	Положение фокуса
7.0 см	7.5
10.5	7.5
14.0	7.6
17.5	7.6

Астигматизм также практически отсутствует:

Расстояние зоны объектива от центра	α (величина, характеризующая астигматизм ¹¹)
7.0 см	0.09
10.5	0.08
14.0	0.05
17.5	0.06

Как отмечалось выше, наряду с устранением сферической aberrации, введение линзы неизбежно вызывает хроматическую aberrацию.

Мы решили выяснить, насколько значительна хроматическая aberrация в камере Schmidt'a.

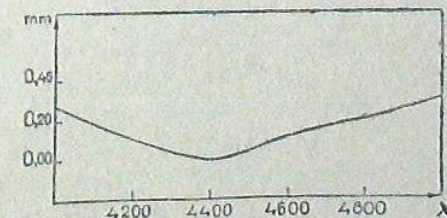
Для построения хроматической кривой мы использовали синий и желтый фильтры. У первой из них, FC-1, максимум пропускания лежит около λ 4000. У второй, GG₁₁ по Schott'y, область пропускания начинается около λ 4700 и вблизи λ 5000 кривая пропускания резко поднимается до единицы. Положение фокуса, определенное по методу Hartmann'a, при применении фильтра FC-1 оказалось 7.40, а в случае фильтра GG₁₁—7.97.

Путем интерполирования¹² мы определили положение фокуса и для других участков спектра и получили следующую таблицу, где в первом столбце даны длины волн, во втором—соответствующие положения фокуса, а в третьем и четвертом—отклонения от среднего фокуса, выраженные в миллиметрах и в долях фокусного расстояния.

ТАБЛИЦА I TABLE

λ	D	ΔF	$\frac{\Delta F}{F}$
4000	7.40	0.27	0.00044
4200	7.55	0.12	0.00019
4400	7.67	0.00	0.00000
4600	7.79	0.12	0.00019
4800	7.88	0.21	0.00034
5000	7.97	0.30	0.00048

На черт. 4 представлена хроматическая кривая, построенная на основе данных последней таблицы.



Черт. 4 Fig.

Как выяснилось, хроматическая aberrация, вводимая линзой, в камере Schmidt'a очень незначительна.

В дальнейшем работы на анаберрационной камере Schmidt'a будут направлены к применению ее для определения колориндексов внегалактических туманностей.

В измерениях и вычислениях принимали участие сотрудник Обсерватории Ш. И. Габескирия и студенты Тбилисского Государственного Университета Н. Магалашвили и Т. Маруашвили.

Сентябрь, 1938.

Литература: Literature:

- | | |
|--|--|
| 1. Aph. J. 81, p. 156, 1935. | 8. Aph. J. 77, p. 243, 1933; 81, p. 156, 1935. |
| 2. Astr. Mitt. d. Univ. Sternw. Göttingen, 9—11, 1905. | 9. Mitt. d. Hamburg. Sternw. in Bergedorf. 36, 1932. |
| 3. Trans. Opt. Soc. 29, p. 197, 1927. | 10. Курс Астроф. и За. Астр. I, стр. 69, 1934 |
| 4. Revue d'Optique I, p. 49, 1922. | 11. Publ. A. O. Potsdam. XV, No. 46. |
| 5. Ibid, p. 397. | 12. Проф. С. Э. Фриш. «Техника спектроскопии» стр. 13, 1936. |
| 6. M. N. 73, p. 524, 1913. | |
| 7. A. N. 259, p. 197, 1936. | |

AN INVESTIGATION OF THE SCHMIDT COMA-FREE CAMERA

SH. G. GORDELADSE and E. K. KHARADSE

(Summary)

The paper deals with preliminary results of an investigation of the Schmidt coma-free camera ($D=360\text{ mm}$; light ratio—1:1.75) mounted recently at Abastumani Observatory.

September, 1938.

კურორტ აბასთუმანის და მთა ყანობილის კლიმატის შედარებითი შესწავლის საკითხისათვის

შ. ჩხაიძე

ცნობილია, რომ მთის კლიმატს ახასიათებს მზის რადიაციის დიდი ინტენსიობა და დედამიწის გაძლიერებული გამოსხივება, რის შედეგად მთაში ადგილი აქვს დღეღამური და წლიური ტემპერატურის მომეტებულ ამპლიტუდას. მაგრამ, მთის ცალკეული ადგილებისათვის ამპლიტუდა სიმაღლის მიხედვით არ იზრდება; პირიქით, კლებულობს კიდევ ტემპერატურის ინვერსიის გამო.

უნდა აღინიშნოს აგრეთვე, რომ ამა თუ იმ ადგილის კლიმატზე მთავარ გავლენას ახდენს არა აბსოლუტური სიმაღლე ზღვის დონედან, არამედ მისი შედარებითი ამაღლება გარემომცველი ადგილების მიმართ.

საერთოდ, აბასთუმანი, მისი ფიზიკო-გეოგრაფიულ თავისებურებათა გამო, საკმაოდ არის დატული პოლარული და არქტიკული ჰაერის მასების თავისუფალ შემოჭრისაგან. ამ მხრივ მას განსაკუთრებით უწყობენ ხელს მესხეთის და არსეანის ქედები. ამასთანავე, ე. წ. მცირე კავკასიის ანტიციკლონი, რომელიც ზამთრობით აბასთუმანის აღმოსავლეთით ბუდობს, ანელებს ზეკარის უღელტეხილიდან ცივი მასების დენის სიჩქარეს.

აბასთუმანის კლიმატის შესახებ არსებული შრომები ძირითადად ცენტრალური აბასთუმანის მეტეოროლოგიური სადგურის მრავალწლიურ დაკვირვებებზე არიან დამყარებულნი. მაგრამ აბასთუმანის რელიეფის სხვადასხვაობა მისი მიკროკლიმატის დეტალურ შესწავლის აუცილებლობას ჰქმნის. ამ მხრივ ჯერ მცირე მასალა არსებობს და ისიც ექსპედიციური ხასიათის დაკვირვებებით მიღებული. ცხადია, რომ ასეთი მასალიდან მეტეოროლოგიურ ელემენტთა თავისებური ცვალებადობის სრული სურათის მიღება ძნელია, განსაკუთრებით რელიეფის სხვადასხვაობის პირობებში.

აბასთუმანის მიკროკლიმატის გამოკვლევის პირველ ეტაპზე მეტად საინტერესოა მეტეოროლოგიურ დამახასიათებელთა შედარებითი შესწავლა ორი ისეთი პუნქტისათვის მაინც, რომელნიც ერთმანეთისაგან განსხვავებულ ადგილას მდებარეობენ. ჩვენს ობსერვატორიაში, მთა ყანობილზე, 1936 წლის დასაწყისიდან ვაწარმოებთ მეტეოროლოგიურსა და აქტინომეტრულ დაკვირვებას. 1936 და 1937 წლების მასალა გამოქვეყნებულია ჩვენი ბიულეტენის ამივე ნომერში. ყანობილის მეტეოროლოგიური სადგური 300-350 მეტრით