



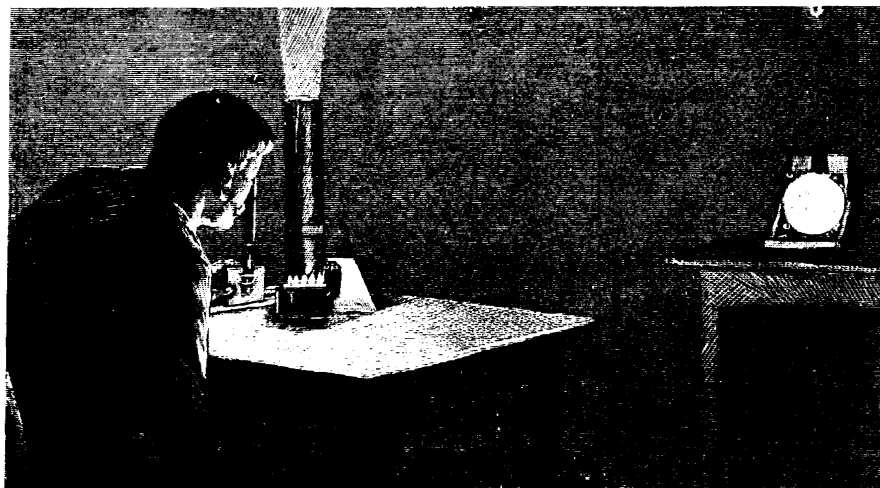
РУССКОЕ ОБЩЕСТВО ЛЮБИТЕЛЕЙ МИРОВЪДѢНІЯ.

А. А. ЧИКИНЪ

Товарищъ предсѣдателя Р. О. Л. М., Членъ British Astronomical Association.

ОТРАЖАТЕЛЬНЫЕ ТЕЛЕСКОПЫ

(Изготовленіе рефлекторовъ доступными для любителей средствами).



Съ 79 рисунками и чертежами.

ПЕТРОГРАДЪ.

Типографія Редакціи періодическихъ изданій Министерства Финансовъ.
1915.

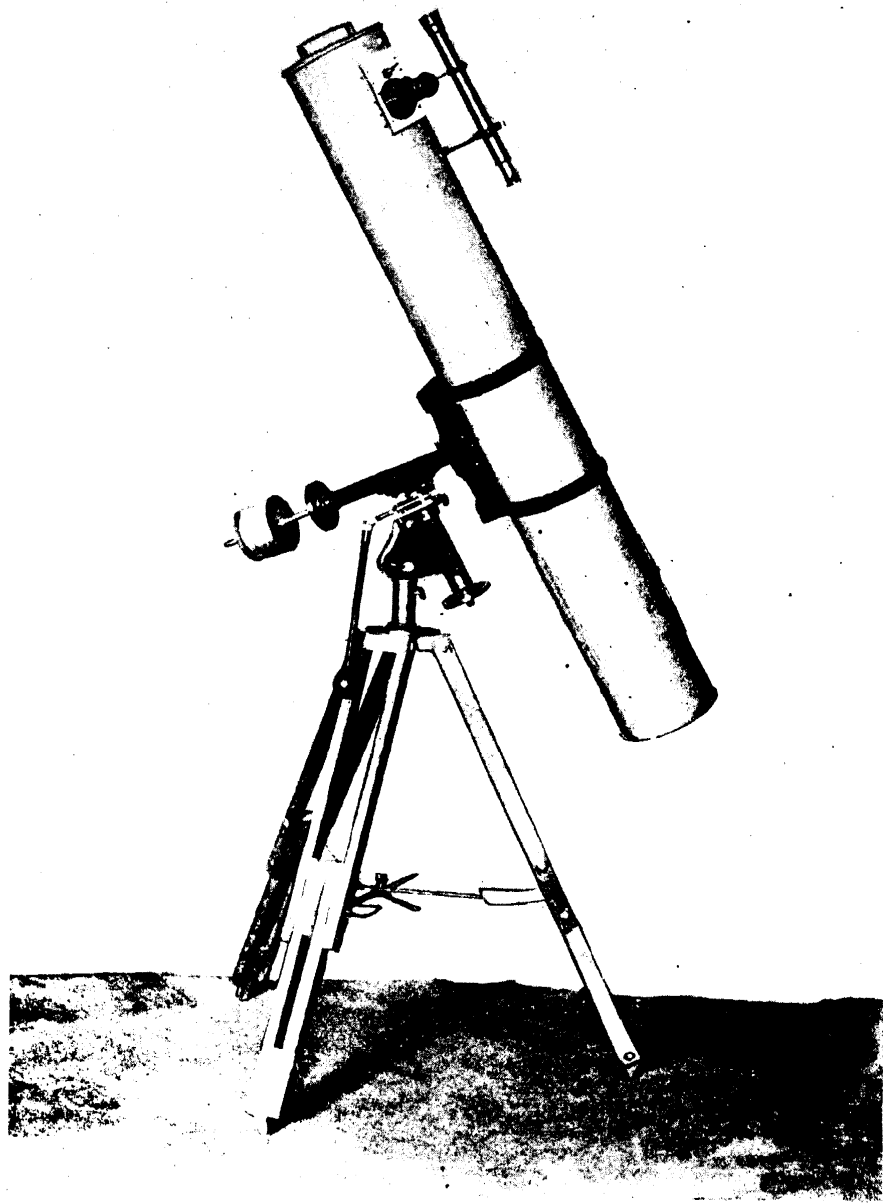
Рукопись этой книги уже была сдана въ типографію, какъ надъ нашей Родиной разразилась военная гроза и потому печатаніе книги было отложено на неопредѣленное время. Теперь же Русское Общество Любителей Міровѣдѣнія, находя, какъ и наши союзники—англичане, что «business as usual», т. е. занятія должны идти своимъ чередомъ, не взирая на войну, сочло возможнымъ выпустить въ свѣтъ эту книгу. Вмѣстѣ съ тѣмъ авторъ считаетъ нужнымъ предупредить читателей о томъ, что приводимыя въ ней свѣдѣнія о цѣнахъ или указанія на фирмы, послѣ войны, возможно, подвергнутся измѣненію.

Кромѣ того, авторъ считаетъ пріятнымъ долгомъ выразить здѣсь свою глубокую признательность редактору «Извѣстій Русскаго Общества Любителей Міровѣдѣнія» Д. О. Святскому за его любезную помощь при печатаніи настоящей книги.

Авторъ.

Оглавление.

	Стр.
Вступленіе	1
I. Исторія рефлекторовъ	5
II. Общія замѣчанія о зеркалахъ	7
III. Сравненіе рефлекторовъ съ рефракторами	12
IV. Типы рефлекторовъ	14
V. Простые рефлекторы:	
1) Рефлекторъ Гершеля	14
2) Рефлекторъ Ньютона	16
3) Кольцевой рефлекторъ	21
VI. Сложные рефлекторы:	
1) Рефлекторъ Грегори	22
2) Рефлекторъ Кассегрена	32
3) Брахитъ	37
Телескопъ Неесмита	38
«The lens-mirror telescope»	38
Ртутный телескопъ	39
VII. Сравнительныя достоинства разныхъ типовъ рефлекторовъ	39
VIII. Отражательная способность зеркалъ	41
IX. Матеріаль для зеркалъ	43
X. Шлифованіе и полированіе	46
XI. Изготовленіе выгнутого зеркала для ньютоновскаго рефлектора ручнымъ способомъ	49
a) Шлифованіе зеркала	55
b) Полированіе зеркала	60
c) Изслѣдованіе поверхности зеркалъ по способу Фуко	63
d) Испытаніе по зонамъ	71
e) Параболизація	73
XII. Изготовленіе выгнутого зеркала на машинѣ	77
XIII. О шлифованіи на машинѣ и руками	82
XIV. Изготовленіе зеркалъ для телескопа Грегори	82
XV. Изготовленіе выпуклаго зеркала для телескопа Кассегрена	86
XVI. Изготовленіе металлическихъ зеркалъ	87
XVII. Обь испытаніи зеркалъ по звѣздамъ	88



5-дюймовый рефлектор работы автора.

ВСТУПЛЕНИЕ.

Въ 1913 г. Государственная Дума ассигновала средства Пулковской обсерваторіи для приобрѣтенія новыхъ астрономическихъ инструментовъ, изъ которыхъ самымъ большимъ является 40 дюймовый рефлекторъ, предназначенный для отдѣленія этой обсерваторіи въ Симеизъ. Этотъ телескопъ въ настоящее время слѣдуетъ признать не только самымъ большимъ въ Россіи, но и вообще первымъ рефлекторомъ на казенной обсерваторіи. До сихъ же поръ инструменты этого рода были очень мало распространены у насъ не только среди профессиональныхъ астрономовъ, но и среди любителей. Причиной этому, кажется, служить, главнымъ образомъ, та печальная репутация непрочности и недолговѣчности, которая установилась за металлическими зеркалами, и которая неосновательно перенесена и на стеклянные зеркала, серебро которыхъ со временемъ, конечно, тускнѣетъ и требуетъ возобновленія. Кромѣ того легко нарушающаяся центровка рефлектора требуетъ постоянного контроля со стороны наблюдателя и хоть самого элементарнаго знакомства съ оптикой, такъ какъ инструментъ этотъ, особенно, если онъ переносный, часто приходится провѣрять. Рефлекторъ, какъ скрипку передъ игрой, приходится настраивать, тогда какъ рефракторъ, подобно роялю всегда готовъ къ дѣйствию. Скрипачъ, неумѣющій настроить скрипку—немыслимъ, тогда какъ піанистъ сплошь и рядомъ неумѣетъ или не берется настроить рояль. Почти всѣ наши наставленія и руководства для любителей—астрономовъ, описывая обращеніе съ рефракторами, настоятельно совѣтуютъ не разбирать инструменты, чтобы не нарушать ихъ центровки и надлежащаго оптическаго дѣйствія, невольно вселяя нѣкоторый страхъ къ этой манипуляціи. Съ одной стороны это, конечно, хорошо, но съ другой стороны тотъ, кто не можетъ разобрать и собрать своего инструмента, является не хозяиномъ его, а рабомъ. При работѣ же съ рефлекторомъ наблюдатель непременно долженъ быть и хозяиномъ инструмента, т. е. непременно долженъ

понимать его дѣйствіе и уметь регулировать правильность этого дѣйствія.

Вниманіе, которымъ былъ встрѣченъ мой трудъ «Изготовление зеркала для отражательнаго телескопа», представляющей собою мой докладъ, читанный въ Русскомъ О-вѣ Любителей Міровѣдѣнія и въ Русскомъ Астрономическомъ О-вѣ, побудило меня выпустить эту книгу въ надеждѣ на то, что столь прекрасный инструментъ, какъ рефлекторъ, получить, наконецъ, надлежащее распространѣніе, и у насъ и тѣмъ самымъ будетъ содѣйствовать и большому распространѣнію въ Россіи астрономическихъ знаній. Побужденія, заставляющія меня горячо пропагандировать рефлекторы, не зависимо отъ высокихъ качествъ этихъ инструментовъ, вытекаютъ еще изъ слѣдующихъ соображеній: 1) большая дешевизна рефлекторовъ по сравненію съ рефракторами и 2) возможность при желаніи изготовить телескопъ собственноручно. Любителей астрономіи у насъ въ Россіи хотя и достаточно, но среди нихъ очень много лицъ, для которыхъ пріобрѣтеніе трубы, цѣною въ 200—300 руб. составляетъ существенный матеріальный вопросъ. По этому уже, если затрачивать такую сумму, то лучше пріобрѣсти на нее возможно болѣе сильный телескопъ рефлекторъ, такъ какъ онъ будетъ, повторяю, по крайней мѣрѣ вдвое сильнѣе рефрактора за ту же цѣну. Что же касается возможности изготовить зеркальный телескопъ самому, то она подтверждается уже тѣмъ фактомъ, что многія лица уже изготовили себѣ рефлекторы, руководствуясь лишь упомянутымъ мною моимъ докладомъ «Изготовление зеркала для отражательнаго телескопа». При изготовленіи рефлектора собственноручно, стоимость его, конечно, будетъ по крайней мѣрѣ въ 10 разъ меньше, чѣмъ покупного рефрактора и при удачѣ, которая всецѣло зависитъ отъ настойчивости, инструментъ можетъ быть не только не хуже, но даже лучше, чѣмъ иной рефракторъ. При этомъ кромѣ значительной экономіи денегъ, слѣдуетъ учесть и то высокое удовлетвореніе, какое испытаетъ всякій, кто своими собственными руками, такъ сказать, соберетъ лучи отъ отдаленныхъ небесныхъ свѣтилъ, чтобы разсматривать ихъ въ окулярѣ. Это все-таки не то, что послать за границу денежный переводъ и получить готовый собранный инструментъ. Правда, дѣло это не столь легкое и простое, требующее большой внимательности и настойчивости, но за то для него не нужно никакихъ дорогихъ и сложныхъ приспособленій. Оптическая техника, развившаяся въ настоящее время до громадныхъ размѣровъ, какъ, напр., на заводѣ К. Цейсса съ его тысячами рабочихъ и сложными машинами и др., направлена, главнымъ образомъ, исключительно на массовое производство хорошихъ оптическихъ приборовъ всеобщаго употребленія,

какъ бинокли, микроскопы, подзорныя трубы и проч. Уже приготовленіе болѣе или менѣе значительнаго астрономическаго объектива работа почти индивидуальная, а шлифовка параболическаго зеркала — чисто индивидуальная, исполняемая однимъ лицомъ. Не лишнее здѣсь припомнить, что всѣ знаменитые мастера рефлекторовъ были и есть ни болѣе ни менѣе, какъ талантливые и преданные своему дѣлу любители: всѣ эти Гершели, Россы, Дрэперы, Кальверы, Коммоны, Витсы и проч. не учились ни въ какихъ спеціальныхъ оптическихъ мастерскихъ.

Чтобы отшлифовать самому даже небольшой и посредственный объективъ, нужно много приспособленій и затратъ. Во первыхъ, уже само стекло для него стоитъ дорого, во вторыхъ, для этой работы нуженъ токарный станокъ, точные сферометры и проч., а въ третьихъ и, что самое главное, вычислять самому кривыя поверхностей линзъ—дѣло почти безнадежное и стало быть приходится либо копировать готовые объективы изъ того же сорта стекла, либо вести работу ощупью, что конечно чрезвычайно ее затянетъ. Изготовить же зеркало можно и изъ дешеваго стекла и безъ помощи сложныхъ станковъ и при этомъ приходится шлифовать не четыре, какъ въ объективѣ, а только одну поверхность. Этимъ, повторяю, однако, я вовсе не хочу сказать, что поверхность эту отшлифовать совсѣмъ просто. Нѣтъ, шлифовка одной этой поверхности во много разъ труднѣе, чѣмъ шлифовка четырехъ поверхностей объектива. И тѣмъ не менѣе тѣмъ, кто имѣетъ склонность и охоту къ ручному труду и обладаетъ достаточнымъ запасомъ терпѣнія, внимательности и настойчивости, можно смѣло рекомендовать изготовить самому себѣ телескопъ, такъ какъ въ концѣ концовъ труды несомнѣнно увѣнчаются успѣхомъ, а при дальнѣйшемъ навыкѣ даже полнымъ и блестящимъ.

Тѣмъ же, кто не собирается строить себѣ телескопъ, а желаетъ пріобрѣсти себѣ готовый, предлагаемая книга, можетъ быть, послужить полезнымъ пособіемъ при обращеніи съ рефлекторомъ.

Матеріалами для составленія настоящей книги послужила довольно обширная, но очень разбросанная литература предмета на англійскомъ языкѣ и нѣкоторая личная опытность автора, уже нѣсколько лѣтъ работающаго съ прекраснымъ 8½ дюймовымъ рефлекторомъ Кальвера и изготовившаго нѣсколько рефлекторовъ цѣликомъ собственноручно.

Самымъ цѣннымъ матеріаломъ по литературѣ изготовленія рефлекторовъ слѣдуетъ считать журналъ «English Mechanic and World of Science», въ которомъ приблизительно за послѣднія 20 лѣтъ по-

мѣщены буквально сотни статей и цѣлыя монографіи, посвященныя этому предмету. Здѣсь особенно заслуживаютъ вниманія письма Wassel'a, монографія M. A. Ainslie'a «A cheap nine-inch reflector» (1905 г.), статьи Calver'a, D. Booth'a, A. Woolsey Blacklock MD., T. Linscott'a, F. H. Payne'a, H. Irving'a, A. S. L., Wm. F. A. Ellison'a, «H» (по теоретической оптикѣ) и много другихъ.

Какъ отдѣльныя изданія слѣдуетъ отмѣтить:

«Glass working» by Paul N. Hasluck.

«The making of a Speculum» by D. E. Benson (Annual report of the Liverpool Astron. Society 1910). Имѣется новое отдѣльное изданіе.

«Hints for reflecting telescope». by D. Booth.

Томъ XXXIV «The Smithsonian Contributions to the Knowledge», содержащій въ себѣ:

«On the construction and use 15½ inch silver on glass reflecting telescope» by H. Draper и «Modern reflecting telescope» by G. Ritchey.

«Description of great Melburn telescope» by T. R. Robinson (Philosophical transactions 1869).

«Lens work for amateurs» by H. Orford. и др.

Считаю пріятной обязанностью принести здѣсь мою благодарность предсѣдатель Русскаго Астрономическаго О-ва проф. А. А. Иванову за любезное разрѣшеніе воспользоваться тѣми клише, которыми была иллюстрирована моя статья «Изготовление зеркала для отражательнаго телескопа», помѣщенная въ «Извѣстіяхъ Русскаго Астрономическаго О-ва» в. XVII, № 8—9.

I.

Исторія рефлекторовъ.

Ослабленіе аберрацій и повышеніе увеличительной способности въ старинныхъ объективахъ, состоявшихъ, какъ извѣстно, изъ одной только линзы, требовало огромнаго удлиненія фокуса этихъ линзъ и стало быть чрезвычайно громоздкихъ и неудобныхъ трубъ. Поэтому появленіе рефлекторовъ, дававшихъ, несмотря на ихъ малые размеры, очень отчетливыя изображенія, довольно скоро завоевало всеобщія симпатіи.

Если нельзя назвать съ увѣренностью имени настоящаго изобрѣтателя рефрактора, то изобрѣтателемъ рефлектора, человѣкомъ, который первый обратилъ вниманіе на вогнутыя зеркала, слѣдуетъ признать англичанина Джемса Грегори, который въ 1663 г. уже далъ научно обоснованную теорію отражательнаго телескопа. Правда, это была только теорія; на дѣлѣ же первый рефлекторъ построенъ знаменитымъ Исаакомъ Ньютономъ въ 1670 г. Но до 1732 г. рефлекторы еще не дѣлались и лишь послѣ того, какъ Шортъ въ Эдинбургѣ, а затѣмъ въ Лондонѣ сталъ въ большомъ количествѣ готовить телескопы Грегори, которые стяжали себѣ вполне заслуженную славу превосходныхъ инструментовъ, рефлекторы стали быстро распространяться. Однако потребность въ телескопѣ, который служилъ бы для измѣрительныхъ цѣлей, для которыхъ рефлекторъ съ его неустойчивой центрировкой не такъ удобенъ, а главное не долговѣченъ по лировки металлическихъ зеркалъ, послѣ возобновленія которой, хотя бы и очень искусными руками, неизбѣжно измѣнялся фокусъ телескопа а съ нимъ и всѣ результаты микрометрическихъ измѣреній, заставила изобрѣсти ахроматическій объективъ. Но скромные размеры ахроматическихъ объективовъ, собиравшихъ очень мало свѣта, не могли удовлетворять астрономовъ, пытавшихся проникнуть глубже въ пространство. Разъ-...

нитый Гершель, отец наблюдательной астрономии, стал строить все больших и больших размеров рефлекторы. Его 4-х футовый телескоп позволял ему видеть то, что стало доступным рефракторам лишь сто лет спустя, так как 4-х футовый Мельбурнский рефлектор, построенный уже в концѣ 60-х годов прошлого столѣтія, еще считался в свое время самым свѣтосильным инструментомъ, такъ какъ соотвѣтствовалъ объективу, діаметромъ въ 30 дюймовъ, какихъ въ то время еще не могли изготовлять. Послѣ Гершеля уже въ XIX ст. Лассаль сооружаетъ также 4-х футовый и, наконецъ, лордъ Россъ—6-ти футовый рефлекторъ ¹⁾. Этотъ послѣдній телескопъ, превзойденный размѣрами лишь въ самое послѣднее время, а равно и предыдущіе два оказали наукѣ огромныя услуги. Но все-таки недолговѣчность полировки съ одной стороны, а съ другой стороны достигнутая, наконецъ, возможность получать большіе диски стекла для ахроматическихъ объективовъ, которые быстро воцарились на всѣхъ обсерваторіяхъ, отодвинула-таки рефлекторъ на задній планъ и, казалось, инструментамъ этимъ уже не суждено было возродиться. Однако послѣ того, какъ въ 50-хъ годахъ прошлого столѣтія Либихъ открылъ практической способъ серебренія, первый высказалъ мысль о посеребренномъ стеклянномъ зеркалѣ Штейнгель, а Фуко въ 60-хъ годахъ совершенно самостоятельно осуществилъ эту мысль, построивъ 6-ти дюймовый рефлекторъ. Этотъ инструментъ давалъ такія отчетливыя, абсолютно, конечно, свободныя отъ всякой окраски изображенія, что вызвалъ всеобщее восхищеніе и для рефлекторовъ снова началось возрожденіе.

Теперь въ самое послѣднее время, когда особенно расширились задачи астрофизики и астрофотографіи и когда къ большимъ инструментамъ стали предъявлять болѣе повышенныя требованія, рефлекторы снова стали пріобрѣтать первенствующее значеніе. Вѣдь только у рефлекторовъ, какъ извѣстно, хроматическая аберрація отсутствуетъ вполнѣ и всѣ знаменитыя современныя фотографіи небесныхъ свѣтилъ, сняты, главнымъ образомъ, при помощи рефлекторовъ, у которыхъ оптическіе и химическіе лучи совпадаютъ вполнѣ.

Послѣ Англіи, этой истинной родины рефлекторовъ, гдѣ главнымъ образомъ и выработана вся техника ихъ изготовленія, они вошли въ употребленіе во Франціи и особенно въ Америкѣ, гдѣ находятся самые большіе телескопы этого рода. Здѣсь имѣются два телескопа съ зеркалами по 60 дюймовъ и въ настоящее время отшлифовано зеркало въ 100 дюймовъ діаметромъ. Кромѣ того для Канады го-

¹⁾ Металлическое 6-ти футовое зеркало этого рефлектора имѣетъ толщину всего въ $4\frac{1}{2}$ дюйма и вѣситъ, какъ извѣстно, 4 тонны (248 пуд.).

товится рефлекторъ въ 72 дюйма и для Аргентины въ 60 дюйм. Вслѣдъ за Америкой начала вводить у себя рефлекторы и Германія. У насъ въ Россіи, какъ уже говорилось, первымъ отражательнымъ телескопомъ является 40 дюйм. рефлекторъ, построенный Г. Грѣбомъ для отдѣленія Пулковской обсерваторіи въ Симеизѣ, въ Крыму.

Задачи же астрофизики заставляютъ въ настоящее снова прибѣгать и къ металлическимъ зеркаламъ. Въ тѣхъ случаяхъ, когда желаютъ фотографировать въ ультрафіолетовыхъ лучахъ, которые серебро, какъ извѣстно, поглощаетъ, снова употребляютъ металлическія зеркала, такъ какъ большія кварцевыя линзы пока еще не изготовляются.

II.

Общія замѣчанія о зеркалахъ.

Въ то время, какъ совершенствованіе объективовъ въ рефракторахъ совершалось путемъ довольно медленной эволюціи, въ зависимости отъ новыхъ изобрѣтаемыхъ сортовъ стекла и отъ той или иной комбинаціи кривыхъ поверхностей линзъ, комбинаціи, въ которой едва ли не главную роль играла всегда дисперсія,—въ рефлекторахъ, свободныхъ отъ этой дисперсіи, теорія сразу и, можно сказать, окончательно опредѣлила ту степень совершенства, которой инструментъ этотъ въ состояніи достигъ и которая зависитъ исключительно лишь отъ совершенства изготовленія тѣхъ кривыхъ отражательныхъ поверхностей, которыя опредѣлены, повторяемъ чуть ли не два столѣтія тому назадъ. Огромное преимущество не принимать во вниманіе дисперсію, а имѣть дѣло лишь съ «бѣлымъ» лучемъ, даетъ возможность въ рефлекторѣ почти не считаться съ физической оптикой, такъ какъ выводы, построенные лишь на геометрической оптикѣ, приводятъ почти къ тѣмъ же заключеніямъ, какъ и выводы, построенные на основаніи волновой теоріи свѣта.

О томъ, какъ получаютъ изображенія въ вогнутыхъ и выпуклыхъ сферическихъ и плоскихъ зеркалахъ, извѣстно изъ любого элементарнаго курса физики. Оттуда же извѣстно, что если вогнутое сферическое зеркало достаточно велико по сравненію съ радіусомъ его кривизны, то параллельный пучокъ лучей, отразившись отъ такого зеркала, не соберется въ одну точку, а дастъ явленіе *сферической аберраціи*. Крайніе лучи Н и К (рис. 1) послѣ отраженія пересекаются въ точкѣ, лежащей ближе къ зеркалу АВ, въ точкѣ f, чѣмъ точка пересѣченія отраженныхъ центральныхъ лучей—F. При

этомъ разстояніе fF , какъ извѣстно, называется главной *продольной абберраціей*, которая *пропорціональна квадрату радіуса отверстія зеркала и пропорціональна ея кривизнѣ* ($1 : r$). Плоскость, проведенная черезъ F , пересѣкаетъ отраженные лучи по нѣкоторому кругу разсѣянія, радіусъ котораго FD выражаетъ главную *поперечную абберрацію*, которая *пропорціональна кубу радіуса отверстія зеркала и квадрату ея кривизны*. Отраженные отъ зеркала лучи, не пересѣкаясь въ одной точкѣ, заполняютъ нѣкоторое пространство,

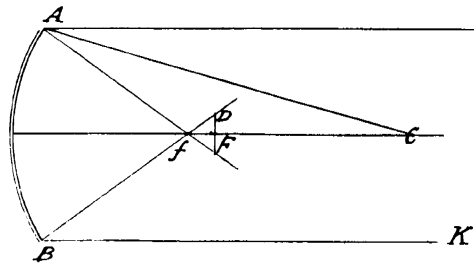


Рис. 1.

которое извѣстно подъ именемъ *каустики*, при чемъ радіусъ наиболѣе узкаго поперечнаго сѣченія этого пространства равенъ $1/4$ поперечной абберраціи и сѣченіе это лежитъ приблизительно на $1/4$ продольной абберраціи, ближе къ фокусу крайнихъ лучей (f). Это сѣченіе, въ которомъ освѣ-

щеніе быстро спадаетъ отъ центра къ краямъ, и принимается за изображение свѣтящейся точки.

Когда отверстіе зеркала не велико по сравненію съ радіусомъ его кривизны, то форма фокальнаго пространства имѣетъ такой видъ, какъ представлено рис. 2. Здѣсь крайніе лучи BFW и $B'F'V$ пересѣкаются въ q . Q — фокусъ лучей весьма близкихъ къ оси QS ; FvQ и $F'wQ$ — каустическая кривая. Точки пересѣченія vw крайнихъ лучей съ каустикой опредѣляютъ то наиболѣе узкое мѣсто фокальнаго пространства, которое и принимается, какъ мы сказали, за изображение свѣтящейся точки.

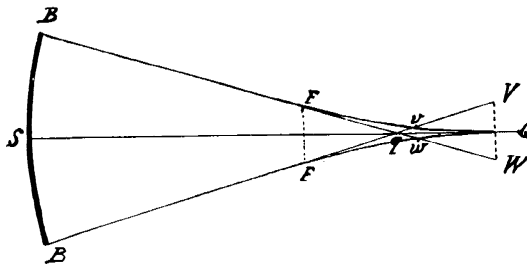


Рис. 2.

Отсюда явствуетъ, что сферическое вогнутое зеркало для параллельнаго пучка лучей всегда будетъ обладать сферической абберраціей, которая уменьшается однако въ зависимости отъ удлиненія фокуса зеркала и, стало быть, и радіуса его кривизны, который, какъ извѣстно, равенъ двойному фокусному разстоянію.

Лучи, вышедшіе изъ одной точки и собравшіеся послѣ отраженія снова въ одну точку, т. е. такъ называемые *гомоцентрическіе лучи*, на основаніи выводовъ, построенныхъ на волновой теоріи свѣта, строго

говоря, въ дѣйствительности существовать не могутъ: изображение свѣтящейся точки теоретически не есть точка, а нѣкоторый кружокъ, но кружокъ этотъ столь малъ, что результаты построеній геометрической оптики не замѣтно отличаются отъ наблюдаемыхъ въ дѣйствительности явленій.

Поэтому во всякихъ случаяхъ въ *плоскомъ зеркалѣ* лучи отражаются гомоцентрически т. е. плоское зеркало совершенно свободно отъ всякой абберраціи во всякихъ случаяхъ.

Въ *сферическомъ вогнутомъ зеркалѣ* гомоцентрическіе пучки лучей возможны лишь въ томъ случаѣ, когда свѣтящаяся точка находится въ центрѣ кривизны зеркала, т. е. въ этомъ случаѣ сферическое вогнутое зеркало свободно отъ абберраціи.

Зеркало, имѣющее поверхность, представляющую часть *эллипсоида вращенія*, когда свѣтящаяся точка находится въ одномъ изъ A его геометрическихъ фокусовъ, также совершенно свободно отъ абберраціи; въ этомъ случаѣ всѣ лучи, исходящіе изъ этой точки пересѣкаются послѣ отраженія въ другомъ геометрическомъ фокусѣ, такъ какъ падающій и отраженный лучи должны составить равные углы съ нормалью къ поверхности зеркала, что, какъ извѣстно, является свойствомъ радіусовъ-векторовъ эллипса.

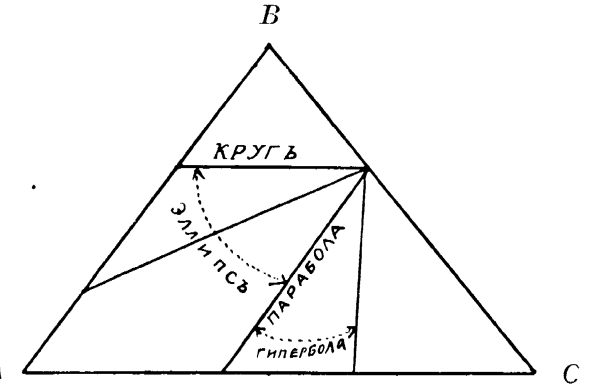


Рис. 3.

Если зеркало имѣетъ поверхность *параболоида вращенія* и свѣтящаяся точка находится въ его геометрическомъ фокусѣ, то отраженный пучокъ пойдетъ параллельно оси зеркала.

Наконецъ, если зеркало имѣетъ поверхность, представляющую часть *гиперболоида*, полученнаго вращеніемъ гиперболы около оси, проходящей черезъ ея фокусы, и если свѣтящаяся точка находится въ одномъ изъ этихъ фокусовъ, то мнимое изображение ея, свободное отъ абберраціи, будетъ находиться въ другомъ фокусѣ.

Кривыя, представляющія сѣченія вышеперечисленныхъ «анаберраціонныхъ» поверхностей суть кривыя, получающіяся изъ коническихъ сѣченій. Если мы имѣемъ конусъ ABC (рис. 3), то сѣченіе его плоскостью, параллельной основанію, дастъ *кружокъ*; сѣченіе пло-

скостью, параллельной образующей ВА, даст *параболу*; сѣченіе плоскостью между параболой и кругомъ дастъ *эллипс*, причемъ, чѣмъ ближе это сѣченіе къ кругу, тѣмъ эллипсъ получается круглѣе, чѣмъ дальше отъ круга — тѣмъ удлиннѣе. Условимся здѣсь же называть собственно эллипсомъ ту часть его, которая получается отъ сѣченія этого элипса по малой оси; ту же, которая получается отъ сѣченія по большой оси, будемъ называть сплюснутымъ кругомъ, или въ примѣненіи къ поверхности зеркала *сплюснутымъ сфероидомъ* (рис. 4). Наконецъ сѣченіе конуса плоскостью, параллельной высотѣ, дастъ *гиперболу*. Всѣ сѣченія между параболой и гиперболой будутъ также носить больший или меньшій характеръ гиперболы. Такимъ образомъ при сѣченіи конуса въ какой либо точкѣ образующей его, получаютъ собственно только двѣ строго опредѣленныхъ фигуры: кругъ и парабола. Эллипсъ можетъ варьировать въ своей фигурѣ, то почти приближаясь къ кругу, то удлинняясь, равно и гипербола будучи наиболѣе рѣзко выраженной лишь въ случаѣ точнаго сѣченія конуса плоскостью, параллельной высотѣ, во всѣхъ другихъ случаяхъ все болѣе и болѣе приближается къ параболѣ.

Рисунокъ 5 показываетъ, что всѣ эти кривыя сливаются другъ съ другомъ въ точкѣ А. Радиусъ круга АС и будетъ радиусомъ а С — центромъ кривизны и для каждой изъ этихъ кривыхъ.

Изъ всѣхъ перечисленныхъ поверхностей ближе всего отвѣчаетъ задачѣ давать болѣе или менѣе правильныя изображенія отдаленнаго предмета поверхность параболоида и потому объективное зеркало въ рефлекторѣ всегда дѣлается параболическимъ. Но хотя параболическая поверхность и принадлежитъ, какъ мы сказали, къ числу «анаберационныхъ», тѣмъ не менѣе при достаточно короткомъ фокусѣ и она не свободна отъ aberrации. Если мы обратимся къ чертежу 6, то увидимъ, что краевые лучи АF длиннѣе центральныхъ DF и вслѣдствие этого дадутъ изображеніе нѣсколько большее и лежащее нѣ-

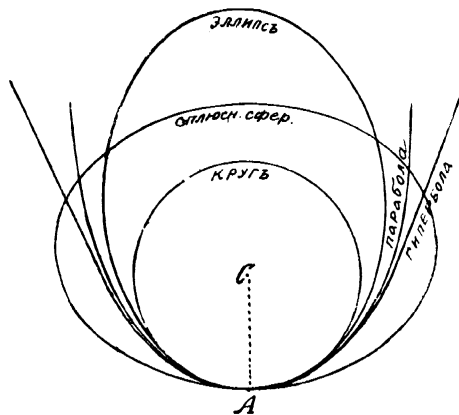


Рис. 5.

сколько дальше, чѣмъ лучи центральные. Если С примемъ за центр кривизны зеркала АВ, то ясно, что линія АС длиннѣе, чѣмъ CD на величину АЕ, значить и отраженный отъ точки А лучъ пересѣчетъ ось не въ F (которое равно $\frac{1}{2}$ DC) а нѣсколько дальше отъ D въ F'. Такимъ образомъ изображеніе звѣзды будетъ свободно отъ aberrации только въ центрѣ поля зрѣнія; звѣзды же, находящіяся въ сторонѣ отъ центра будутъ уже не столь ясны и нѣсколько увеличены, такъ какъ каждое изображеніе такой звѣзды складывается изъ множества отдѣльныхъ изображеній, налегающихъ другъ на друга и находящихся не въ одномъ планѣ. Это явленіе продольной aberrации, изслѣдованное впервые во всей полнотѣ американскимъ ученымъ Шаберле, носитъ названіе «шаберлеевской aberrации». Шаберле изслѣдовалъ это явленіе при помощи тщательнѣйшихъ микрометрическихъ измѣреній величинъ звѣздныхъ дисковъ въ центрѣ поля зрѣнія и по краямъ и нашелъ, что съ укороченіемъ фокуса (f) зеркала отъ $f=6$ d (d = діаметръ) и меньше разни́ца эта замѣтно возрастаетъ. Такъ какъ aberrация эта зависитъ отъ величины АЕ, которая имѣетъ значеніе лишь при короткомъ фокусѣ зеркала ($f:d=6:1$ и менѣе), то многіе наблюдатели отказывались даже признавать наличие этого явленія. При болѣе длинномъ фокусѣ, какъ напр. $d:f=1:9$, его замѣтить уже очень трудно, а при отношеніи $d:f=1:12$ и болѣе оно уже совершенно не замѣтно. Если зеркало предназначается для фотографирования туманностей или кометъ и т. п. объектовъ, не имѣющихъ рѣзко очерченнаго контура, то недостатокъ этотъ не имѣетъ существеннаго значенія даже въ зеркалахъ съ отношеніемъ $1:6$, такъ какъ всѣ остальные преимущества зеркалъ передъ объективами заставляютъ мириться съ нимъ тѣмъ болѣе, что и обыкновенные объективы въ той же степени не свободны отъ этого недостатка — разни́цы зональныхъ увеличеній. По этому въ $15 \frac{1}{4}$ д. зеркалѣ Дрзпера отношеніе $d:f$ равнялось всего $1:4$ а въ 60 д. зеркалѣ Ритчи оно $1:5$. Для планетъ же однако такое короткофокусное зеркало уже менѣе пригодно. Если принять центръ кривизны зеркала не въ С а въ С', (рис. 6), такъ какъ середина зеркала обыкновенно закрывается плоскимъ зеркаломъ или просверлена и, стало быть, не участвуетъ

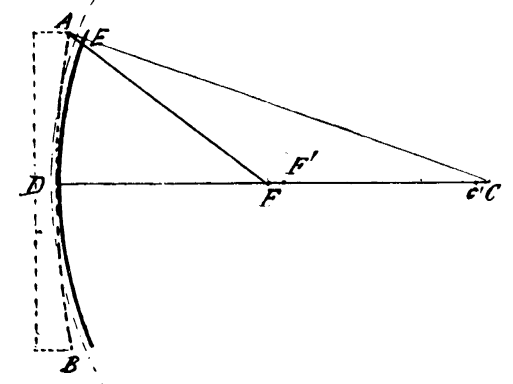


Рис. 6.

сколько дальше, чѣмъ лучи центральные. Если С примемъ за центр кривизны зеркала АВ, то ясно, что линія АС длиннѣе, чѣмъ CD на величину АЕ, значить и отраженный отъ точки А лучъ пересѣчетъ ось не въ F (которое равно $\frac{1}{2}$ DC) а нѣсколько дальше отъ D въ F'. Такимъ образомъ изображеніе звѣзды будетъ свободно отъ aberrации только въ центрѣ поля зрѣнія; звѣзды же, находящіяся въ сторонѣ отъ центра будутъ уже не столь ясны и нѣсколько увеличены, такъ какъ каждое изображеніе такой звѣзды складывается изъ множества отдѣльныхъ изображеній, налегающихъ другъ на друга и находящихся не въ одномъ планѣ. Это явленіе продольной aberrации, изслѣдованное впервые во всей полнотѣ американскимъ ученымъ Шаберле, носитъ названіе «шаберлеевской aberrации». Шаберле изслѣдовалъ это явленіе при помощи тщательнѣйшихъ микрометрическихъ измѣреній величинъ звѣздныхъ дисковъ въ центрѣ поля зрѣнія и по краямъ и нашелъ, что съ укороченіемъ фокуса (f) зеркала отъ $f=6$ d (d = діаметръ) и меньше разни́ца эта замѣтно возрастаетъ. Такъ какъ aberrация эта зависитъ отъ величины АЕ, которая имѣетъ значеніе лишь при короткомъ фокусѣ зеркала ($f:d=6:1$ и менѣе), то многіе наблюдатели отказывались даже признавать наличие этого явленія. При болѣе длинномъ фокусѣ, какъ напр. $d:f=1:9$, его замѣтить уже очень трудно, а при отношеніи $d:f=1:12$ и болѣе оно уже совершенно не замѣтно. Если зеркало предназначается для фотографирования туманностей или кометъ и т. п. объектовъ, не имѣющихъ рѣзко очерченнаго контура, то недостатокъ этотъ не имѣетъ существеннаго значенія даже въ зеркалахъ съ отношеніемъ $1:6$, такъ какъ всѣ остальные преимущества зеркалъ передъ объективами заставляютъ мириться съ нимъ тѣмъ болѣе, что и обыкновенные объективы въ той же степени не свободны отъ этого недостатка — разни́цы зональныхъ увеличеній. По этому въ $15 \frac{1}{4}$ д. зеркалѣ Дрзпера отношеніе $d:f$ равнялось всего $1:4$ а въ 60 д. зеркалѣ Ритчи оно $1:5$. Для планетъ же однако такое короткофокусное зеркало уже менѣе пригодно. Если принять центръ кривизны зеркала не въ С а въ С', (рис. 6), такъ какъ середина зеркала обыкновенно закрывается плоскимъ зеркаломъ или просверлена и, стало быть, не участвуетъ

въ построеніи изображенія, то величина АЕ становится еще меньше. Отсюда видно, что зеркало рефлектора должно собственно очень немного отступать отъ сферической поверхности, отходя отъ нея лишь въ центрѣ и у краевъ. Но какъ бы то ни было, *теоретически* одна поверхность вогнутого зеркала (а короткофокуснаго и *практически*) не можетъ дать совершенно правильнаго изображенія и нуждается во второмъ, исправляющемъ зеркалѣ, почему сложные рефлекторы, какъ рефлекторъ Грегори и Кассегрена, теоретически должны представлять болѣе совершенныя формы телескоповъ, такъ какъ только два вогнутыхъ зеркала даютъ апланатическую пару, т. е. комбинацію, свободную отъ сферической аберраціи.

III.

Сравненіе рефлекторовъ съ рефракторами.

Если мы однако обратимся къ сравненію *въ оптическомъ отношеніи* рефракторовъ и рефлекторовъ, то преимущество въ общемъ будетъ на сторонѣ послѣднихъ. Это преимущество основано на одномъ, но очень важномъ качествѣ зеркалъ—отсутствіи хроматической аберраціи. Въдѣ даже у апохроматовъ, хотя вторичный спектръ и сведенъ къ минимуму, а у тройныхъ даже и третичный—все таки абсолютно неокрашеннаго изображенія при очень сильныхъ увеличеніяхъ получить съ ними нельзя. Въ обыкновенныхъ же силикатныхъ объективахъ—ахроматахъ, у которыхъ, ахроматизирована лишь пара лучей, при сильныхъ увеличеніяхъ голубой или иной ореолъ настолько силенъ, что закрываетъ нѣжныя контуры мелкихъ деталей и совершенно не позволяетъ судить объ истинномъ цвѣтѣ разсматриваемаго объекта. Правда, объективы апохроматы малыхъ рефракторовъ (до 4-хъ дюймовъ или даже менѣе) перзоклассныя фирмы готовятъ теперь превосходные и эти малые инструменты, пожалуй, практически ни въ чемъ и не уступаютъ рефлекторамъ, но если мы обратимся къ инструментамъ большихъ размѣровъ, то увидимъ, что они очень далеки даже отъ приблизительнаго совершенства. Извѣстный конструкторъ объективовъ Конради, изучая условія уничтоженія вторичнаго спектра ¹⁾ находитъ, что для этого необходимо, чтобы объективы—ахроматы отвѣчали формулѣ $F = 2,5A^2$, гдѣ F—фокусъ и A—діаметръ отверстія. И малые объективы болѣе или менѣе удовлетворяютъ этой формулѣ. Но такъ какъ свѣтосила и разрѣшительная способность

зависитъ отъ отверстія, то если мы обратимся съ этой формулой къ большимъ объективамъ, картина получится иная. Пулковскій въ 32 д., Ликскій въ 36 д и Іеркскій въ 40 д. всѣ—эти рефракторы окажутся весьма короткофокусными по сравненію съ тѣмъ, какими они должны бы были быть согласно формулѣ, по которой ихъ фокусная длина должна измѣряться сотнями футовъ. И инструменты эти очень богаты «вторичнымъ цвѣтомъ». Почти половина свѣта, пропускаемая ихъ объективами расходится въ свѣтовую вуаль поверхъ изображенія, нарушая тѣмъ контрастъ и портя отчетливость, и, какъ бы ни былъ въ дѣйствительности черенъ объектъ, онъ никогда не можетъ получиться даже приблизительно такимъ чернымъ въ изображеніи такого объектива.

Въ заключеніе привожу результаты практическихъ сравненій, специально произведенныхъ извѣстнымъ астрономомъ Твидалемъ. Имѣя въ своемъ распоряженіи дорогой рефракторъ первоклассной работы съ объективомъ въ 6 дюйм. и фокусомъ 7 ф. 2 д., Твидаль, поставилъ съ нимъ рядомъ рефлекторъ Кальвера съ зеркаломъ въ 8½ д. и фокусомъ въ 7 фут., закрывъ зеркало діафрагмой до 6-ти дюймовъ, чтобы оба инструмента были одинаковаго отверстія. Сравненіе производилось въ теченіе мѣсяца при однихъ и тѣхъ же окулярахъ и всевозможныхъ атмосферныхъ условіяхъ и вотъ результаты этихъ сравненій:

Солнце.—Отчетливость въ общемъ лучше у рефлектора, благодаря полному ахроматизму.

Луна.—Лучше въ рефлекторѣ и по той же причинѣ. Отчетливость и рѣзкость изображеній прямо поразительная.

Планеты.—Въ общемъ отчетливость лучше въ рефлекторѣ. Цвѣта замѣтны гораздо лучше.

Двойныя звѣзды. Оба инструмента одинаковы и разрѣшаютъ одинаково тѣсныя пары.

Слабыя туманности. Здѣсь рефракторъ имѣетъ преимущество передъ рефлекторомъ, такъ какъ часть зеркала закрывается все-таки плоскимъ зеркаломъ. Чтобы послѣдній сравнялся по свѣтосилѣ съ первымъ, зеркало у него должно быть 7¾ д. діаметромъ. Послѣднее справедливо однако для малыхъ инструментовъ; по мѣрѣ же возрастанія діаметра отверстія эта разница все болѣе и болѣе сглаживается и уже 30 дюймовый рефлекторъ, даже ньютонскаго типа, свѣтосильнѣе, чѣмъ такого же діаметра и фокуса рефракторъ, такъ какъ поглощеніе свѣта въ линзахъ и другіе недостатки, о которыхъ говорилось выше, уже слишкомъ замѣтно выступаютъ.

¹⁾ The refracting telescope from practical point of view. Journal of Br. Astr. Assoc. 1910 Мартъ.

IV.

Типы рефлекторовъ.

Всѣ отражательные телескопы можно раздѣлить на два типа: простые и сложные. Къ первымъ будутъ принадлежать такіе рефлекторы, какъ Гершеля, Ньютона и кольцевой рефлекторъ, т. е. такіе инструменты, у которыхъ объективныхъ зеркалъ только одно и изображеніе, полученное отъ него, рассматривается либо непосредственно окуляромъ, либо послѣ отраженія лишь отъ плоскаго зеркала. Въ сложныхъ же рефлекторахъ объективныхъ зеркалъ два, причемъ изображеніе рассматривается въ окулярѣ уже измѣненное вторымъ меньшимъ зеркаломъ. Къ этому типу принадлежатъ телескопы Грегори, Кассегрена, брахиты К. Фритча, видоизмѣненіе ньютоновскаго рефлектора Несмитомъ и вариантъ рефлектора Грегори lens-mirror telescope Уиттля.

Въ нормальномъ рефракторѣ наблюдатель обыкновенно находится въ такомъ положеніи по отношенію къ свѣтилу, какъ будто онъ смотритъ на него невооруженнымъ глазомъ, т. е. если свѣтило поднимается высоко надъ горизонтомъ, то и наблюдателю приходится высоко поднимать голову и т. д.

При работѣ же съ рефлекторомъ наблюдатель можетъ принимать совершенно различныя положенія по отношенію къ свѣтилу, въ зависимости отъ того, съ какимъ инструментомъ онъ наблюдаетъ; такъ съ рефлекторомъ Кассегрена, Грегори, Фритча, Уиттля и кольцевымъ онъ наблюдаетъ такъ же; какъ и въ рефракторѣ; съ рефлекторомъ же Гершеля онъ стоитъ спиной къ наблюдаемому объекту, а съ рефлекторомъ Ньютона и Несмита онъ смотритъ подъ прямымъ угломъ къ направленію свѣтила.

V.

Простые рефлекторы.

1. Рефлекторъ Гершеля.

Гершелевскій телескопъ, или какъ его называютъ англичане front view telescope, едва ли не самый менѣ распространенный инструментъ. Ле Меръ въ 1728 году представилъ во французскую академию наукъ докладъ, въ которомъ изложилъ теорію этого телескопа, но осуществилъ его одинъ только знаменитый Гершель. Ходъ лучей

въ этомъ инструментѣ виденъ изъ чертежа (Фиг. 7). Уже изъ чертежа легко понять, что зеркало въ телескопѣ Гершеля должно имѣть значительные размѣры и длинный фокусъ, такъ какъ наклонено оно къ оси трубы на очень небольшой уголъ. Наблюдатель, стоя передъ открытой частью трубы, можетъ даже закрывать своей головой часть зеркала, и при нѣкоторыхъ положеніяхъ неизбежно портить изображеніе вслѣдствіе прохожденія теплаго воздуха отъ его тѣла черезъ путь лучей, идущихъ въ телескопъ. Чтобы хоть нѣсколько избѣжать этого Гершель примѣнялъ къ окуляру прямоугольную призму, чтобы располагаться по отношенію къ оси трубы подъ прямымъ угломъ какъ при рефлекторѣ Ньютона. Однако не смотря на все это, Гершелевскій телескопъ слѣдуетъ признать едва ли не самымъ свѣтосильнымъ изъ всѣхъ существующихъ формъ телескоповъ, такъ какъ въ немъ лучи отражаются подъ угломъ, близкимъ къ 90° и только однажды и, стало быть, потеря свѣта при посеребренномъ зеркалѣ не

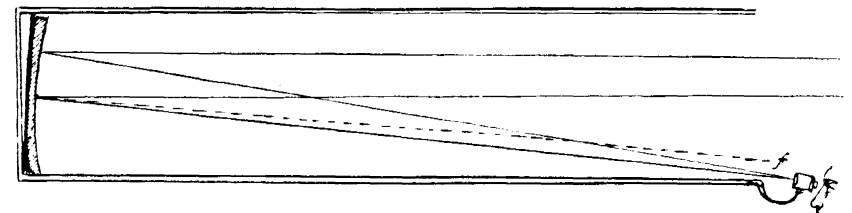


Рис. 7.

превосходить 6—8%, тогда какъ даже въ небольшихъ рефракторахъ она уже 14%, а въ большихъ доходитъ даже до 40% и болѣе.

Наклоненное положеніе зеркала по отношенію къ оси трубы требуетъ весьма совершенной его фигуры. Дрэперъ, который сдѣлалъ много зеркалъ, замѣчаетъ, что послѣ полировки нѣкоторыя изъ нихъ давали лучшія изображенія при нѣсколько наклонномъ (на $1-2^\circ$) положеніи по отношенію къ свѣтилу. Такія зеркала какъ разъ и подходятъ для устройства Гершелевскаго телескопа.

Гершель сдѣлалъ до 200 зеркалъ съ фокусомъ въ 7 футъ, 150—съ фокусомъ въ 10 ф. и около 80 съ фокусомъ 20 фут. Лучшія изъ нихъ послѣ пробы на звѣздахъ онъ выбиралъ, а остальные оставлялъ для передѣлки. Для его 4-хъ-футоваго зеркала (съ фокусомъ 40 фут.) было отлито три диска и лишь одинъ изъ нихъ пригодился для шлифовки. Одинъ изъ телескоповъ съ фокусомъ въ 20 фут. былъ передѣланъ изъ ньютоновскаго въ гершелевскій и Гершель нашелъ, что это улучшило инструментъ. Удаленіе малаго плоскаго зеркала усилило свѣтосилу инструмента въ пропорціи 61:75, т. е. почти на 23%. 4-футовый телескопъ предполагался быть

такъ же Ньютоновскимъ, но въ 1787 году изготовленіе плоскаго зеркала для него было оставлено. Въ 1791 г. Гершель видѣлъ въ этотъ инструментъ 4-го спутника и кольцо Сатурна безъ окуляра. Фокусъ этого зеркала на 4 дюйма выходилъ изъ трубы, давая тѣмъ возможность не закрывать головой зеркала; къ тому же діаметръ самой трубы былъ 4 ф. 10 д.

Сперва Гершель небольшія зеркала до 9 д. дѣлалъ короткофокусными съ отношеніемъ $1:5,7$ — $1:6,8$, потомъ сталъ дѣлать сразу съ отношеніемъ $1:13,3$ — $1:13,7$. Одно 12 дюймовое зеркало изготовлено имъ съ фокусомъ въ 20 фут. т. е. съ отношеніемъ $d:f=1:20$; затѣмъ въ большихъ отверстіяхъ у него снова замѣчается стремленіе къ укорачиванію фокуса, такъ 18,8 дюймовый имѣетъ уже отношеніе $1:12,7$, 24 дюймовый— $1:12,5$ и наконецъ 48 дюймовый— $1:10$.

Увеличеніе въ гершелевскомъ рефлекторѣ находится по той же формулѣ, что и у рефрактора т. е. $W = \frac{F}{f}$, гдѣ F —фокусъ зеркала и f —фокусъ окуляра.

2. Рефлекторъ Ньютона.

Самой распространенной и самой простой и удобной формой отражательнаго телескопа слѣдуетъ считать рефлекторъ Ньютона. Исходя изъ нѣсколько поспѣшнаго заключенія о неустранимости хроматической аберраціи въ объективахъ, Ньютонъ обратилъ свое вниманіе на отражательные инструменты и собственноручно построилъ свой первый рефлекторъ, въ который отчетливо видѣлъ спутниковъ Юпитера и серпъ Венеры. Убѣдившись, такимъ образомъ, въ его полной пригодности, онъ построилъ тогда второй телескопъ, поднесенный имъ въ 1671 г. Британскому Королевскому обществу и хранящийся тамъ и донынѣ. Сферическое зеркало ¹⁾ этого телескопа имѣло всего $6\frac{1}{3}$ дюйм. фокусъ. Ньютонъ самъ же избралъ и смѣсь олова и мѣди, какъ наиболѣе подходящий матеріалъ для зеркала. Хотя идея рефлектора Грегори уже существовала, но первой по времени дѣйствительнаго изготовленія слѣдуетъ признать форму Ньютонскаго рефлектора. Однако послѣ Ньютона никто рефлекторовъ не строилъ вплоть до 1732 г., когда извѣстный изобрѣтатель секстанта Гадлей впервые построилъ хорошій 6-ти дюйм. рефлекторъ Ньютона, дававшій увеличеніе въ 230 разъ.

Ходъ лучей въ этомъ телескопѣ извѣстенъ всѣмъ. Вогнутое параболическое зеркало отражаетъ параллельный, падающій на него

¹⁾ Ньютонъ не могъ сдѣлать его параболическимъ.

свѣтовой пучекъ, собирая его въ конусъ, вершина котораго отбрасывается въ сторону подъ прямымъ угломъ къ его оси при помощи малаго плоскаго зеркальца, расположеннаго подъ угломъ 45° къ этой оси. Зеркальце это имѣетъ овальную форму, чтобы при разсматриваніи черезъ окулярную трубку оно представлялось точнымъ кругомъ. Понятно, что иной формы зеркальце отброситъ падающій на него конусъ лучей уже не круглаго сѣченія, равно какъ и четырехугольная призма отброситъ уже пучекъ не коническій, а пирамидальный, если, конечно, оно или вышеупомянутое неовальное зеркальце помѣщены слишкомъ далеко отъ точки схожденія лучей. Ясно такъ же, что чѣмъ дальше отъ фокуса т. е. ближе къ вогнутому зеркалу мы будемъ пересѣкать плоскимъ зеркаломъ этотъ конусъ лучей, тѣмъ большее нужно для этого плоское зеркало и тѣмъ больше оно закроетъ вогнутое зеркало. Съ другой стороны слишкомъ малое плоское зеркало, не пересѣкая полностью всего конуса лучей, не даетъ возможности использовать всю поверхность вогнутаго зеркала. Оптималь же условій для практическихъ цѣлей долженъ заключать въ себѣ минимумъ осевого закрытія вогнутаго зеркала малымъ при возможно большемъ полѣ зрѣнія.

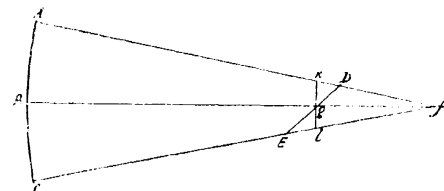


Рис. 8.

Разумѣется, очень не трудно опредѣлить и положеніе и размѣры плоскаго зеркала, если пользоваться только однимъ «конусомъ» лучей, какъ это часто и дѣлаютъ (Рис. 8). Линія DE, пересѣкающая ось fB вогнутаго зеркала AC подъ угломъ 45° , даетъ величину большой оси, а линія kl, пересѣкающая ось fB подъ прямымъ угломъ, даетъ величину малой оси овала плоскаго зеркала, при желаемомъ разстояніи fg отъ вершины конуса. Но такое рѣшеніе задачи не точно, такъ какъ на дѣлѣ поле зрѣнія не представляется точкой въ фокальномъ планѣ, а имѣетъ опредѣленные размѣры и изображеніе должно получаться не отъ однихъ только краевыхъ лучей, а въ зависимости отъ всѣхъ дѣйствующихъ зонъ вогнутаго зеркала. По этому обратимся къ чертежу (рис. 9) и разсмотримъ нѣсколько подробнѣе этотъ вопросъ.

При этомъ мы принимаемъ слѣдующія условія:

- 1) Падающіе лучи—параллельны.
- 2) Ось окуляра пересѣкаетъ ось вогнутаго зеркала подъ прямымъ угломъ, на требуемомъ разстояніи отъ фокуса.
- 3) Поле зрѣнія должно имѣть, какъ мы сказали, опредѣленные размѣры въ зависимости отъ задней линзы окуляра, а не

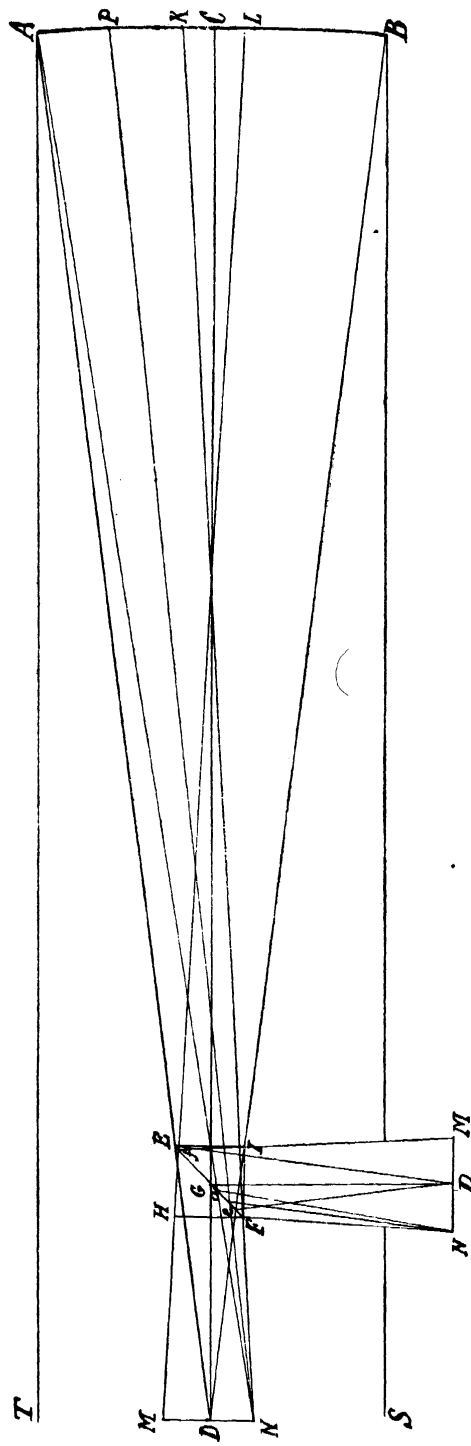


Рис. 9.

представляться въ видѣ одной лишь точки на оси въ фокусной плоскости.

4) Лучи, пересѣкающіе ось за дѣйствительнымъ изображеніемъ, какъ требующіе гораздо большаго плоскаго зеркала, въ расчетъ не принимаются.

5) Краевыя части поля зрѣнія должны получать надлежащее освѣщеніе, нужное для визуальныхъ наблюдений и для фотографирования.

Пусть AB представляетъ отверстіе вогнутаго зеркала и CD' его фокусную длину. TA и SB —параллельные лучи, падающіе на самые края зеркала. D' представляетъ теперь осевую точку дѣйствительнаго изображенія и $AD'B$ будетъ конусомъ лучей. Положимъ намъ нужно отнести вершину этого конуса D' на разстояніе GD отъ оси трубы подъ прямымъ угломъ. $D'G$ равно тогда DG .

Черезъ точку G проводимъ линію EF подъ угломъ 45° къ оси, при этомъ она пересѣкаетъ AD' въ точкѣ E а BD' —въ точкѣ F . Соединяемъ D съ E и D съ F . Чертимъ затѣмъ линію EI подъ прямымъ угломъ къ оси, до встрѣчи съ линіями

AD' и BD' . Изъ точки I проводимъ прямую къ F параллельную оси и равную EI .

Отложимъ теперь на центральной части вогнутаго зеркала AB часть $KL = EI$. Это представитъ мѣсто, закрытое плоскимъ зеркаломъ, откуда, конечно, параллельные лучи не отражаются. Чтобы представить себѣ самый внутренній еще отражающійся лучъ, соединимъ точки K и F , продолживъ эту линію до пересѣченія съ плоскостью дѣйствительнаго изображенія въ точкѣ N' . Начертимъ линію FN , параллельную EI и равную ей, соединимъ такъ же точки L и N , продолживъ линію до пересѣченія съ плоскостью дѣйствительнаго изображенія въ точкѣ M' . Это линію $M'N'$ и даетъ границы дѣйствительнаго изображенія, полученнаго отъ дѣйствующей поверхности вогнутаго зеркала и, какъ видно изъ чертежа, всѣ, образующіе это изображеніе лучи, перехватываются овальнымъ плоскимъ зеркаломъ, большая ось котораго представлена линіей EF .

Черезъ точку D , представляющую центральную точку дѣйствительнаго изображенія, проведемъ теперь линію NM , параллельную оси трубы и равную $N'M'$. Это и дастъ истинное положеніе и величину изображенія, края котораго получаютъ достаточное количество свѣта для визуальныхъ наблюдений и фотографирования.

Отмѣтимъ точку f , гдѣ линіи EF и LM' пересѣкаются, а равно и точку F , гдѣ пересѣкаются линіи EF и KN' и соединимъ точки f и M и точки F и N .

Изслѣдованіе чертежа показываетъ, что часть овальнаго плоскаго зеркала между E и e отражаетъ центральные лучи, а часть между F и f главнымъ образомъ—краевые.

Теперь остается показать отношеніе промежуточныхъ зонъ вогнутаго зеркала (положимъ у P) къ вышеуказаннымъ частямъ. Соединимъ точки P и N' и увидимъ, что линію PN' пересѣкаетъ линію EF немного ниже G , что показываетъ, что плоское овальное зеркало EF способно полностью отражать и эти лучи изъ промежуточной зоны. Точно такъ же, соединивъ A и N' , мы можемъ видѣть, что и крайняя зона вогнутаго зеркала одинаково дѣйствуетъ на краяхъ изображенія, потому что линію AN' пересѣкаетъ линію EF такъ же вполне въ границахъ плоскаго зеркала. Отраженные лучи aN , eN и FN одного изъ краевъ дѣйствительнаго изображенія показываютъ ихъ ходъ въ полѣ зрѣнія, въ окулярѣ. Замѣтимъ такъ же, что ось окуляра, которая, конечно, всегда должна быть подъ прямымъ угломъ къ плоскости изображенія и совпадать съ его центромъ, если ее продолжить, встрѣчаетъ плоское зеркало какъ разъ въ его центральной точкѣ. Это важно помнить при центрированіи инструмента. Конечно на практикѣ плоское зеркало должно быть чуть больше, такъ какъ

края его все таки не абсолютно гладки. Поле зрѣнія при сильныхъ окулярахъ, разумѣется, будетъ меньше, но точка G, повторяемъ, остается въ неизмѣнномъ положеніи—это условіе необходимо для полученія надлежащей отчетливости изображенія.

Чтобы найти числовыя значенія для величины плоскаго зеркала имѣется такая формула. Если обозначимъ уголъ AD'C черезъ θ , то имѣемъ: $\tan \theta = \frac{AC}{CD'}$

Или, обозначивъ полуотверстіе зеркала AC черезъ A и фокусную длину CD черезъ F, имѣемъ $\tan \theta = \frac{A}{F}$

Обозначивъ разстояніе GD' черезъ d, большую ось плоскаго зеркала черезъ x и малую черезъ y, получимъ:

$$x = \frac{d \sin \theta}{\sin (45^\circ + \theta)} = \frac{d \sqrt{2} \tan \theta}{1 - \tan \theta} = \frac{A d \sqrt{2}}{F - A}$$

$$y = \frac{d \sin \theta}{\sin (45^\circ - \theta)} = \frac{d \sqrt{2} \tan \theta}{1 + \tan \theta} = \frac{A d \sqrt{2}}{F + A}$$

Многіе, повторяемъ, дѣлаютъ ошибку при опредѣленіи большой оси плоскаго зеркала, принимая въ расчетъ только одинъ лишь «конусъ лучей». Тогда часть eF будетъ лишней, а между тѣмъ она, какъ видно изъ предыдущаго, необходима.

Гершель, Эмерсонъ и прочіе ученые даютъ отношеніе между большой и малой осями плоскаго овальнаго зеркала $= \sqrt{2}$ къ 1. Имѣется и другая, достаточно пригодная формула для опредѣленія малой оси: $x = \frac{d(A+a)}{f} + a$, гдѣ x—искомая малая ось эллипса, A—діаметръ параболическаго зеркала, a—діаметръ собирающей линзы самаго слабаго, какой имѣетъ быть примѣняемъ, окуляра, d—разстояніе плоскаго зеркала отъ вершины конуса лучей и f—фокусъ параболическаго зеркала.

Что касается увеличенія (W) въ Ньютоновскомъ рефлекторѣ, то оно находится, какъ извѣстно, такъ же, но по формулѣ $W = \frac{F}{f}$, гдѣ F—фокусъ вогнутаго зеркала, а f—фокусъ окуляра. Наиболѣе подходящимъ отношеніемъ діаметра зеркала къ его фокусу считается 1:9. При такомъ отношеніи рефлекторъ Ньютона является превосходнымъ инструментомъ во всѣхъ отношеніяхъ. Для фотографическихъ цѣлей, гдѣ особенно важна свѣтосила, дѣлаютъ зеркала и болѣе короткофокусными. Такъ, Дрэперъ, какъ мы уже упоминали, для своего 15-ти дюймоваго зеркала бралъ отношеніе $d:f = 1:4$. При этомъ онъ увѣрялъ, что зеркало его свободно выдерживало увеличеніе въ 1000 и болѣе разъ. Въ 60 дюймовомъ зеркалѣ Ритчи отношеніе это 1:5. Прекрасное зеркало, имѣющее отношеніе $d:f$ не менѣе, чѣмъ 1:9

должно выдерживать увеличеніе 100 на дюймъ. Для полученія столь сильныхъ увеличеній обыкновенные окуляры уже недостаточны и приходится примѣнять окуляръ—микроскопъ или удлинять фокусъ зеркала при помощи линзы Барлоу, о которой будетъ сказано ниже.

3. Кольцевой рефлекторъ.

Чтобы покончить съ простыми рефлекторами скажемъ нѣсколько словъ о кольцевомъ рефлекторѣ. Когда появился Ньютоновскій телескопъ, то Грегори, отстаивая преимущество своего инструмента, предложилъ въ 1672 г. замѣнить свое маленькое вогнутое зеркало плоскимъ. Идея эта, конечно, была неудачная и самъ же Грегори отказался отъ нея, такъ какъ для того, чтобы отражать полный конусъ лучей, зеркало это должно помѣщаться на половинѣ фокусной длины вогнутаго параболическаго зеркала (Рис. 10) и потому имѣть діаметръ,

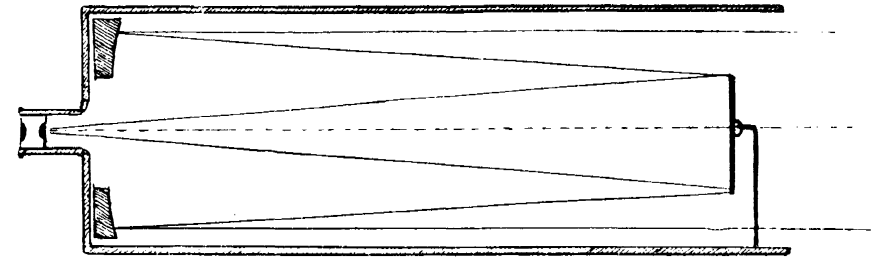


Рис. 10.

равный половинѣ діаметра вогнутаго зеркала. Такое устройство телескопа, понятно, заставляетъ четвертую часть лучей (и при томъ самыхъ лучшихъ для построенія изображенія) пропадать даромъ. Хотя такой телескопъ, конечно, будетъ вдвое короче обыкновеннаго Ньютоновскаго. Въ 1809 г. Бурггардтъ описалъ въ «Connaissance des Temps» этотъ инструментъ, какъ новую форму и французское Бюро Долготъ не только одобрило его, но и заказало за свой счетъ такой инструментъ, доказавъ тѣмъ еще разъ, что «часто ново то, что хорошо забыто». Намъ неизвѣстно, что случилось съ этимъ инструментомъ и даже былъ ли онъ изготовленъ, но въ 1908 г. Пайнъ снова предложилъ его, при чемъ для легкости устройства онъ большое вогнутое зеркало дѣлалъ не въ видѣ кольца, а съ отверстіемъ въ центрѣ лишь немного большаго діаметра, чѣмъ получающееся отъ этого зеркала изображеніе солнечнаго диска. Но, повторяемъ, въ смыслѣ свѣтосилы такой инструментъ по сравненію съ Ньютоновскимъ рефлекторомъ, одинаковаго съ нимъ отверстія и фокуса, будетъ слабѣ послѣдняго въ 5,4 раза. Увеличеніе (W) у него такъ же $W = \frac{F}{f}$.

VI.

Сложные рефлекторы.

1. Рефлекторъ Грегори.

Переходя теперь къ сложнымъ рефлекторамъ, мы должны начать съ рефлектора Грегори, какъ перваго по времени изобрѣтенія отражательнаго телескопа, идея котораго принадлежитъ Джемсу Грегори и опубликована еще въ 1663 г. Джемсъ Грегори, будучи ученымъ математикомъ и разбирая недостатки тогдашнихъ объективовъ, объ абберации которыхъ въ то время приписывались исключительно лишь одной сферической формѣ поверхностей линзъ, пришелъ къ заключенію, что лишь комбинація параболической и эллиптической отражательныхъ поверхностей даетъ вполне свободное отъ искаже-

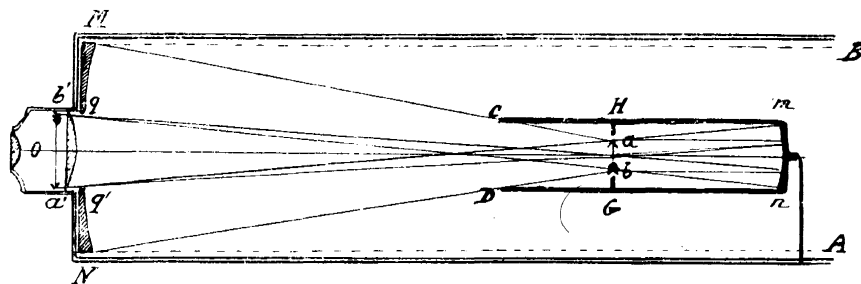


Рис. 11.

ній изображение. Не будучи самъ знакомъ съ оптической техникой, Грегори не могъ и найти кого-либо, кто бы взялся осуществить его идею на практикѣ и она была безнадежно оставлена и почти забыта. Только приблизительно въ 1732 году, т. е. спустя 68 лѣтъ, Джемсъ Шортъ изъ Эдинбурга осуществилъ ее. Зеркала первыхъ телескоповъ Шарта были стеклянные, но вскорѣ онъ замѣнилъ ихъ металлическими. Своими превосходными телескопами Шортъ нажилъ изрядное состояніе, но весь процессъ изготовленія ихъ онъ хранилъ въ тайнѣ и передъ смертью уничтожилъ всѣ инструменты и расплавилъ оставшіеся недоконченными зеркала.

Схематическій ходъ лучей въ этомъ инструментѣ виденъ изъ чертежа 11. Параллельный пучекъ лучей АВ, отразившись отъ вогнутого MN, образуетъ дѣйствительное изображеніе ab , за которымъ расположено второе малое вогнутое зеркальце mn на разстояніи нѣсколько большемъ, чѣмъ фокусная длина этого зеркальца. Зеркальце mn даетъ увеличенное изображеніе изображенія ab въ $a'b'$ (вторичное изображеніе) не далеко за большимъ зеркаломъ и уже это уве-

личенное изображеніе снова увеличивается окуляромъ О. Въ центрѣ большого зеркала продѣлано отверстіе qq' . Такимъ образомъ телескопъ Грегори даетъ прямые изображенія и потому пригоденъ и для земныхъ наблюденій. Чтобы на малое зеркальце не попадали посторонніе лучи, отраженные отъ боковыхъ стѣнъ трубы, а лишь лучи отъ большого зеркала, нѣкоторые оптики заключаютъ это малое зеркало mn въ трубку CD съ діафрагмой HG.

Какъ уже видно изъ чертежа, величины mn , qq' , $a'b'$ и собирательная линза окуляра почти раны между собою. Между всѣми этими величинами, а такъ же и между всѣми остальными элементами рефлектора существуетъ строгая зависимость, поэтому предварительное вычисленіе всѣхъ нужныхъ для построенія этого телескопа данныхъ довольно сложно, а главное, требуетъ большой точности, такъ какъ большинство разстояній и діаметровъ измѣняются очень быстро съ малѣйшей переменой въ величинѣ, положенной въ основу вычисленій и можетъ привести къ очень не точнымъ пропорціямъ инструмента, если при этомъ вычисленіи пренебрегать мелкими долями единицъ.

Въ основу для вычисленій всѣхъ пропорцій телескопа, т. е. всѣхъ фокусныхъ длинъ и діаметровъ берется обыкновенно одна изъ четырехъ извѣстныхъ величинъ: 1) уголъ поля зрѣнія, 2) діаметръ отверстія большого зеркала и діаметръ малаго зеркала, 3) фокусная длина малаго зеркала и 4) эквивалентный фокусъ обоихъ зеркалъ. Последняя изъ этихъ величинъ, впрочемъ, почти не берется, какъ неудобная. Самой же простой и удобной слѣдуетъ считать *величину поля зрѣнія*, такъ какъ она зависитъ отъ угла, принятаго въ окулярѣ для этого рода инструментовъ (отъ 25° до 28°). Второй величиной для производства вычисленій послужитъ отверстіе въ большомъ зеркалѣ въ соотношеніи къ діаметру этого зеркала, что на практикѣ особенно удобно и важно потому, что собирательныя линзы окуляровъ для желаемыхъ увеличеній по величинѣ своихъ діаметровъ зависятъ отъ ихъ фокусной длины. Фокусная длина малаго зеркальца также можетъ служить началомъ для вычисленій, но впрочемъ только послѣ того, когда эквивалентная фокусная длина будетъ извѣстна хотя приблизительно.

Для уясненія взаимной зависимости различныхъ частей телескопа разсмотримъ рисунокъ 12, изображающій схематическій ходъ лучей въ окулярной части телескопа. $b'a'$ —вторичное изображеніе, образованное малымъ зеркаломъ; оно раньше его образованія перехватывается собирательной линзой L окуляра и вмѣсто изображенія $b'a'$ получается новое нѣсколько меньшее изображеніе $b''a''$, (третичное изображеніе), которое глазная линза L' окуляра увеличиваетъ и оно

представляется глазу уже как мнимое на разстояніи яснаго зрѣнія въ $b'''a'''$. Уголъ $b'Oa'$ равенъ $25-28^\circ$. Такъ какъ для условія ахроматизма фокусы линзъ L и L' и разстояніе между ними связаны определенной зависимоcтью, требуемой окуляромъ Гюйгенса, то діаметръ и радіусъ кривизны (равный двумъ фокусамъ) коллективной линзы L долженъ быть такимъ, чтобы лучи b' и a' отклонялись этой линзой приблизительно такъ, какъ изображено на рисункѣ. Отсюда слѣдуетъ такъ же, что діаметръ линзы L долженъ быть не меньше вторичнаго изображенія $b'a'$, чтобы она собирала весь свѣтъ, идущій отъ малаго зеркала, чтобы отверстіе въ большомъ зеркалѣ qq' также было почти такой же величины, чтобы не закрывать этихъ краевыхъ лучей.

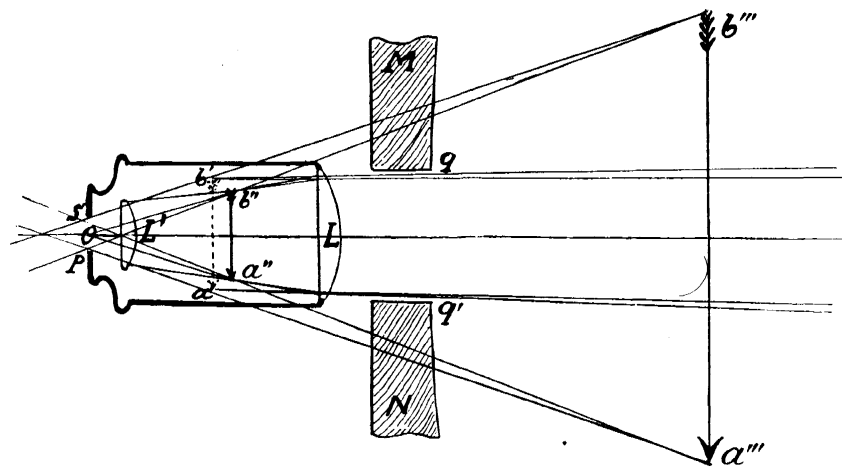


Рис. 12.

Діаметръ малаго зеркала долженъ быть такъ же такого размѣра, чтобы не заслонять напрасно собою большого зеркала и фокусъ его долженъ быть такимъ, чтобы первичное изображеніе ab отбрасывалось этимъ зеркаломъ въ $b'a'$ и было не больше, чѣмъ величина qq' . А значитъ и первичное изображеніе, даваемое большимъ зеркаломъ должно также имѣть опредѣленный соотвѣтствующій размѣръ. Величина же этого первичнаго изображенія зависитъ отъ фокуса большого зеркала.

Желательно, конечно, чтобы отверстіе въ крышкѣ окуляра, такъ называемое окулярное окно sr равнялось по діаметру зрачку глаза, чтобы принимать наибольшее количество свѣта отъ зеркала. Но въ сложныхъ рефлекторахъ, если сдѣлать такой величины sr и соотвѣтственно съ нимъ всѣ остальные пропорціи, т. е. построить телескопъ, дающій увеличеніе 2 на 1 сант. отверстія большого зер-

кала, то придется малое зеркало, а стало быть и дыру въ большомъ сдѣлать очень большими, иными словами уменьшить дѣйствующую поверхность большого зеркала. Кромѣ того, при примѣненіи болѣе сильныхъ увеличеній, часть свѣта не будетъ попадать въ окуляръ, такъ какъ при этомъ линза L будетъ меньшаго размѣра и лучи $b'a'$ уже не попадутъ на нее. Можно, конечно, поставить болѣе длинно-фокусное малое зеркало, но тогда оно, отодвинувшись дальше отъ первичнаго изображенія ab , будетъ пропускать въ окуляръ посторонній свѣтъ. Можно такъ же дѣлать фокусную длину большого зеркала, по возможности, короткой, чтобы получить возможно яркое изображеніе и болѣе широкое поле зрѣнія, но значительное уменьшеніе фокусной длины допустимо лишь для очень маленькихъ инструментовъ. Такъ, лишь въ телескопахъ съ зеркаломъ отъ 2 до $2\frac{1}{2}$ д. еще можно брать отношеніе діаметра зеркала (d) къ его фокусу (f) какъ $1:3$, и то это очень трудно исполнимо. При зеркалѣ же въ $3-3\frac{1}{2}$ д. оно уже должно быть $1:4$, а въ большихъ напр. $5-7$ дюймовъ $1:6$.

Въ полѣ зрѣнія маленькихъ телескоповъ Грегори ($2-2\frac{1}{2}$ д.) еще помѣщается полный дискъ луны или солнца т. е. при слабѣйшемъ увеличеніи уголъ, образованный первичнымъ изображеніемъ, равенъ почти $30'$ и поэтому эта величина можетъ быть принята для начала дальнѣйшихъ вычисленій. Для болѣе же длиннофокусныхъ инструментовъ, у которыхъ приблизительное наименьшее увеличеніе надо считать отъ 5 до 10 на 1 сант. діаметра зеркала, уголъ поля зрѣнія будетъ значительно меньше. Онъ получается отъ дѣленія окулярнаго угла поля зрѣнія, который для грегорианскаго телескопа считается самымъ подходящимъ отъ 25 до 26° , на слабѣйшее увеличеніе. Такъ напр., 12-ти дюймовое зеркало едва ли пригодно для увеличеній меньшихъ, чѣмъ 150 разъ. Поэтому $26' \times 60 = 1560'$ и $\frac{1560}{150} = \text{почти } 10'$, т. е. наилучшій уголъ зрѣнія, возможный для такой величины грегорианскаго телескопа. Иными словами, въ полѣ зрѣнія такого телескопа можетъ помѣститься только $\frac{1}{3}$ діаметра солнца. Если бы мы захотѣли видѣть въ него полный дискъ, т. е. принять величину первичнаго изображенія равной $30'$, то намъ пришлось бы сдѣлать и вдвое болѣе малое зеркало и вдвое болѣе отверстие въ главномъ зеркалѣ, что конечно не желательно.

Такъ какъ изображеніе въ телескопѣ Грегори увеличивается дважды: сперва малымъ зеркаломъ, а потомъ окуляромъ, то эквивалентный фокусъ его (N) получается обыкновенно очень длиннымъ. Вычисляется онъ по любой изъ слѣдующихъ формулъ:

$$N = \frac{Ff}{x}, \text{ гдѣ } F \text{—фокусъ большого зеркала, } f \text{—фокусъ малаго и } x \text{—}$$

разстояніе между первичнымъ изображеніемъ и главнымъ фокусомъ малаго зеркала (или иначе говоря, разстояніе между главными фокусами обоихъ зеркалъ).

Или $N = \frac{F \cdot D}{d}$, гдѣ F —фокусъ большого зеркала D —разстояніе длиннѣйшаго сопряженного фокуса малаго зеркала (длинная конъюгата—линія $b'n$ рис. 11) и d —разстояніе кратчайшаго сопряженного фокуса этого зеркала (краткая конъюгата—линія bn рис. 11).

Фокусъ малаго зеркала (f) можетъ быть полученъ изъ формулы $f = \frac{d \cdot D}{d + D}$, гдѣ d и D —короткая и длинная конъюгаты его.

x , т. е. разстояніе первичнаго изображенія отъ главнаго фокуса малаго зеркала равняется, конечно, $d - f$, т. е. короткой его конъюгаты минусъ его главный фокусъ.

D , т. е. длинная конъюгата получается изъ разстоянія вторичнаго изображенія отъ собирающей линзы окуляра плюсъ разстояніе отъ этой линзы до малаго зеркала. Зная же D и кривизну малаго зеркала ($r = 2f$), получимъ d , т. е. короткая конъюгата $= \frac{Dr}{2D - r}$.

Зная эквивалентный фокусъ обоихъ зеркалъ, мы можемъ получить и увеличеніе (W), если раздѣлимъ этотъ фокусъ на эквивалентный фокусъ окуляра (E). Можно получить его и (по формулѣ $W = \frac{F + f}{E - x}$). Если x практически трудно точно опредѣлить, то можно брать приближенную, но еще достаточно точную формулу Коддингтона $W = \frac{F(F - f)}{fE} + 2f$.

Окуляръ въ телескопѣ Грегори обыкновенно гюйгеновскаго типа и эквивалентный фокусъ его (E) находится по формулѣ:

$E = \frac{f_1 + f_2}{(f_1 + f_2) - d}$, гдѣ f_1 —фокусъ первой чечевицы, f_2 —фокусъ второй чечевицы и d —разстояніе между ними ¹⁾.

При опредѣленіи этого разстоянія (d) нужно знать толщину одной, именно собирающей линзы. Въ случаѣ плосковыпуклой формы этой линзы (самой употребительной) берется лишь $\frac{1}{3}$ ея толщины.

Такъ какъ на практикѣ отверстіе въ большомъ зеркалѣ дѣлается уже послѣ первой грубой шлифовки, т. е. когда длина фокуса зеркала уже приблизительно извѣстна, то важнѣе всего, конечно, опредѣлить величину этого отверстія, которое должно быть въ соотвѣтствіи съ величиной вторичнаго изображенія. Поэтому можно предварительно произвести хотя бы приблизительный расчетъ.

¹⁾ Въ обыкновенномъ окулярѣ Гюйгенса разстояніе между линзами $d = \frac{f_1 + f_2}{2}$

Допустимъ, что у насъ большое зеркало въ 7 дюймовъ діаметромъ и съ фокусомъ въ 28 дюйм. Какой величины слѣдуетъ взять фокусъ малаго зеркала и какой величины будетъ первичное изображение, если отверстіе въ зеркалѣ мы сдѣлаемъ въ 1,9 дюймовъ. Примемъ фокусъ малаго зеркала равнымъ квадратному корню изъ разстоянія между первичнымъ и вторичнымъ изображениями, которое въ нашемъ случаѣ будетъ равняться 28 дюйм. + еще нѣкоторое разстояніе за большое зеркало, положимъ, 4 д. = 32 дюйм. Значитъ фокусъ малаго зеркала будетъ равняться приблизительно 5,5 д., а эквивалентный фокусъ обоихъ зеркалъ (который пока приблизительно примемъ, какъ просто произведеніе обоихъ фокусовъ т. е. $28 \times 5,6$ д.) будетъ 156,8. Но это, какъ извѣстно, не точно; нужно принять въ расчетъ и величину x , т. е. разстояніе отъ первичнаго изображенія до главнаго фокуса малаго зеркала. Величина x приблизительно равна квадрату фокуса малаго зеркала $(5,5)^2$, дѣленному на квадратъ фокуса большого зеркала 28^2 т. е. $= 0,038$ д. Это однако справедливо лишь въ томъ случаѣ, когда вторичное изображеніе падаетъ какъ

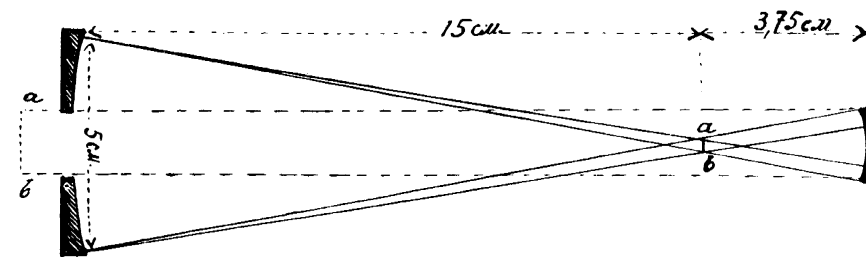


Рис. 13.

разъ на поверхность большого зеркала, но все-таки эквивалентный фокусъ нашихъ обоихъ зеркалъ будетъ въ этомъ случаѣ $\frac{28 \times 5,5}{0,036} = 154$ д.

Получивъ такимъ образомъ эквивалентный фокусъ, чтобы узнать величину первичнаго изображенія, намъ нужно только принять эту величину эквивалентнаго фокуса, какъ знаменатель дроби, у которой числитель—величина отверстія въ зеркалѣ (1,9) умноженная на фокусъ большого зеркала (28), т. е. $\frac{1,9 \times 28}{154} = 0,34$ д. Но такая величина первичнаго изображенія можетъ быть лишь въ томъ случаѣ, когда вторичное изображеніе, какъ мы сказали, ложится въ плоскости большого зеркала, а намъ нужно, чтобы изображеніе это осталось такой же величины (1,9 д.) и лежало дальше за большимъ зеркаломъ на 4 дюйма. Стало быть первичное изображеніе должно быть чуть меньшаго размѣра, а малое зеркало должно стоять къ нему немного ближе.

Мы не станемъ однако производить дальше нашихъ вычислений, такъ какъ любителю построить телескопъ Грегори по заранѣе точно рассчитаннымъ даннымъ весьма трудно, потому что на дѣлѣ при работѣ много разъ придется отступать отъ вычисленныхъ величинъ, а перейдемъ къ болѣе практичному графическому способу нахождения пропорцій этого инструмента.

Для маленькихъ инструментовъ діаметромъ 2—2½ д. приблизительное графическое нахождение пропорцій очень просто. Чертежъ 13 въ самыхъ грубыхъ и приблизительныхъ чертахъ даетъ размѣры инструмента, когда положена въ основаніе расчетовъ величина солнечнаго диска, даваемая большимъ зеркаломъ. (Метръ фокуса даетъ прибол. діаметръ солнечнаго изображенія=9 mm). Но такой чертежъ только очень приблизителенъ. Поэтому мы ниже даемъ способъ графически точно найти всѣ пропорціи телескопа, если извѣстны три величины: 1) діаметръ большого зеркала, 2) его фокусная длина и 3) величина первичнаго изображенія. Для послѣдней конечно не придется брать величину діаметра солнечнаго диска, а соотвѣтственно съ діаметромъ и фокусомъ большого зеркала значительно меньшую величину, размѣръ которой не трудно установить на основаніи сказаннаго раньше. Но такъ какъ такая величина обыкновенно очень мала по сравненію съ двумя первыми—въ 12 д. телескопъ напр., это уголъ 10', что для черченія совершенно неудобно, то величину первичнаго изображенія можно брать въ увеличенномъ въ любое число разъ размѣрѣ, но при этомъ слѣдуетъ увеличить на чертежѣ въ такое же число разъ и діаметръ главнаго зеркала. На чертежѣ (рис. 14) діаметръ зеркала и первичное изображеніе потому и кажутся несоразмѣрно большими. Но сдѣлано это для ясности и удобства черченія, потому что выводы изъ него нисколько не противорѣчатъ дѣйствительности. Иными словами: линіи, пересѣкающіяся у h , могутъ расходиться какъ угодно, не нарушая точности проекціи, какъ мы сейчасъ увидимъ. Надо прибавить, что отражающая поверхность вогнутаго зеркала изображена просто прямой линіей, перпендикулярной къ оси, проходящей черезъ центръ зеркала.

Проводимъ линіи между противоположными концами a и a' большого зеркала и первичнаго изображенія. Линіи эти пересѣкутъ ось въ точкѣ h . Продолжимъ эти линіи до пересѣченія съ плоскостью предполагающагося вторичнаго изображенія въ AA' . Проводимъ осевую линію Y_0 , продолживъ ее вправо. Дѣлимъ пополамъ линію AU въ B и $A'U$ въ B' . Изъ точки Y (центра мѣста вторичнаго изображенія) проводимъ линію, проходящую черезъ нижній край первичнаго изображенія въ O . (Она проходитъ, какъ видно на чертежѣ, черезъ маленькій кружокъ. Можно было бы провести и вторую линію че-

резъ верхній край, но въ этомъ собственно нѣтъ особенной необходимости). Соединимъ точки h и A' и отметимъ, гдѣ эта линія пересѣкаетъ линію, проведенную изъ Y , т. е., гдѣ находится центръ маленькаго круга b , видимаго на чертежѣ. Соединяемъ точки b и A . Линія ba , пересѣкающая ось въ точкѣ g дастъ въ g центръ кривизны малаго зеркала. Этимъ заканчивается первая часть процедуры черченія.

Слѣдующая серія линій даетъ различныя опредѣленія фокусной длины малаго зеркала. 1) Изъ точки g восстановимъ перпендикуляръ $Rg=rO$, 2) соединяемъ Y и R , продолжая эту линію направо, 3) раздѣляемъ пополамъ тупой уголъ у R линіей Rf . Осевое разстояніе gf и даетъ искомую фокусную длину малаго зеркала. 4) Возстанавливаемъ перпендикуляръ изъ точки f до пересѣченія въ F съ линіей, проведенной изъ Y . Линія Ff должна равняться gf , если чертежъ испол-

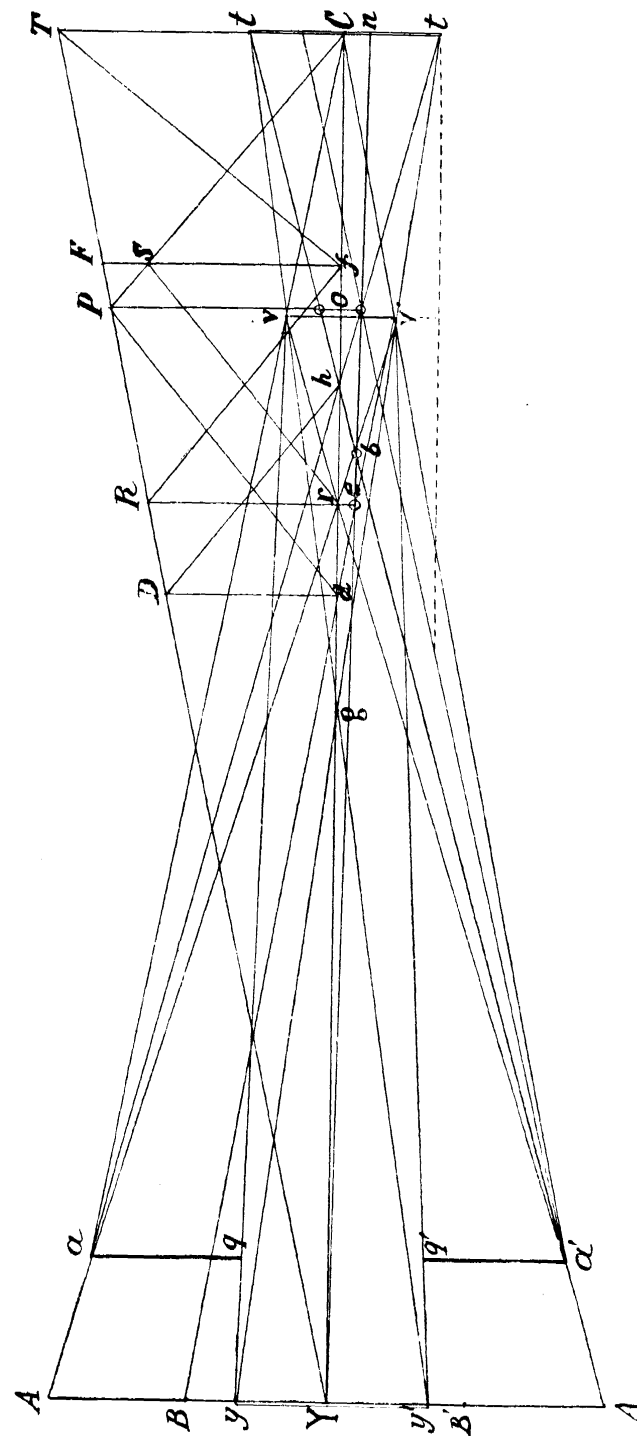


Рис. 14.

ненъ точно, давая второе опредѣленіе искомаго фокуса малаго зеркала. 5) Возстановимъ перпендикуляръ въ точкѣ О, т. е. въ центрѣ первичнаго изображенія, до пересѣченія въ Р съ линіей, проведенной изъ У. 6) Дѣлимъ пополамъ тупой уголъ у Р линіей, пересѣкающей ось въ точкѣ С. Осевое разстояніе Сf дастъ третье опредѣленіе искомаго фокуса и такъ же дастъ разстояніе Со, какъ короткую конъюгату малаго зеркала; точка же С указываетъ вершину этого зеркала. 7) Возстановимъ перпендикуляръ въ С, такъ же пересѣкающей въ Т линію, проведенную изъ У. Линія СТ дастъ второе опредѣленіе короткой конъюгаты и стало быть должна равняться Со, если все начерчено точно. 8) Раздѣливъ уголъ въ Т пополамъ линіей, пересѣкающей ось въ f, получимъ четвертое опредѣленіе фокусной длины малаго зеркала, т. е. fC. 9) Дѣленіе пополамъ разстоянія rC можетъ быть принято какъ пятое опредѣленіе его. При этомъ, если въ чертежѣ были ошибки, то онѣ тотъ часъ же обнаружатся и могутъ быть исправлены.

Опредѣлить короткую конъюгату можно еще и такимъ образомъ.

1) Продолжить линію Rr черезъ ось до пересѣченія съ линіей, проведенной изъ У черезъ край первичнаго изображенія (въ центрѣ маленькаго кружка е) 2) Соединить е и В, пересѣкая ось въ точкѣ d. Линія dO—короткая конъюгата. 3) На линіи Ff откладываемъ Sf=Rr. 4) Соединяемъ точки S и r и проводимъ изъ Р параллельную Sr. Эта линія, т. е. Pd, если она точно начерчена, должна пересѣчь ось въ той же самой точкѣ d, давая новое (четвертое) опредѣленіе короткой конъюгаты (и самой точки d). Изъ точки пересѣченія у h проводимъ линію, параллельную Rf до пересѣченія съ линіей, проведенной изъ У въ точкѣ D. 6) Изъ точки D опускаемъ перпендикуляръ на ось, пересѣкая ее въ точкѣ d. Это опять даетъ dO—пятое опредѣленіе короткой конъюгаты. Конечно эти пять опредѣленій могутъ быть и еще удвоены при проведеніи линій на обѣихъ сторонахъ оси. Но въ этомъ нѣтъ, собственно, надобности.

Въ концѣ концовъ, повторяемъ, что, какъ бы ни было преувеличено отверстіе большаго зеркала и величина первичнаго изображенія по сравненію съ настоящимъ, опредѣленіе вышесказанныхъ величинъ не измѣнится, если обѣ эти величины увеличены *въ одной и той же пропорціи*. Положеніе точки h не измѣнится. Чертежъ (Рис. 14) и сдѣланъ именно въ преувеличенномъ видѣ.

Дальнѣйшія опредѣленія таковы.

1) Проведемъ линію изъ С къ а и а'—краямъ большаго зеркала. 2) Продолжимъ линію изъ h до пересѣченія въ точкахъ t' и t съ линіей TC и эту линію TC продолжимъ книзу. tt' дастъ необходимый діаметръ малаго зеркала. 3) Отложимъ $uy' = t't$ и соединимъ

ихъ противолежащіе края, пересѣкая ось въ g. Линіи Ca и ugt пересѣкутся въ V и V', давая мѣсто и величину изображенія большаго зеркала, образованнаго малымъ зеркаломъ. 4) Соединяемъ V и V' съ а и а'. Эти линіи пересѣкутся въ r на оси, если все предыдущее начерчено точно, такъ какъ эти линіи пересѣкаютъ ось въ центрѣ кривизны зеркала, которое даетъ это изображеніе. Слѣдовательно r есть центръ кривизны и rC—радіусъ кривизны малаго зеркала, требующаго дать $uy' = tt'$.

Соединивъ у съ V и у' съ V', получимъ величину діаметра отверстія qq' въ главномъ зеркалѣ aa'. Линія nY, пересѣкающая осевую часть изображенія VV' даетъ въ точкѣ пересѣченія его точку, которая можетъ быть принята какъ отправная точка для радіуса кривизны собирательной линзы окуляра.

Всякій лучъ, образующій въ окулярѣ изображеніе, долженъ проходить, какъ видно изъ чертежа, черезъ часть VV', такъ какъ пучекъ между tt' и uy' уже всего у VV'. Пунктирная линія ниже V' указываетъ положеніе, длину и діаметръ (до пересѣченія съ линіей, проведенной изъ а' черезъ нижній край первичнаго изображенія) малой трубки, заключающей въ себѣ въ одномъ концѣ малое зеркало tt' и въ VV' діафрагму. Эта труба, не заслоняя ни одного луча, участвующаго въ образованіи изображенія, не позволяетъ въ то же время ни одному изъ лучей, отраженныхъ отъ стѣнокъ главной трубы попадать на малое зеркало. На дѣлѣ діафрагма у VV' совершенно соотвѣтствуетъ діафрагмѣ между двумя первыми линзами земнаго окуляра, безъ которой подзорная труба, какъ извѣстно, плохо дѣйствуетъ.

Обыкновенно однимъ изъ самыхъ частныхъ дефектовъ въ конструкціи грегорианскихъ телескоповъ является несоотвѣтственная фокусная длина малаго зеркала. Если она слишкомъ мала,—много лучей не попадаетъ въ отверстіе большаго зеркала. Если же она слишкомъ велика при не соотвѣтственно маломъ діаметрѣ малаго зеркала, то середина поля зрѣнія тогда ярка, а къ краямъ оно быстро темнѣетъ. По этому вмѣсто того, чтобы ставить малое зеркало съ болѣе короткимъ, чѣмъ нужно, фокусомъ для полученія болѣе сильныхъ увеличеній, лучше примѣнять соотвѣтствующій окуляръ.

Ниже мы приводимъ нѣсколько числовыхъ данныхъ для построенія этого рода телескоповъ, исходя ихъ которыхъ всякій можетъ составить для себя приблизительныя новыя данныя для конструкціи инструмента. Всѣ величины въ дюймахъ.

		Пропорція обыкновеннаго телескопа Грегори.	Пропорція больше длиннаго телескопа Грегори.	Кассегреновскій телескопъ.
aa'	Діаметръ большого зеркала	7 д.	7 д.	7
F	Фокусъ его	45	48	29.5
XU	Разст. отъ большого зеркала до 2-го изображенія	4,75	5,87083	4,75
d	Короткая конъюгата малаго зеркала	6,93906	6,84317	4,5808
D	Длинная конъюгата его же	56,68906	60,71401	29,6691
f	Фокусъ малаго зеркала	6,18231	6,15	5,4172
Cx	Разстояніе между зеркалами	51,93906	54,84317	24,9191
oo'	Діаметръ первичнаго изображенія	0,15386	0,13264	0,1929
qq'	Діаметръ отверстія въ больш. зеркалѣ	1,25	1,449	1,25
yy'	Діаметръ 2-го изображенія	1,257	1,1722	1,25
tt'	Діаметръ малаго зеркала	1,2569	1,495	1,25
CV	Отъ малаго зеркала до изображенія V	7,0176	6,9267	4,4498
V'	Діаметръ изображенія большого зеркала	0,9457	0,8841	1,266
EqF (N)	Эквивалентный фокусъ	367,629	425,866	188,883
Θ	Уголъ поля зрѣнія	11' 45"	9' 30"	22' 28"
L	Кажущійся уголъ зрѣнія окуляра	26°	26° 55'	26°
W	Увеличеніе (наименьшее полезное)	130 разъ	170 разъ	69 разъ

2. Рефлекторъ Кассегрена.

Слѣдующей формой сложнаго рефлектора будетъ рефлекторъ Кассегрена, изобрѣтенный въ 1672 г., но осуществленный въ дѣйствительности опять-таки лишь Гадлеемъ въ 1732 г. Онъ отличается отъ предыдущаго, какъ извѣстно, тѣмъ, что маленькое вогнутое зеркальце у него замѣнено гиперболически выпуклымъ mn , которое помѣщается уже ближе главнаго фокуснаго разстоянія большого зеркала. Какъ видно изъ чертежа (рис. 15), малое зеркало перехватываетъ

сходящійся конусъ лучей отъ большого зеркала раньше, чѣмъ получится изображеніе ab и отбрасываетъ его назадъ, удлинняя такимъ образомъ общій фокусъ инструмента. Такой телескопъ еще короче, чѣмъ телескопъ Грегори. Вслѣдствіе удлинненія малымъ зеркаломъ общаго фокуса и изображеніе получается большимъ по сравненію съ тѣмъ, какимъ бы оно было, если бы не было малаго зеркала.

Степень этого увеличенія, даваемого малымъ выпуклымъ зеркаломъ, будетъ равна $\frac{d'}{d}$ (рис. 15). Радиусъ (R) кривизны сферической поверхности малаго зеркала (до гиперболизаціи его) съ достаточной для практическихъ цѣлей точностью можетъ быть найденъ изъ формулы $\frac{1}{d} - \frac{1}{d'} = \frac{2}{R}$, откуда $R = \frac{2dd'}{d' - d}$.

Напр., если фокусная длина параболическаго зеркала = 10 фут., $d = 2$ фут. и $d' = 8$ фут., то $\frac{d'}{d} = 4$. Слѣдовательно изображеніе луны

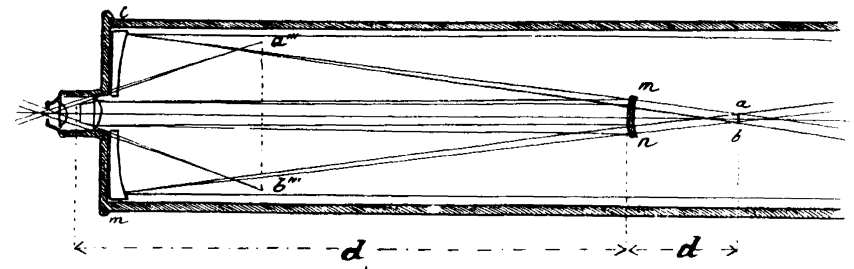


Рис. 15.

или какого другого небеснаго объекта будетъ въ 4 раза болѣе въ діаметрѣ, чѣмъ оно было бы безъ выпуклаго зеркала въ фокусѣ параболическаго зеркала. R , т. е. радиусъ кривизны малаго выпуклаго зеркала при этомъ будетъ: $\frac{2dd'}{d' - d} = \frac{32}{6}$ фут., т. е. 64 дюйма.

Увеличеніе (W) телескопа Кассегрена удобнѣе всего находить по формулѣ: $W = \frac{F}{e} \times g$, гдѣ F —фокусное разстояніе большого зеркала, g —увеличеніе даваемое малымъ зеркаломъ ($\frac{d'}{d}$) и e —эквивалентный фокусъ окуляра.

Чтобы получить въ рефлекторѣ Кассегрена наибольшую свѣтосилу, т. е. возможность примѣнять слабѣйшія увеличенія, нужно соблюсти слѣдующія условія. 1) Отверстіе въ большомъ зеркалѣ должно быть такого же діаметра, какъ и діаметръ малаго зеркала, чтобы всѣ, отраженные послѣднимъ лучи попадали въ окуляръ. 2) Собирающая линза окуляра должна быть такого же діаметра, какъ отверстіе въ зеркалѣ и діаметръ малаго зеркала, чтобы по возможности

имѣть наибольшее поле зрѣнія. 3) Самое слабое увеличеніе должно быть таковымъ, чтобы пучекъ лучей, выходящій изъ окуляра заполнялъ весь зрачекъ.

Назовемъ F —фокусная длина большого зеркала, f —фокусная длина малаго зеркала, f' —фокусная длина первой (собирающей) линзы окуляра (Гюйгеновскаго) и f'' —фокусная длина второй его линзы. A —діаметръ большого зеркала и a —діаметръ малаго, d —разстояніе первичнаго изображенія и d' —разстояніе вторичнаго изображенія отъ малаго зеркала, z —разстояніе вторичнаго и u —разстояніе третичнаго изображенія отъ первой линзы и Z —разстояніе четвертаго (дѣйствительнаго) изображенія отъ второй линзы. Изображеніе это видимо уже прямо глазомъ, помѣщеннымъ у окулярнаго окна. Окулярное окно въ крышкѣ окуляра должно находиться какъ разъ въ плоскости изображенія маленькаго зеркальца, даваемаго второй линзой окуляра и должно быть такого же діаметра, какъ само это изображеніе, чтобы не пропускать въ глазъ никакого посторонняго свѣта, кромѣ того, который поступаетъ только отъ зеркала.

Разстояніе окулярнаго окна отъ второй линзы равно $= \frac{1}{2} f'' + z$, т. е. половинѣ фокусной длины этой линзы, плюсъ еще нѣкоторая величина, такъ какъ зрачекъ непосредственно не можетъ же прикасаться къ окулярному окну. Это незначительное разстояніе $z + Z$, т. е. разстояніе четвертаго изображенія отъ второй линзы, равняется разстоянію яснаго зрѣнія V , которое у разныхъ лицъ, конечно, разное, но обыкновенно принято 25 сант. (10 дюйм.).

Отсюда мы послѣдовательно имѣемъ

$$Z = \frac{2V - 2z - f''}{2}$$

$$u = \frac{f''(2V - 2z + 3f'')}{2V - 2z + f''}$$

$$z = \frac{3}{4} \frac{f''(2V - 2z + 3f'')}{V - z}$$

Отсюда увеличеніе

$$W = \frac{\text{Четвертому изобр.}}{V} \times \frac{F}{\text{Изображ. первичн.}} = \frac{2Fd'}{f'd} \left(1 - \frac{z}{V}\right)$$

Такъ какъ малое зеркало должно принимать весь свѣтъ отъ большого зеркала, то d , т. е. разстояніе первичнаго изображенія отъ него должно равняться $d = \frac{Fa}{A}$. Кромѣ того діаметръ собирающей линзы окуляра (a'), какъ мы сказали, долженъ равняться діаметру малаго зеркала, т. е. $a' = a$, то мы имѣемъ $a = pf'$, гдѣ p —отношеніе

діаметра собирающей линзы окуляра къ ея фокусу. Подставляя это выраженіе въ W имѣемъ:

$$W = -\frac{2Ad'}{nf'^2} \left(1 - \frac{z}{V}\right)$$

$$d' = \frac{Wnf'^2}{2A \left(1 - \frac{z}{V}\right)}$$

Но мы имѣемъ второе значеніе для d' , именно $d' = F - d + b + z$, гдѣ b —разстояніе поверхности большого зеркала отъ собирающей линзы окуляра ¹⁾. Поэтому

$$f'^2 \times \left(\frac{Wn}{2A \left(1 - \frac{z}{V}\right)} - \frac{1}{2V \left(1 - \frac{z}{V}\right)} \right) + f' \left(\frac{nF}{A} - \frac{1}{2} \right) = F + b.$$

Такъ какъ z очень мало, то отбросивъ его, получаемъ болѣе простую формулу:

$$f'^2 \left(\frac{Wn}{2A} - \frac{1}{4V} \right) + f' \left(\frac{nF}{A} - \frac{1}{2} \right) = F + b$$

Когда A (діаметръ большого зеркала), F (его фокусъ), n (отношеніе діаметра собирающей линзы окуляра къ ея фокусу, которое оптики дѣлаютъ обыкновенно $= 0,5$) и V (разстояніе яснаго зрѣнія—обыкновенно 10 дюйм.) извѣстны, то можно найти f' и отсюда d' , изъ котораго потомъ, если угодно, можно найти и z .

Отбросивъ значеніе z , поле зрѣнія будемъ имѣть: $\frac{\text{Cotang. } 1'}{W}$, или, какъ мы уже говорили, окулярный уголъ (обыкновенно 26°), дѣленный на увеличеніе.

Числовыя данныя для конструкціи телескопа Кассегрена указаны въ третьемъ столбцѣ таблицы этихъ данныхъ для телескопа Грегори. Здѣсь же мы приводимъ нѣкоторыя постоянныя Мельбурнскаго рефлектора:

Фокусъ большого зеркала . . .	$F = 366$ д.
Діаметръ » . . .	$A = 48$ д.
Фокусъ малаго зеркала . . .	$f = 74,71$ д.
Діаметръ » . . .	$a = 8,05$ д.
Разстояніе первичнаго изображенія отъ малаго зеркала . .	$d = 61$ д.
Разстояніе вторичнаго изображенія отъ малаго зеркала .	$d' = 322,31$
$\frac{d'}{d} =$	$g = 5,4477$

¹⁾ Эта величина b берется, конечно, произвольной. смотря по толщинѣ большого зеркала.

Фокусъ собирательной линзы	
окуляра	= 16,10 д.
Разстояніе окулярнаго окна отъ	
второй линзы	= 2,89 д.
Увеличеніе	$W = 240$ разъ.
Уголъ зрѣнія	= $14'32''$
Эквивалентный фокусъ	= 1994 д.

Что касается того, которая изъ двухъ этихъ формъ сложныхъ рефлекторовъ должна быть признана наиболѣе совершенной, то рѣшеніе этого вопроса мы предоставляемъ самимъ читателямъ. Почти во всѣхъ подробныхъ курсахъ физики про оба эти рефлектора повторяется всегда почти одно и тоже и даже въ сочиненіяхъ Гитса, Германа, Коддингтона, Ллойда, Сэра Д. Джиля, Д-ра Смита и Гриффина результаты сравненій неопредѣленны и даже противорѣчивы, такъ какъ сочиненія эти написаны, очевидно, безъ знакомства съ работами Д-ра Шредера, Шаберле и Витвортса. Поэтому мы приводимъ ниже болѣе или менѣе точные результаты дѣйствительныхъ сравненій, произведенныхъ экспертами надъ двумя одинаковыми рефлекторами Грегори и Кассегрена—Тюлли и Уатсономъ.

1) Если оба телескопа имѣютъ оба зеркала сферическія, то абберация у Кассегрена меньше, чѣмъ у Грегори ¹⁾.

2) Если зеркала имѣютъ какую-нибудь другую фигуру изъ коническихъ сѣченій, то оба телескопа одинаковы по достоинствамъ.

3) Въ смыслѣ плоскости поля зрѣнія (и слѣдовательно свободы отъ дисторціи) и употребленія надлежащихъ окуляровъ оба телескопа одинаковы.

4) Разница зональнаго увеличенія (Шаберлеевская абберация) въ

¹⁾ Проф. Р. А. Самсонъ, на докладѣ, читанномъ въ Королевскомъ о-вѣ въ Лондонѣ (13 февр. 1913) показалъ, что поле зрѣнія Кассегреновскаго рефлектора можетъ быть вполне не искривленнымъ и безъ примѣненія трудно достижимыхъ на практикѣ кривыхъ поверхностей зеркалъ. Безъ всякаго нарушенія всѣхъ остальныхъ качествъ инструмента, т. е. его ахроматизма, фокусной длины и вообще всей его конструкции, поле зрѣнія можетъ быть идеально исправлено при помощи системы не менѣе, чѣмъ изъ трехъ линзъ. Первая изъ этихъ линзъ—менискъ, высеребранный съ обратной стороны и одновременно исправляющій ахроматизмъ двухъ другихъ линзъ, которыя, какъ и этотъ менискъ, для полнаго ахроматизма, всѣ сдѣланы изъ одного и того же сорта стекла. Менискъ отражаетъ пучекъ лучей, а двѣ другія линзы, почти равныхъ, но обратныхъ фокусныхъ длинъ, перехватываютъ выходящій пучекъ. Исправленіе абберации ихъ достигается кромѣ того, надлежащимъ выборомъ кривизны ихъ переднихъ поверхностей. Въ результатѣ получается полъ зрѣнія вполне исправленное въ отношеніи хроматической и сферической аббераций, комы и искривленія.

хорошемъ грегорианскомъ почти не замѣтна, тогда какъ въ кассегреновскомъ, даже хорошемъ, очень чувствуется и очевидно не устранима.

Къ этому слѣдуетъ прибавить, что для цѣлей фотографированія кассегреновскій телескопъ предпочтительнѣе телескопа Грегори, благодаря своей болѣе короткой длинѣ и стало быть большей неподвижности и отсутствію дрожанія.

Самый большой рефлекторъ типа Кассегрена, какъ извѣстно, 48 д. Мельбурнскій. Но теперь заказанъ Брашеру въ Питсбургѣ (Америка) для Канады кассегреновскій телескопъ въ 72 д. т. е. 6 фут. діаметромъ. Фокусъ главнаго зеркала 30 фут. т. е. $d:f=1:5$. Отверстіе въ большомъ зеркалѣ 10 дюйм. Диаметръ малого гиперболически выпуклаго зеркала—19 дюйм. и фокусъ—10 футъ. Разстояніе между обоими зеркалами 23 фута. Вторичное изображеніе получается позади главнаго зеркала на разстояніи 3-хъ футовъ. Эквивалентный фокусъ телескопа—108 фут. Для наибольшей свѣтосилы телескопъ можетъ быть превращенъ въ Ньютоновскій, но благодаря своей короткой фокусной длинѣ для визуальныхъ наблюденій не предполагается ¹⁾.

3. Брахитъ.

Брахиты изобрѣтены вѣнскими оптиками Форстеромъ и Фритчемъ въ концѣ 70-хъ годовъ прошлаго столѣтія. Какъ видно изъ

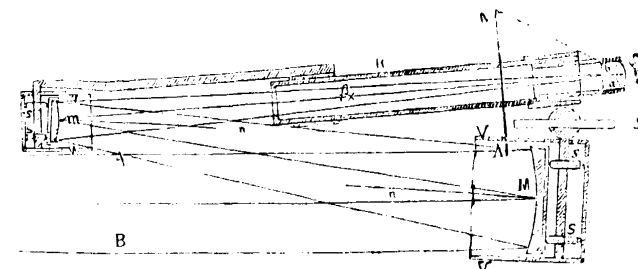


Рис. 16.

чертежа (рис. 16), это комбинація телескопа Гершеля и Кассегрена. Такъ какъ большое зеркало не закрывается малымъ, то такой инструментъ, конечно, нѣсколько свѣтосильнѣе, чѣмъ обыкновенный кассегреновскій. Фигуры зеркалъ его (большое—парабола, малое—гипербола) требуютъ весьма высокой степени точности. при чемъ большое зеркало должно быть умышленно сдѣлано такъ, чтобы давать лучшія изображенія не на оси, а въ сторонѣ отъ нея, что

¹⁾ The journal of the Royal Astronomical society of Canada 1914.

иногда, впрочем, случается и само собой при шлифовании зеркаль из обыкновенного зеркального стекла. Радиус кривизны при этом получается по одному диаметру нѣсколько больше, чѣмъ по другому. Это замѣтилъ еще Дрэперъ, у котораго нѣкоторые зеркала давали лучшія изображенія не на оси, а на $2-3^\circ$ въ сторону отъ нея. Не смотря на $13\frac{1}{2}$ часовую полировку, разность радиусовъ не измѣнялась и такое зеркало могло быть употреблено въ качествѣ ньютоновскаго телескопа лишь въ томъ случаѣ, когда центръ плоскаго зеркала отодвигался на 6 дюймовъ отъ оси въ сторону. По нашему мнѣнію это происходитъ оттого, что стекло, послѣ того, какъ шлифованіемъ удалена съ него нѣкоторая часть, коробится вслѣдствіе измѣненія натяженія въ его массѣ.

Телескопъ Неесмита нельзя, собственно говоря, считать самостоятельнымъ типомъ инструмента, это, какъ видно изъ чертежа (рис. 17)—просто превращеніе обыкновеннаго ньютоновскаго рефлек-

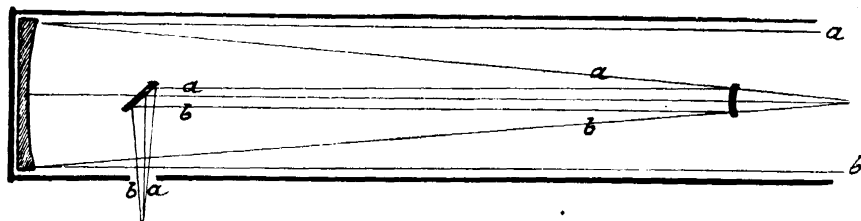


Рис. 17.

тора въ очень длиннофокусный сперва кассегреневскій, а затѣмъ снова въ ньютоновскій. Такимъ образомъ въ этомъ телескопѣ три зеркала и такое приспособленіе умѣстно только на очень большихъ зеркалахъ, которыя, собираютъ очень много свѣта. Такъ напр., оно примѣняется на 5 фут. рефлекторѣ Ритчи на обсерваторіи Вильсонъ. При малыхъ инструментахъ оно умѣстно для наблюденія лишь достаточно яркихъ объектовъ.

Непрочность и незащищенность посеребренной поверхности зеркаль вызвали новую форму рефлектора (проектированную, впрочемъ, еще Смитомъ и Эри) «The lens-mirror telescope», т. е. линзо-зеркальный телескопъ. Впервые инструментъ этотъ, насколько намъ извѣстно, построенъ въ 1905 г. Уиттлемъ (G. Wittle) въ Ливерпуль. Это обыкновенный грегорианскій телескопъ, у котораго оба зеркала

имѣютъ форму менисковъ, посеребренныхъ съ выпуклой стороны и закрашенныхъ лаковой краской, какъ въ обыкновенныхъ туалетныхъ зеркалахъ. Хроматизмъ, получающійся отъ прохожденія лучей черезъ толщину стекла отъ большого зеркала, исправляется соответствующей кривой малаго зеркала. Но какъ бы то ни было, хотя такой телескопъ и очень застрахованъ, отъ потускнѣнія, онъ все же теряетъ въ свѣтосилѣ вслѣдствіе отраженія свѣта отъ непосеребренныхъ поверхностей зеркаль и отъ поглощенія его въ самой толщѣ стекла.

Въ заключеніе упомянемъ о ртутномъ телескопѣ, который построенъ въ 1908 г. проф. Вудомъ и интересенъ лишь какъ техническій кунштшюкъ, а не приборъ для серьезныхъ астрономическихъ наблюденій, такъ какъ наблюдать въ него безъ сидеростата можно лишь въ томъ случаѣ, когда свѣтило находится въ зенитѣ. Такой телескопъ былъ лѣтъ пятьдесятъ тому назадъ построенъ и въ Англии. Роль зеркала въ этомъ инструментѣ играетъ вращающійся при посредствѣ мотора сосудъ съ ртутью, поверхность которой вслѣдствіе вращенія прибора пріобрѣтаетъ вогнутую параболическую форму. Понятно, чѣмъ быстрѣе вращеніе, тѣмъ вогнутость глубже и стало быть фокусъ телескопа короче и наоборотъ.

VII.

Сравнительныя достоинства разныхъ типовъ рефлекторовъ.

Сравнивая между собою четыре главныхъ типа рефлекторовъ т. е. Гершеля, Ньютона, Грегори и Кассегрена, мы должны сказать, что теоретически въ оптическомъ отношеніи самыми совершенными должны быть признаны телескопы Грегори и Кассегрена. Но оба они ограничены въ степени увеличенія и уступаютъ въ свѣтосилѣ гершелевскому и ньютоновскому. Изъ двухъ послѣднихъ хотя гершелевскій и свѣтосильнѣе ньютоновскаго, но требуетъ большого размѣра зеркала во избѣжаніе закрытія головой наблюдателя, а главное не удобенъ тѣмъ, что, какъ мы уже сказали, помѣщенный у устья открытой трубы наблюдатель неизбѣжно нагрѣваетъ передъ нимъ воздухъ и тѣмъ способствуетъ беспокойству изображеній. Это же неудобство чувствуется до нѣкоторой степени и въ первыхъ двухъ рефлекторахъ. Здѣсь наблюдатель помѣщенъ слишкомъ близко отъ главнаго зеркала, которое при недостаточной изоляціи должно

нѣсколько нагрѣваться отъ этой близости. Кромѣ того у Грегори и у Кассегрена лучъ проходитъ длину трубы три раза, тогда какъ въ ньютоновскомъ рефлекторѣ только два съ небольшимъ раза. Поэтому болѣе короткій путь прохожденія лучей даетъ и меньше шансовъ нарушать ихъ прохожденіе колебаніемъ воздуха. Степень этой способности къ пертурбаціямъ можно выразить отношеніемъ 1,12:1. По этому самой удобной слѣдуетъ признать все-таки форму ньютоновскую. Вообще, широкая открытая труба рефлектора должна быть отнесена къ одному изъ существенныхъ недостатковъ отражательныхъ телескоповъ. Широкий столбъ воздуха въ ней, нагрѣвающийся отъ ея стѣнокъ или отъ тѣла наблюдателя долженъ вызывать въ ней токи, мѣшающіе изображенію. Поэтому многіе дѣлаютъ рефлекторы вовсе безъ трубы или съ рѣшетчатой трубой. Рефлекторы съ ихъ закрытыми трубами избавлены отъ этого неудобства. Въ самое послѣднее время Д. Бутсъ предложилъ закрывать отверстіе рефлектора плоскимъ дискомъ изъ оптического стекла, точно отшлифованнаго на параллельность сторонъ. Благодаря этому приспособленію спокойствіе изображеній, по словамъ Д. Бутса, который примѣнялъ его въ своихъ инструментахъ, возрастаетъ во много разъ. Но помимо высокой стоимости такихъ дисковъ, при этомъ непременно будетъ и нѣкоторая потеря свѣта вслѣдствіе отраженія и поглощенія.

Чтобы убѣдиться въ томъ, насколько теплый воздухъ, исходящій отъ тѣла наблюдателя, можетъ портить изображенія, можно произвести слѣдующій простой опытъ, который я неоднократно продѣлывалъ. Я наводилъ рефлекторъ на какую-нибудь яркую звѣзду и, убравъ окуляръ, отдалялъ (или приближалъ) глазъ отъ окулярной трубки настолько, чтобы все плоское зеркальце казалось равномерно освѣщеннымъ, съ чернымъ кружкомъ его собственной тѣни въ центрѣ и затѣмъ подносилъ руку къ открытому краю трубы телескопа. Тогда на освѣщенной поверхности зеркала виднѣлась рѣзко очерченная тѣнь руки, отъ которой очень ясными, колеблющимися струями, на подобіе дыма отъ сигары, поднимался теплый воздухъ. Отсюда понятно, если рефлекторъ выносится для наблюденій изъ теплаго помѣщенія на дворъ, то зеркалу непременно надо дать время (по крайней мѣрѣ $\frac{1}{2}$ часа) остыть. Наблюдать же изъ комнаты черезъ открытое окно, конечно, нельзя и подавно.

VIII.

Отражательная способность зеркаль.

Что касается отражательной способности полированныхъ поверхностей, то цифры, выражающія эту способность въ % % зависятъ во-первыхъ, отъ вещества зеркала, во-вторыхъ, отъ угла паденія лучей и въ-третьихъ, отъ совершенства самой полировки. Для лучей разной длины волнъ различныя вещества отражаютъ не одинаково. Нижеприведенная таблица составлена на основаніи работъ Рубенса и Ганена для видимыхъ лучей свѣта (λ отъ 0,700 μ до 0,385 μ).

	λ	Серебро.	Платина.	Никель.	Золото.	Мѣдь.
Край фіолетоваго	(0,385 μ)	81,4	45,4	49,6	27,1	28,6
Синій	(0,420 μ)	86,6	51,8	56,6	29,3	32,7
Голубой	(0,450 μ)	90,5	54,7	59,4	33,1	37,0
Зеленый	(0,500 μ)	91,3	58,4	60,8	47,0	43,7
Оранжевый	(0,600 μ)	92,6	64,2	64,9	84,4	71,8
Красный	(0,700 μ)	94,6	69,0	68,8	92,3	83,4
Среднее	—	89,3	57,25	60,0	52,2	49,5

Для лучей инфра-красныхъ, т. е. съ λ большею, чѣмъ 0,700 μ , всѣ эти вещества даютъ все возрастающія цифры, для лучей же ультрафіолетовыхъ, т. е. λ меньшею чѣмъ 0,385 μ , серебро напр., оказывается весьма слабо отражающимъ. Лучи $\lambda = 0,316 \mu$ оно отражаетъ всего 4,2%; затѣмъ для еще болѣе короткихъ волнъ отражательная способность снова поднимается, но слабо, гораздо менѣе, чѣмъ у никеля, который тѣ же лучи отражаетъ еще 44%. Наименьшая отражательная способность мѣди (24,9%) и платины (14,4% относится къ лучамъ съ λ 0,326 μ), тогда какъ золото меньше всего отражаетъ лучи λ 0,385 μ .

Chant, изслѣдовавшій отражательную способность серебрянаго фильма подъ разными углами даетъ такія цифры:

	Для 5°	Для 10°	Для 20°	Для 40°	Для 60°	Для 80°
Серебро поверхъ стекла (свѣ- же-посеребренное зеркало) .	95,96	95,70	95,30	95,20	95,90	96,04
Серебро поверхъ стекла (по- тускнѣвшее послѣ 3-хъ мѣ- сяцевъ зеркало)	68,39	69,34	69,60	69,17	68,11	—
Обыкновенное комнатное зер- кало. Серебро сзади стекла. Зеркалу около 3-хъ лѣтъ .	86,75	85,99	85,62	86,69	86,16	92,39
Металлическ. серебряная пла- стинка (низшей полировки) .	66,09	65,34	65,28	65,25	66,01	72,34
Зеркальный металл (низшей полировки)	57,23	57,99	58,08	57,39	58,24	65,24

Штейнгель для угла въ 45° даетъ для:

Посеребренного зеркала 91,00%

Зеркала съ ртутной амальгамой 76,50 »

Зеркальнометаллического зеркала 68,18 »

Согласно оптическимъ таблицамъ Сильвануса Томсона зеркаль-
ный металлъ Росса отражаетъ 67⁰/₀; сплавъ же алюминія и магни-
еи—отъ 82—84⁰/₀.

Что касается отражательной способности поверхности стекла,
то таковую обыкновенно принимаютъ равной 5% R. W. Gheshire,
изслѣдовавшій подробно этотъ вопросъ даетъ 5,22%, при чемъ за-
мѣчаетъ, что ярче полированное стекло и отражаетъ нѣсколько бо-
лѣ свѣта ¹⁾. Сильванусъ Томсонъ опредѣляетъ отражательную спо-
собность стекляннаго листа для лучей, падающихъ перпендикулярно
въ 8,7⁰/₀.

¹⁾ Proceedings of the optical convention 1912 London стр. 34—40. Потеря
свѣта въ линзахъ вслѣдствіе абсорбціи равна 2,4% на каждый сантиметръ
толщины линзъ.

IX.

Матерьяль для зеркаль.

Матерьяломъ для зеркаль въ настоящее время почти исключи-
тельно служитъ стекло. Собственно говоря, отражающая поверхность
зеркаль и до сихъ поръ металлическая, такъ какъ отражаетъ свѣтъ
слой серебра. Но серебро, какъ извѣстно, не способно отражать
ультрафіолетовые лучи и поэтому на стекло осаждаютъ для этой
цѣли иногда никкель, какъ это дѣлалъ проф. Wood или попросту
прибѣгаютъ къ зеркаламъ изъ зеркальнаго металла. Махъ, какъ
извѣстно, изобрѣлъ сплавъ высокой отражаемости для ультрафіоле-
товыхъ лучей, но, къ сожалѣнію, зеркала изъ этого сплава выхо-
дятъ губчатой поверхности и намъ не приходилось слышать, чтобы
гдѣ-нибудь въ телескопахъ такія зеркала примѣнялись. Зеркальный ме-
талъ отражаетъ не болѣе 67% свѣта, но по словамъ д-ра Шредера,
послѣ нѣкотораго ослабленія въ теченіе первыхъ лѣтъ, яркость по-
лировки его не измѣняется затѣмъ въ теченіе періода долѣе, чѣмъ
человѣческая жизнь. Лучшимъ доказательствомъ справедливо-
сти этого могутъ служить зеркала Шорта, которыя не утратили своей
яркости, спустя 150 лѣтъ послѣ изготовленія ¹⁾. Конечно, захватан-
ное пальцами и такъ оставленное зеркало или подверженное дѣй-
ствію кислотъ неизбѣжно потускнѣетъ и потребуетъ новой поли-
ровки. Поэтому лицамъ, у которыхъ имѣются телескопы съ метал-
лическими зеркалами, слѣдуетъ бережно хранить ихъ, въ случаѣ же
замѣченнаго потускнѣнія или слѣдовъ отъ рукъ на зеркалѣ, его от-
нюдь не слѣдуетъ протирать или чистить. Слѣдуетъ въ этомъ слу-
чаѣ взять пять капель *крьпкаю* нашатырнаго спирта на 28 куб. сант.
дистиллированной воды, въ которую прибавить немного чистаго (не де-

¹⁾ Авторъ лично убѣдился въ этомъ на двухъ рефлекторахъ работы
Джемса Шорта, хранящихся въ музеѣ при Пулковской обсерваторіи

натурата) алкоголя и этой смѣсью осторожно промывать поверхность при помощи тампончика изъ гигроскопической ваты. Послѣ этого оно станетъ снова яркимъ.

Такъ какъ металлическія зеркала окончательно еще не отжили свой вѣкъ, то мы скажемъ сперва нѣсколько словъ и о зеркальномъ металлѣ. Рецептовъ сплавовъ зеркальнаго металла имѣется довольно много и въ большинствѣ изъ нихъ главными составляющими частями является мѣдь и олово. Въ старину добавляли еще немного мышьяку, полагая, что это способствуетъ большей долговѣчности полировки. Вотъ нѣсколько рецептовъ:

№ 1. 32 части мѣди, 15 частей олова, 1 часть латуни и 1 часть серебра. На каждые 2 фунта металла $6\frac{1}{2}$ золотниковъ мышьяку. (Старинный рецептъ Эдуарса). Ни мышьяка, ни латуни, какъ содержащей цинкъ, теперь уже не употребляютъ.

№ 2. 4 части мѣди на 1 часть олова. Изъ этого сплава построено зеркало знаменитаго 4-хъ футов. Мельбурнского рефлектора.

№ 3. Серебра 25%, никкеля 32%, мѣди 43%.

№ 4. Мѣди 68%, магнѣзіи 18%, цинка 13%, алюминія 1%. По отражательной способности сплавъ этотъ равенъ серебру.

№ 5. 4 части желѣза, 2,275 част. мѣди, 1,725 част. алюминія. Сплавъ невѣроятной твердости, но очень трудно приготовить.

Изъ приведенныхъ рецептовъ наиболѣе простой и доступный для любителей, конечно, сплавъ № 2. Чтобы отлить изъ него зеркало раньше всего вытачивается деревянная модель, причемъ, если зеркало предполагается короткофокусное, т. е. значительно углубленное, то углубленіе это должно быть сдѣлано уже и на модели. Затѣмъ модель эта, какъ обыкновенно, окрашенная масляной или лаковой краской, формуется въ формовочной землѣ лицевую сторону внизъ. Для успѣха отливки воронка, въ которую будетъ вливаться металлъ, должна быть заполнена также металломъ по вѣсу, равному $\frac{2}{3}$ вѣса всего зеркала, тогда какъ въ отдушину металлъ долженъ подняться настолько, чтобы вѣсъ этой поднявшейся части равнялся приблизительно $\frac{1}{3}$ вѣса зеркала. Стало быть, вылито должно быть металла вдвое больше, чѣмъ нужно на само зеркало. Отливка зеркала дѣлается не сразу, а сперва готовится сплавъ. Раньше всего расплавляется мѣдь въ графитовомъ тиглѣ подъ слоемъ древеснаго угля, который предохраняетъ ее отъ всякаго окисленія. Затѣмъ въ отдѣльномъ сосудѣ плавится олово, послѣ чего оно вливается въ мѣдь и тщательно размѣшивается палкой а затѣмъ все выливается въ слитокъ. Послѣ остыванія, которое должно производиться очень медленно, сплавъ изслѣдуется ударами молотка. Если отбитый кусокъ даетъ въ изломѣ прекрасный серебрянный цвѣтъ, то сплавъ годится для отливки. Тогда его снова расплавляютъ и отливаютъ уже въ форму

(рис. 18). По затвердѣніи отливку освобождаютъ изъ формы и лишніе выступы воронки и отдушины легко сбиваютъ ударомъ молотка, пока отливка еще очень горячая, послѣ чего зеркало опускаютъ въ кучу толченаго кокса или порошка древеснаго угля, гдѣ и оставляютъ его остывать. Четырехъ-дюймовое зеркало требуетъ для этого приблизительно около 6 часовъ. До полного остыванія зеркало не слѣдуетъ вынимать изъ угля, а при надобности попробовать его температуру: это слѣдуетъ дѣлать, просовывая въ угольную кучу руку.

Отлитое такимъ образомъ зеркало не уступаетъ въ твердости инструментальной стали. Спустя *нѣсколько дней* окалина на зеркалѣ обтачивается на токарномъ станкѣ и очищенное такимъ образомъ зеркало послѣ нѣсколькихъ дней покоя снова нагрѣвается до-красна и очень медленно охлаждается въ закрытомъ муфелѣ или въ угольной кучѣ. Между всѣми процедурами должны протекать значительные промежутки времени въ зависимости конечно отъ величины зеркала, такъ какъ всѣ металлы, которые должны имѣть очень точную форму, требуютъ длиннаго періода отдыха между различными операціями. Иными словами, зерна металла постепенно мѣняютъ свое положеніе по отношенію другъ къ другу и тѣмъ обуславливаютъ перемѣну и въ общей формѣ предмета. Перемѣны эти конечно ничтожны, но для такой деликатной вещи, какъ поверхность зеркала, онѣ уже имѣютъ значеніе. При изготовленіи напр., зеркала изъ сплава № 4 ¹⁾, послѣ отливки дискъ долженъ обтачиваться, спустя мѣсяцъ. Послѣ этого долженъ пройти промежутокъ въ 3 мѣсяца до начала шлифованія и приблизительно столько же до начала полированія, такъ какъ отпусканіе натяженія въ отливкѣ происходятъ очень постепенно.

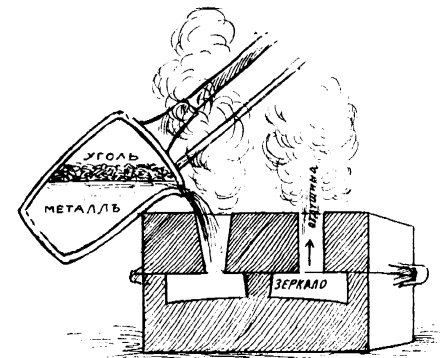


Рис. 18.

Что касается стекла для зеркалъ телескоповъ, то разумѣется, самымъ подходящимъ слѣдуетъ признать лучшее оптическое стекло, какъ имѣющее наибольшую однородность и, стало быть, дающее наибольшую гарантію сохранности фигуры зеркала при перемѣнахъ

¹⁾ Сплавъ этотъ довольно трудно хорошо приготовить. Сперва расплавляется подъ толстымъ слоемъ зернистаго древеснаго угля магнѣзія, затѣмъ послѣдовательно прибавляется мѣдь, алюминій и цинкъ. Когда все расплавится — тщательно размѣшать и вылить въ болванку. Для отливки болванка снова переплавляется.

температуры. Большія оптическія фирмы какъ Цейсъ, Штейнгейль и др. и готовятъ зеркала изъ такого стекла. Небольшихъ однако размѣровъ зеркала съ успѣхомъ могутъ быть изготовлены и изъ обыкновеннаго, но только хорошо отожденного стекла. Диски въ 6—7 дюймовъ и толщиной $\frac{3}{4}$ —1 дюймъ, вырѣзаемые изъ зеркальнаго стекла и извѣстные подъ именемъ иллюминаторныхъ стеколъ, очень часто попадаютъ въ достаточной степени однородные. Но во всякомъ случаѣ такіе диски полезно все-таки изслѣдовать въ поляризованномъ свѣтѣ на слоистость, такъ какъ неоднородный кусокъ стекла можетъ испортить всю работу и свести на нѣтъ весь приложенный къ нему трудъ. Поверхность въ такомъ зеркалѣ если и получится болѣе или менѣе правильная, то отъ перемены температуры она деформируется и зеркало становится совершенно никуда не годнымъ. Иногда оказывается, что достаточно однородный дискъ послѣ шлифованія оказывается астигматичнымъ. Дискъ, такъ сказать, коробится, послѣ того какъ съ него снята незначительная часть стекла и тѣмъ нарушено внутреннее натяженіе.

Если имѣется уже готовое параболическое зеркало, то при помощи его изслѣдовать строеніе такого диска очень удобно. Дискъ помѣщается передъ зеркаломъ и изслѣдуется совершенно такъ же, какъ при испытаніи параболическихъ зеркалъ методомъ Фуко, о которомъ будетъ сказано дальше. Тогда всѣ неоднородности сразу могутъ быть обнаружены въ видѣ темныхъ жилъ и пятенъ.

Х.

Шлифованіе и полированіе.

Если между двумя неодинаковыми по твердости поверхностями наложенъ слой какого-нибудь шлифующаго матеріала напр., наждаку, то при движеніи этихъ поверхностей одной поверхъ другой, зерна этого матеріала могутъ имѣть тройное дѣйствіе. Во-первыхъ, зерна вонзаются въ болѣе мягкую поверхность, во-вторыхъ, катаются между обѣими поверхностями и, въ-третьихъ, скользятъ между ними. Тѣ зерна, которыя застряли въ мягкую поверхность, не шлифуютъ ее и шлифуютъ очень мало твердую поверхность. Имъ препятствуютъ дѣйствовать тѣ грубыя зерна которыя катаются и скользятъ между поверхностями. Тѣ, которыя катаются, тоже собственно мало шлифуютъ. Наибольшее же шлифующее дѣйствіе производятъ тѣ, которыя скользятъ между двумя поверхностями. Обыкновенно шлифовальная чашка всегда дѣлается изъ болѣе мягкаго матеріала, чѣмъ стекло, поэтому

треніе между ея поверхностью и шлифующими зернами гораздо больше, чѣмъ между этими зернами и стекломъ. Поэтому же они частью пристають къ чашкѣ, которая и двигаетъ ихъ по поверхности стекла. Отсюда не трудно заключить о наивыгоднѣйшихъ условіяхъ нужныхъ для шлифованія: нужно брать не слишкомъ мало наждаку, такъ какъ тогда будетъ недостаточно шлифующихъ зеренъ и не слишкомъ много, такъ какъ тогда зерна вмѣсто шлифованія стекла будутъ кататься одно по другому, раздавливаясь и размельчаться. Нужно брать столько шлифующаго матеріала, чтобы образовался лишь одинъ слой зеренъ.

Если мы будемъ притирать двѣ одинаково сферическихъ поверхности выпуклую и вогнутую, то онѣ будутъ имѣть тенденцію сохранить эти свои сферическія поверхности, потому что сферическая поверхность есть единственная, у которой радіусъ всегда одинаковъ. Если мы насыпемъ между ними слой *сухой* шлифующаго порошка, то и тогда поверхность не измѣнитъ своей формы. Если же между ними помѣстить слой мокраго порошка, то поверхности не долго останутся сферическими и сошлифуются больше въ центрѣ и по краямъ, чѣмъ въ промежуточной зонѣ. По этому-то на одной изъ поверхностей, именно на поверхности шлифовальной чашки и необходимы фасетки, т. е. вся она пересѣкается желобками, о чемъ будетъ сказано дальше. Ясно, что, чѣмъ сильнѣе нажатіе или вращеніе, тѣмъ сильнѣе происходитъ стачиваніе шлифуемаго предмета. Отсюда слѣдуетъ, что если намъ нужно пришлифовать какую-либо поверхность точно по образцу другой поверхности, то мы должны всѣ элементы шлифуемой поверхности подвергать одинаковому дѣйствію шлифующаго матеріала, т. е. и одинаковому нажатію, и одинаковой скорости движенія. Поэтому никогда напр., нельзя получить вѣрной сферической поверхности, если къ выпуклой шлифовальной чашкѣ только прижимать кусокъ стекла. Скорость вращенія такой чашки у краевъ больше, нежели въ центрѣ и потому края сошлифуются скорѣе центра.

Сообразно съ крупнотой зеренъ получаютъ и ямки въ шлифуемомъ стеклѣ, но ямки эти, разумѣется, никогда не могутъ быть равны даже половинѣ величины зеренъ, а значительно меньше. Вторая шлифовка болѣе мелкимъ порошкомъ имѣетъ цѣлью сгладить выступы краевъ этихъ ямокъ, имѣющіе въ общемъ видъ крошечныхъ горокъ. Такъ какъ общая поверхность выступающихъ вершинъ этихъ горокъ гораздо меньше, чѣмъ общая поверхность углубленій, то слѣдующая шлифовка должна производиться порошкомъ только нѣсколько менѣе крупнымъ, чѣмъ первая. Очень мелкій порошокъ, зерна котораго могутъ умѣститься въ углубленія ямокъ, хотя и будетъ снимать вершины горокъ, но очень быстро будетъ самъ притупляться.

Послѣдующія, все болѣе и болѣе мелкія зерна шлифующаго порошка все болѣе и болѣе сглаживаютъ поверхность до тѣхъ поръ, пока она не получитъ самый нѣжный матъ, послѣ чего можно приступать къ полированію.

Полированіе производится крокусомъ, трепеломъ, жженымъ оловомъ и проч. порошками получающимися не отъ дробленія, а чисто химическимъ путемъ. Порошекъ этотъ обыкновенно удерживается какимъ-нибудь сравнительно со шлифуемымъ предметомъ мягкимъ матеріаломъ напр., варомъ, воскомъ, шелкомъ, бумагой, сукномъ, деревомъ и пр. При полированіи полирующей матеріалъ работаетъ нѣсколько иначе, нежели шлифующій. Здѣсь частицы полирующаго порошка удерживаются неподвижно въ полировальникѣ и, стало быть, онѣ бороздятъ поверхность. Но борозды эти такъ ничтожны, что ихъ нельзя уже видѣть ни въ какой микроскопъ: онѣ гораздо меньше длины свѣтовой волны.

Быстрѣе всего происходитъ полировка сукномъ, но это происходитъ оттого, что сукно будучи эластичнымъ полируетъ не только выступы, но и углубленіе въ стеклѣ, тогда какъ варъ не будучи эластичнымъ, полируетъ обыкновенно только выступы. При полированіи варомъ иногда кажется, что работа не идетъ впередъ или подвигается очень медленно въ теченіе нѣсколькихъ часовъ. Иногда матъ на стеклѣ очень долго не исчезаетъ, потомъ вдругъ сразу стекло становится отполированнымъ. Это происходитъ тогда, когда всѣ выступы горки на стеклѣ снимутся, наконецъ, до основанія.

Степень сниманія стекла при шлифовкѣ и полировкѣ напр., при работѣ 8-дюймовой линзы, въ дюймъ толщиною, Г. Грѣббъ иллюстрируетъ такой діаграммой: если снятый грубой шлифовкой слой изобразить полосой, шириною въ 25 дюймовъ, то при тонкой шлифовкѣ соответственно съ этой величиной снимается уже лишь 0,8 дюйма. при полировкѣ— $\frac{1}{50}$ дюйм. и при фигураціи и мѣстной полировкѣ всего—0,0001 д. ¹⁾).

Собственно говоря, положительно утверждать, что полирующей матеріалъ именно бороздитъ и снимаетъ стекло, мы не можемъ. Лордъ Райле, изслѣдовавшій этотъ вопросъ ²⁾, склоняется къ тому мнѣнію, что при полировкѣ происходитъ не только снятіе выступающихъ частей поверхности, но и заполненіе углубленныхъ частей ея. Крокусъ, отрывая молекулы стекла отъ однихъ частей переноситъ

¹⁾ Telescopic objectives and mirrors; their preparation and testing by Howard Grubb.

²⁾ Докладъ Лорда Райле на засѣданіи Британской оптической конвенціи: 1905 г. British journal of Photography 1905.

ихъ къ другимъ. Иначе говоря, происходитъ такое сглаживаніе поверхности, какое получается на металлѣ отъ дѣйствія по немъ гладильникомъ.

Различный матеріалъ различно поддается полировкѣ. Такъ напр., мягкое стекло никогда не можетъ быть такъ ярко отполировано, какъ очень твердое.

Поверхность, предназначенная для отраженія или преломленія лучей голубыхъ или фіолетовыхъ должна быть сильнѣе отполирована, чѣмъ поверхность, предназначенная для лучей напр., желтыхъ или красныхъ. Но какъ бы то ни было, заканчивая это разсужденіе о полированіи, мы считаемъ умѣстнымъ привести здѣсь слова того же Лорда Райле, который утверждаетъ, что несовершенству полировки поверхности всегда слѣдуетъ предпочитать точность оптической фигуры. Это очень важно для любителей, которые въ погонѣ за яркостью полировки, часто утрачиваютъ вѣрность оптической поверхности. Мы не хотимъ, конечно, сказать, что не слѣдуетъ стремиться къ абсолютной яркости полировки, отъ которой въ значительной степени зависитъ степень свѣтосилы и черноты поля, но что главнымъ образомъ надо стремиться къ достиженію возможно точной кривой.

XI.

Изготовленіе вогнутого зеркала для ньютоновскаго рефлектора ручнымъ способомъ.

Зеркало ньютоновскаго рефлектора, когда оно не посеребрено, похоже по внѣшнему виду на плоско-вогнутую линзу, у которой одна только, именно вогнутая сторона отполирована. Поэтому и изготовленіе такой линзы можетъ, собственно говоря, происходить такимъ же обычнымъ путемъ, какой принятъ для этого въ оптической техникѣ. Заданнымъ радіусомъ вырѣзывается изъ цинковаго или латуннаго листа лекало, по лекалу вытачиваются металлическія шлифовальныя чашки—выпуклая и вогнутая; чашки эти тщательно пришлифовываются, затѣмъ на выпуклой чашкѣ дѣлаются напильникомъ углубленія, раздѣляющія всю поверхность ея на квадратики, и затѣмъ на этой чашкѣ получается уже углубленіе въ стеклянномъ дискѣ при помощи шлифовальной машины или руками. Конечно, если мы начнемъ сразу шлифовать на выпуклой чашкѣ стеклянный плоскій дискъ, мы испортимъ правильную форму нашей чашки, поэтому предварительное, грубое углубленіе въ стеклѣ слѣдуетъ производить напр., хотя бы на свинцовомъ дискѣ, который легко сдѣлать слегка выпуклымъ, ударивъ по немъ въ центральной части нѣсколько разъ мо-

лоткомъ. Если онъ сошлифуется раньше времени, то его снова можно приблизительно исправить такими же ударами молотка.

Получивъ такимъ образомъ приблизительное углубленіе въ стеклѣ, мы уже можемъ перейти къ шлифованію на чашкѣ. При изготовленіи очень короткофокуснаго зеркала, когда углубленіе въ стеклѣ значительное, выгодно заключить стекло въ патронъ токарнаго станка и проточить это углубленіе по лекалу алмазнымъ рѣзцомъ.

Но для шлифованія на металлической чашкѣ, какъ видитъ читатель, необходимъ токарный станокъ, поэтому я не стану подробно останавливаться на этомъ способѣ, а перейду къ тому простому и не требующему никакихъ станковъ или дорогихъ приспособленій способу, которымъ можно изготовлять прекрасныя небольшія дюймовъ до 8—9 діаметромъ зеркала для ньютоновскаго рефлектора.

У рефракторовъ нормальнымъ отношеніемъ діаметра (d) объек-

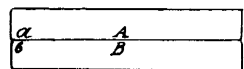


Рис. 19.

тива къ фокусной длинѣ (f) принято отношеніе 1:15, у рефлекторовъ же самымъ удобнымъ считается—1:9. При отношеніяхъ большихъ напр., 1:10 или 1:12, т. е. при удлинении фокуса зеркала, параболизация достигается, собственно говоря, нѣсколько легче, но зато инструментъ будетъ не столь свѣтосиленъ.

При уменьшеніи же отношенія, т. е.

при отношеніи 1:8 или 1:7 трудность параболизации и вообще достиженія совершенства фигуры зеркала возрастаетъ въ значительной степени; если же отношеніе это становится 1:6, то трудность эта достигаетъ столь высокой степени, что мы не рекомендуемъ затѣвать такую работу начинающимъ и безъ помощи шлифовальныхъ чашекъ. При нормальномъ же отношеніи 1:9 для зеркала скажемъ въ $6\frac{1}{2}$ дюймовъ f будетъ равно 144 сант. а углубленіе въ стеклѣ всего—около 1,2 мм. Это—столь небольшое углубленіе, что для полученія его мы можемъ обойтись безъ всякихъ шлифовальныхъ чашекъ. Для этого намъ нужно имѣть лишь два совершенно одинаковыхъ стеклянныхъ диска. Если мы, укрѣпивъ одинъ изъ нихъ горизонтально, нанесемъ на него слой какого-нибудь шлифующаго матеріала, напр., наждака, и затѣмъ, положивъ на него второй дискъ, станемъ водить этимъ послѣднимъ взадъ и впередъ, то у насъ верхній дискъ будетъ стачиваться больше въ серединѣ, а нижній—больше съ краевъ. Дѣйствіе это легко понять изъ рис. 19. Верхняя часть рисунка изображаетъ сѣченіе дисковъ, сложенныхъ вмѣстѣ, а нижняя—моментъ, когда верхній дискъ наиболѣе сдвинутъ. Отодвигая верхній дискъ, мы легко можемъ замѣтить, что край его a только одинъ мо-

ментъ подвергался дѣйствию наждака, тогда какъ край b нижняго диска все время при движеніи и влѣво и вправо находится подъ дѣйствіемъ шлифующаго матеріала. Кромѣ того по мѣрѣ сдвиганія диска онъ все сильнѣе и сильнѣе нажимаетъ на край b нижняго диска и наибольшее нажатіе это происходитъ при приближеніи центра верхняго диска A къ краю b . Въ концѣ концовъ диски наши сошлифуются такъ, какъ показано на рис. 20.

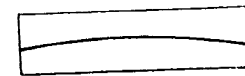


Рис. 20.

Всякому начинающему шлифовать зеркало для рефлектора прежде всего можно рекомендовать не приниматься сразу за большія зеркала, а начинать съ небольшихъ—такъ, діаметромъ отъ $5\frac{1}{2}$ до $6\frac{1}{2}$ дюймовъ, такъ какъ зеркала относительно большихъ размѣровъ, дюймовъ около 12-ти, изготовить болѣе или менѣе точно начинающему едва ли доступно.

При шлифованіи такихъ размѣровъ зеркала въ процессъ работы вступаетъ новый, уже замѣтный факторъ—вѣсъ самага стекляннаго диска и происходящее вслѣдствіе этого большое давленіе на чашку—особенно при тонкой шлифовкѣ и полировкѣ. И кромѣ того, это весьма утомительная работа.

Раньше всего мы должны раздобыть пару стеклянныхъ дисковъ и самыми подходящими и недорогими будутъ служить такъ называемыя иллюминаторныя стекла. Такія стекла продаются вѣроятно во всѣхъ самыхъ крупныхъ и особенно приморскихъ городахъ Россіи, такъ какъ употребляются они главнымъ образомъ для иллюминаторовъ на судахъ. Въ Петроградѣ такія стекла имѣются во многихъ большихъ стекольныхъ магазинахъ и фирма Карнѣва (Садовая ул. 27) прислала мнѣ даже цѣлый прейскурантъ такихъ стеколъ, изъ котораго я привожу нѣкоторыя цѣны. Пара иллюминаторныхъ стеколъ съ фасками и полированными краями діаметромъ отъ $5\frac{1}{2}$ до 7 дюймовъ при толщинѣ въ $\frac{3}{4}$ д. стоитъ 4 р. 32 коп., при толщинѣ въ 1 дюймъ—5 р. 13 коп.; отъ $7\frac{1}{2}$ до $8\frac{1}{2}$ дюймовъ при толщинѣ въ 1 д.—8 р. 10 коп. и т. д. Кромѣ Карнѣва такія диски можно получить отъ зеркальной фабрики Безбородко, Гороховая 44. Толщина дисковъ по отношенію къ діаметру рекомендуется отъ 1:6 до 1:8 т. е. при діаметрѣ въ $6-6\frac{1}{2}$ д. толщина должна быть отъ 1 до $\frac{3}{4}$ дюйма. Болѣе тонкіе диски не годятся, такъ какъ они уже замѣтно гнутся. Мнѣ, впрочемъ, удалось изготовить одно очень хорошее въ $6\frac{1}{2}$ дюймовъ зеркало изъ диска всего въ 16 мм. толщиною, но тѣмъ не менѣе, повторяю, слѣдуетъ брать диски толщиной лучше въ $\frac{1}{2}$ дюйма діаметра. Диски эти имѣютъ фаски, т. е. края ихъ обточены не остро, а скошены миллиметра на два подъ угломъ примѣрно въ 45° . Эта скошенность имѣетъ большое значеніе. На верхнемъ дискѣ, ко-

торый отшлифуется вогнутымъ, она обыкновенно сохранится; на нижнемъ же вслѣдствіе большаго стачиванія краевъ, она часто скоро сошлифовывается и вслѣдствіе этого край становится острымъ. Этого допускать не слѣдуетъ, такъ какъ острый край можетъ отколоться и испортить поверхность зеркала. Поэтому, когда фаска сошлифуется, ее слѣдуетъ возобновить. Это не трудно сдѣлать обыкновеннымъ оселкомъ, обильно смачиваемымъ водою.

Прекраснымъ шлифовальнымъ столомъ можетъ служить крѣпкій и достаточно высокій боченокъ. Если его на $\frac{1}{3}$ или наполовину засыпать внутри пескомъ для приданія ему тяжести и надлежащей неподвижности, то такой «столъ» не оставляетъ желать лучшаго. При первыхъ моихъ работахъ я съ успѣхомъ пользовался просто большимъ деревяннымъ ящикомъ, который скрѣпилъ по діагонали доской и поставилъ его стоймя, наваливъ на дно его около 3—4 пудовъ камней. Потомъ я сдѣлалъ себѣ специальный шлифовальный столъ, устройство котораго настолько просто и несложно, что я приведу краткое описаніе его. Это—треножникъ. Верхняя доска его склеенная изъ трехъ полудюймовыхъ досокъ имѣетъ фигуру шестиугольника, сторона котораго равна приблизительно $6\frac{1}{2}$ д. Къ этой доскѣ снизу, при помощи большихъ оконныхъ петель привинчены три ноги-доски, связанныя другъ съ другомъ поперечными досками; каждая нога имѣетъ внизу желѣзную полосу, черезъ которую и привинчивается къ полу маленькимъ винтомъ. Шестиугольникъ аккуратно и плоско оструганъ и на него, какъ футляръ, одѣвается коробка изъ тонкаго цинка, всѣ шесть сторонъ которой загнуты образуя вокругъ верхушки стола желобокъ. Въ одномъ мѣстѣ въ желобкѣ продѣлана дыра, черезъ которую проливаемая на столъ вода со всякой грязью, свободно стекаетъ въ подставляемый подъ столъ горшокъ. Отвинтивъ перекладки отъ ножекъ, такой столъ можно складывать и занимаетъ онъ очень мало мѣста.

Предназначенный для чашки дискъ помѣщается какъ разъ въ центрѣ стола, поверхность котораго должна быть во всякомъ случаѣ достаточно ровной, въ противномъ случаѣ на столъ раньше привинчивается какая-нибудь доска и дискъ располагается уже на доскѣ. 4—5 обыкновенныхъ пивныхъ пробокъ, срѣзанныхъ настолько, чтобы онѣ были по крайней мѣрѣ на $\frac{1}{4}$ дюйма ниже толщины диска, плотно привинчиваются со всѣхъ сторонъ его въ столъ или доску, и удерживая такимъ образомъ дискъ совершенно неподвижно, позволяютъ въ случаѣ надобности вынуть его для очистки и промывки. Къ диску же, предназначенному для самаго зеркала, мы должны придѣлать ручку, за которую его можно будетъ брать, такъ какъ и во время шлифованія, и особенно во время полированія за стекло не слѣдуетъ брать

руками. Ручка эта изговляется такъ. Изъ доски толщиной $\frac{3}{4}$ —1 д. вытачивается кругъ, діаметромъ равный $\frac{2}{3}$ діаметра зеркала, при чемъ одинъ край этого круга полезно сдѣлать достаточно закругленнымъ, въ противномъ, случаѣ т. е. оставаясь острымъ, онъ сильно будетъ давить на руку. Въ центрѣ этого кружка просверливается углубленіе, и въ него уже крѣпко вставляется собственно ручка, которая должна быть по возможности короткой. Съ обратной стороны ручка эта прихватывается винтомъ (рис. 21). Весь этотъ держатель за исключеніемъ той стороны, которой онъ будетъ

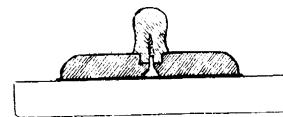


Рис. 21.

приклеенъ къ стеклу, полезно выкрасить масляной или лаковой краской, или пропитать парафиномъ, раствореннымъ въ бензинѣ, такъ какъ отъ влаги дерево можетъ покоробиться и даже согнуть слегка стекло. Прежде чѣмъ приклеить его къ стеклу, слѣдуетъ заднюю поверхность диска сдѣлать слегка матовой, чего, конечно, можно достигнуть въ нѣсколько минутъ при помощи щепотки наждака или карборундума и куска стекла, мѣди или цинка. Передъ наклеиваніемъ слѣдуетъ эту заматированную поверхность въ мѣстѣ приклеиванія деревяннаго кружка слегка смазать скипидаромъ. Если этого не сдѣлать, то въ одинъ прекрасный день стекло можетъ отскочить отъ ручки и мы рискуемъ его испортить. Для приклеиванія служитъ обыкновенный сапожный варъ, который продается въ кожевенныхъ лавкахъ въ полуфунтовыхъ пакетикахъ изъ желтой бумаги, снабженныхъ финской надписью, цѣною по 15 коп. за фунтъ или за два пакетика. Такъ какъ такой варъ все-таки нѣсколько мягокъ и уже при комнатной температурѣ обладаетъ замѣтной, хотя и весьма медленной текучестью, то къ нему нужно прибавить немного ($\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{4}$) обыкновенной канифоли. Растопивъ на медленномъ огнѣ въ какой-нибудь (отнюдь не паянной) посудинѣ сперва канифоль, добавляемъ затѣмъ къ ней соответственное количество вара. Такъ какъ варъ при этомъ отдѣлится отъ бумаги невозможно, то удобнѣе всего поступать такъ. Разломивъ пакетъ пополамъ, опускаемъ его въ посуду разломанной стороной внизъ, предоставляя вару расплавляться и вытекать изъ пакета, послѣ чего бумагу можно выбросить вонъ. Нагрѣвъ слегка середину нашего диска наливаемъ на нее нашего расплавленного состава и быстро прижимаемъ къ нему держатель, стараясь расположить его совершенно центрально по отношенію къ диску, чего можно достигнуть при помощи циркуля или прокатываніемъ нашего диска по гладкой поверхности стола и исправляя неточность, пока варъ еще не застылъ. Считаю полезнымъ прибавить здѣсь, что при послѣднихъ своихъ работахъ я нашелъ цѣлесообразнѣе приклеивать держатель не сплошь весь къ

стеклу, а только нѣкоторыми частями его поверхности. Для этого я вырѣзывалъ изъ писчей бумаги кружокъ, равный по діаметру деревянному кружку держателя, складывалъ его пополамъ, затѣмъ еще пополамъ и т. д., чтобы получился изъ этого кружка секторъ въ $\frac{1}{8}$ его окружности и затѣмъ вырѣзывалъ изъ сторонъ его полукружки. Развернувъ затѣмъ этотъ кружокъ я получалъ на немъ рядъ одинаковыхъ и симметрично расположенныхъ отверстій. Расплавленный варъ въ этомъ случаѣ я наливалъ не на стекло, а на держатель; на стекло же клался центрально этотъ бумажный кружокъ съ отверстиями и держатель центрально прижимался къ диску. Такое приклеиваніе удобнѣе потому, что еще въ большей степени гарантируетъ дискъ отъ деформированія, если держатель станетъ коробиться. Къ тому же при такомъ способѣ приклеиванія легче потомъ и отдѣлать его отъ стекла. Укрѣпивъ такимъ образомъ держатель центрально, оставляемъ его на нѣсколько минутъ (10—15) въ сторонѣ, пока варъ не затвердѣетъ.

Шлифующимъ матеріаломъ, какъ уже говорилось, служить либо наждакъ, либо карборундумъ. Какъ тотъ такъ и другой матеріалъ имѣетъ и свои достоинства и свои недостатки. Наждакъ шлифуетъ въ 6 разъ медленнѣе карборундума, но зато послѣдній, обладая твердостью 9 (у наждака только 8), имѣетъ такія острые и крѣпкія зерна, что онѣ иногда вбиваются въ стекло, какъ гвозди въ дерево и, выпадая уже иногда при тонкой шлифовкѣ оставляютъ маленькія ямочки заполняющіяся измелченнымъ стекломъ, которыя потомъ на уже гладкой, готовой къ полировкѣ, поверхности кажутся бѣлыми точками. При работѣ съ наждакомъ этого не бываетъ; не бываетъ и того, что при тонкой шлифовкѣ вдругъ освобождается засѣвшее въ стекло зерно карборундума и начинаетъ царапать уже гладкую поверхность. Но не взирая на это, все-таки хоть первую грубую шлифовку, имѣющую цѣлью получить углубленіе въ дискѣ, удобнѣе, а главное гораздо скорѣе, производить карборундумомъ. Надо замѣтить, что при шлифованіи стекломъ по стеклу, механизмъ работы не похожъ на тотъ, какой описанъ въ главѣ «Шлифованіе и полированіе». Здѣсь именно происходитъ катаніе зеренъ между двумя поверхностями, ихъ дробленіе и одновременно дробленіе стекла, такъ что въ общемъ процессъ похожъ на работу камнетесовъ. Вслѣдствіе дробленія зеренъ онѣ быстро расходуются и потому, повторяю, наждакомъ получать углубленіе очень долго. Продается карборундъ (Техническая контора Гольцаугеръ, Аптекарскій пер. 4. Петроградъ) такъ же, какъ и наждакъ, разныхъ номеровъ и для шлифованія зеркала слѣдуетъ брать №№ 60, 120, 200 (просѣянный карборундумъ), затѣмъ— 1 минутный, 5-ти минутный и 10-ти минутный (отмученный карбо-

рундумъ). Въ продажѣ имѣются и еще болѣе тонкіе сорта, именно 30-ти и 60-ти минутные, но этихъ послѣднихъ можно и не приобретать, такъ какъ цѣна его довольно высокая : 90 коп. фунтъ отмученнаго и 70 коп. просѣяннаго. Для тонкой же шлифовки сортовъ этихъ требуется ничтожное количество, такъ напр., 60-ти минутнаго менѣе горошины; кромѣ того при долгомъ и тщательномъ шлифованіи даже 10-ти минутнымъ уже можно получить поверхность достаточно гладкую и пригодную для полировки. Больше всего расходуется при работѣ, конечно, № 60 карборундума ¹⁾, и все-таки при этомъ карборундумъ обойдется дешевле наждака, который стоитъ 40 коп. за фунтъ, но котораго пойдетъ зато гораздо больше. Болѣе тонкіе сорта наждака можно получить изъ отработаннаго матеріала, отмутивъ его. Отмучиваніе производится слѣдующимъ образомъ. Насыпавъ въ какую-нибудь высокую и сравнительно узкую стеклянную банку отработаннаго наждака, наливаютъ въ нее воды столько, чтобы уровень ея былъ раза въ 4—5 выше уровня наждака. Хорошенько встряхнувъ затѣмъ нѣсколько разъ сосудъ, оставляютъ его въ покой определенное число минутъ, скажемъ 5. Крупныя зерна наждака осядутъ, конечно, сразу, за нимъ—болѣе мелкія и, наконецъ, очень мелкія не успѣютъ осѣсть и по истеченіи 5-ти минутъ, такъ что вода будетъ еще мутная. Эту мутную воду осторожно сливаютъ въ другой сосудъ, при чемъ цѣликомъ всю воду сливать не слѣдуетъ, чтобы не захватить и болѣе крупныхъ частицъ. Осѣвшій въ другомъ сосудѣ уже черезъ продолжительное время наждакъ и будетъ 5-ти минутный. Взболтавъ сосудъ и отливъ изъ него грязную воду черезъ 10 минутъ покоя, получимъ 10-ти минутный наждакъ и т. д. Въ оптической техникѣ можно шлифованіе заканчивать на 40-ка минутномъ наждакѣ, но иные употребляютъ и болѣе тонкіе сорта, такъ напр., проф. Ритчи, при шлифовкѣ своего 5-ти футоваго зеркала употреблялъ еще наждакъ, отмученный послѣ 240 минутъ.

а) Шлифованіе зеркала.

Итакъ, мы приступаемъ къ грубой шлифовкѣ. Насыпавъ на нашу «чашку», т. е. нижній дискъ приблизительно около не полной чайной ложки карборундума № 60, наливаемъ, отжимая губку или тряпку, на него немного воды и, разметавъ по стеклу порошокъ пальцами болѣе или менѣе равномерно, накладываемъ на него наше «зеркало» т. е. дискъ съ ручкой центрально. Придерживая его за

¹⁾ Одного фунта карборундума № 60 мнѣ хватало на шесть зеркалъ по 6 1/2 д. діаметромъ.

ручку, мы сперва нѣсколькими круговыми движеніями распространяемъ по поверхности нижняго диска карборундумъ все равномернѣе и равномернѣе и сперва безъ всякаго нажатія, точно перетираемъ зерка. Затѣмъ, захвативъ всей правой рукой за ручку такъ, чтобы ладонь большей частью лежала на деревянномъ кружкѣ, кладемъ на этотъ кружокъ и пальцы лѣвой руки и, постепенно усиливая нажатіе, начинаемъ водить верхнимъ дискомъ по нижнему отъ себя и

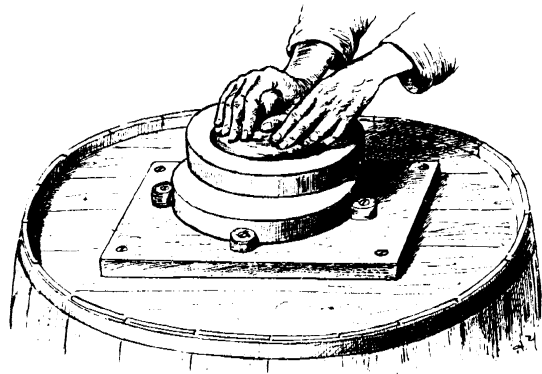


Рис. 22.

къ себѣ, наблюдая, чтобы направленіе каждаго движенія (штриха) шло черезъ центръ обоихъ дисковъ (рис. 22). Въ это же время при каждомъ штрихѣ пальцы лѣвой руки поворачиваютъ наше зеркало на небольшой, градусовъ 10 — 15 уголъ и одновременно мы сами медленно перемещаемся вокругъ стола такъ, что каждый штрихъ проходитъ по все новымъ и новымъ мѣстамъ обоихъ дисковъ. Это надо твердо помнить и отнюдь не допускать нѣсколькихъ штриховъ по одному и тому же мѣсту. Рис. 23 представляетъ путь центра верхняго диска по нижнему. Такой способъ шлифованія называется шлифованіемъ прямыми штрихами и признанъ за самый практичный. На машинахъ кромѣ такихъ штриховъ употребляютъ и движенія по эпициклоидѣ

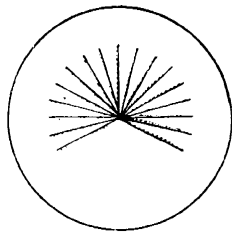


Рис. 23.

(рис. 24), но для ручной работы его рекомендовать нельзя, такъ какъ при немъ очень легко черезчуръ сошлифовать края зеркала. Длина штриховъ имѣетъ чрезвычайно важное значеніе и отъ нея собственно и зависитъ большая или меньшая точность поверхности, поэтому за длиной штриховъ слѣдуетъ особено слѣдить. Практикой признано, что наилучшая длина штриховъ для полученія наиболѣе точной сферической поверхности колеблется отъ $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{4}$ диаметра зеркала. Во всякомъ случаѣ слѣдуетъ имѣть въ виду, что болѣе длинные, чѣмъ $\frac{1}{3}$ диаметра, штрихи приводятъ къ гипер-

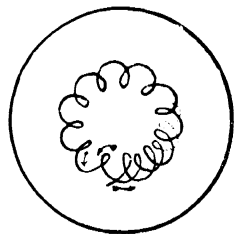


Рис. 24.

болоиду, а болѣе короткіе чѣмъ $\frac{1}{4}$ — къ сплюснутому сфероиду. Вотъ и весь механизмъ шлифованія. Вращеніе зеркала пальцами лѣвой руки и движеніе работающаго вокругъ стола, отъ которыхъ зависитъ правильное распространеніе углубленія въ зеркалѣ, начиная отъ центра къ периферіи, обыкновенно довольно скоро приобретаютъ у работающаго чисто механический характеръ. Одинаковая же и надлежащая длина штриховъ, отъ которой зависитъ точность углубленія, въ смыслѣ сферичности зеркала, дается по большей части не сразу и требуетъ нѣкотораго навыка.

Довольно громкое вначалѣ хрустѣніе стекла подъ дѣйствіемъ карборундума скоро начинаетъ ослабѣвать и поэтому мы должны снова возобновить порцію карборундума и воды, для чего отработанный порошокъ смывается съ чашки и наносится новый. Осѣвшій на краяхъ чашки карборундумъ, если онъ не размельченъ, можно собирать кусочкомъ жести и снова пускать въ дѣло. Послѣ 5—6 оборотовъ работающаго вокругъ стола полезно прерывать прямые штрихи и уже съ меньшимъ нажатіемъ произвести нѣсколько совершенно не регулярныхъ движеній, какъ показано на рис. 25. Такія движенія, между прочимъ, совершало зеркало на машинѣ лорда Росса и они особенно полезны главнымъ образомъ при тонкой шлифовкѣ и полировкѣ, такъ какъ они препятствуютъ образованію зонъ и колецъ на поверхности зеркала.

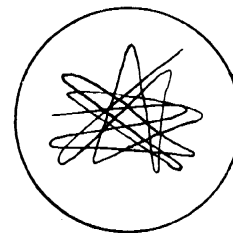


Рис. 25.

Надлежащая степень нажатія, равно какъ и достаточное количество карборундума и воды очень скоро обыкновенно постигаются изъ практики. Однако особенно нельзя рекомендовать избытка карборундума, слѣдуетъ помнить, что желательно брать его столько, чтобы онъ распространился, какъ мы уже говорили, слоемъ толщиной въ одно зерно. Избытокъ же карборундума неизбежно приведетъ къ тому, что края зеркала будутъ ставиваться больше, чѣмъ слѣдуетъ. Крупныя зерна, скатываясь къ краямъ, сильнѣе ихъ бороздятъ и въ результатѣ самый край, примѣрно около сантиметра, не взирая ни на какую послѣдующую тонкую шлифовку и полировку, останется слегка матовымъ. Чтобы избѣжать этого, я съ успѣхомъ поступалъ слѣдующимъ образомъ. Смочивъ конецъ грубой тряпки водой, я прикладывалъ его къ краю чашки, снявъ конечно зеркало, и, прижимая палецъ къ краю, быстро обходилъ вокругъ стола, аккуратно снимая такимъ образомъ карборундумъ съ края чашки примѣрно на сантиметръ или даже нѣсколько больше. Это важно дѣлать не только при грубой шлифовкѣ, но и при послѣдующихъ до самой тонкой включительно.

Тогда поверхность зеркала до самых краевъ получается абсолютно однородно гладкая.

Послѣ приблизительно 1 1/2 часовой работы грубая шлифовка у меня оканчивалась и линейка, приложенная ребромъ къ краямъ зеркала по діаметру, уже показывала углубленіе значительно болѣе одного миллиметра.

Теперь намъ нужно узнать, достаточно ли мы углубили нашъ дискъ, чтобы отношеніе діаметра его къ фокусу было близко къ 1:9. Для этого необходимо измѣрить наше углубленіе. Скорѣе и точнѣе всего это, конечно, можно сдѣлать сферометромъ, но съ вполне достаточной степенью точности можно обойтись и безъ сферометра. Для этой цѣли воспользуемся какой-нибудь ненужной книгой, лучше переплетенной, или по крайней мѣрѣ такой, у которой края гладко обрѣзаны. Узнаемъ, сколько на протяженіи одного сантиметра, приложеннаго къ толщинѣ книги, заключается страницъ. Положимъ—200. Стало бытъ листовъ будетъ 100 и стало бытъ толщина каждаго листа равна 1/10 миллиметра. Вырѣзавъ теперь небольшой пучекъ (штукъ 20) тонкихъ и короткихъ полосокъ изъ листовъ этой книги, кладемъ ихъ на центръ нашего зеркала другъ на друга столько, чтобы поставленная ребромъ по діаметру линейка опиралась плотно на нихъ и на края зеркала. Сосчитавъ затѣмъ, сколько такихъ полосокъ умѣстилось между стекломъ и линейкой, мы узнаемъ, сколько десятыхъ долей миллиметра заключается въ нашемъ углубленіи. Тогда по формулѣ элементарной геометріи находимъ радіусъ кривизны нашего зеркала, т. е. двойное фокусное разстояніе его:

$$\frac{a^2 + b^2}{2a} = x, \text{ гдѣ } a \text{—углубленіе въ миллеметрахъ, } b \text{—} \frac{1}{2} \text{ діаметра}$$

зеркала и x —двойной фокусъ зеркала. Если вычисленіе покажетъ, что фокусъ еще слишкомъ длиненъ, слѣдуетъ шлифовку продолжать и лучше, если углубленіе будетъ чуть больше, чѣмъ слѣдуетъ, такъ какъ при дальнѣйшей тонкой шлифовкѣ фокусъ слегка удлинится. Впрочемъ это усиленіе углубленія допустимо лишь при болѣе или менѣе длиннофокусныхъ зеркалахъ. При зеркалѣ же съ отношеніемъ 1:9 можно и не прибѣгать къ этому, такъ какъ легко углубить больше, чѣмъ слѣдуетъ а исправить это углубленіе довольно трудно. Нѣкоторые совѣтуютъ въ этомъ случаѣ класть на мѣсто чашки зеркало и работать поверхъ него чашкой,—кривая вогнутости тогда станетъ болѣе плоской. Я лично ни разу этотъ способъ не примѣнялъ, но полагаю, что удобнѣе въ этомъ случаѣ просто измѣнить длину штриховъ, доводя ее до 1/5, 1/6 діаметра и даже меньше.

Когда, наконецъ, углубленіе будетъ достаточнымъ, слѣдуетъ тщательно очистить весь столъ отъ насѣвшего карборундума, собирая

его кусочкомъ жести въ какую-нибудь коробку, и затѣмъ вытасивъ нашу чашку, т. е. нижній дискъ, ставшій уже выпуклымъ, тщательно промыть его. Столъ такъ же слѣдуетъ хорошенько промыть чтобы на немъ не осталось по возможности ни одного зерна карборундума № 60. Промывку зеркала и чашки удобнѣе всего дѣлать надъ какимъ-нибудь большимъ горшкомъ налитымъ водой, которая остается долгое время безъ перемѣны, чтобы температура ея была не ниже комнатной. Промывать очень холодной водой напр., подъ краномъ, въ зимнее время не слѣдуетъ, особенно при тонкой шлифовкѣ и полировкѣ, такъ какъ поверхность зеркала при этомъ очень сильно охладится и, стало-бытъ, можетъ измѣниться. Осѣдающій же на днѣ горшка карборундумъ можетъ потомъ опять пойти въ дѣло и изъ него при желаніи можно получить потомъ отмучиваніемъ очень тонкіе сорта. Если края нижняго диска сошлифовались настолько, что стали острыми, то ихъ, какъ уже говорилось, слѣдуетъ закруглить оселкомъ.

Послѣ этого приступаемъ къ шлифовкѣ болѣе мелкимъ карборундумомъ № 120, продѣлывая совершенно такія же движенія, какъ и раньше, но уже безъ столь сильнаго нажатія. Когда при разсматриваніи въ лупу мы увидимъ, что слѣды грубой шлифовки уступили мѣсто болѣе мелкой, что можетъ произойти черезъ 25—30 минутъ, т. е. приблизительно послѣ 6-ти смѣнъ порцій карборундума, мы опять все снова такъ же тщательно вычищаемъ и промываемъ. Затѣмъ приступаемъ далѣе къ слѣдующему № 200. Послѣ него къ 1 минутному, затѣмъ къ 5-ти минутному и къ 10-ти минутному. Поверхность зеркала пріобрѣтаетъ теперь пріятный нѣжный матъ, и при движеніи имъ по чашкѣ слышится только легкій звукъ вродѣ свиста. Въ случаѣ подозрительнаго скрипа, зеркало слѣдуетъ осторожно стянуть съ чашки (поднять его вслѣдствіе слипанія прямо-таки невозможно) и тщательно очистить. При тонкой шлифовкѣ—нажатія почти никакого, штрихи должны быть короче чѣмъ 1/3, скорѣе 1/4 діаметра, причемъ не слѣдуетъ забывать также и нерегулярныя движенія, а также и сниманія съ краевъ чашки избытка карборундума мокрой тряпкой. Чѣмъ тоньше номеръ карборундума или наждака, тѣмъ рѣже приходится возобновлять его порціи, и для очень тонкихъ сортовъ обыкновенно бываетъ довольно одной и очень небольшой порціи, которой зато слѣдуетъ работать подольше. А чтобы она не такъ скоро высыхала, можно употреблять при этомъ не воду, а слюну; небольшой плевокъ очень долго не высыхаетъ. Чѣмъ дольше работать тонкимъ сортомъ карборундума, тѣмъ звукъ при движеніи зеркала становится все слабѣе и слабѣе, зерна карборундума измельчаются больше и больше, и по краямъ чашки вмѣсто сѣровой грязи

замѣчается бѣлая—измельченное въ порошокъ стекло. Снимая обильно намоченной тряпкой съ краевъ этотъ излишекъ, при чемъ зеркало теперь уже можно и не снимать, а только отодвигать въ сторону при движеніи тряпки, мы тѣмъ самымъ кромѣ всего еще способствуемъ увлажненію шлифующаго слоя, который становится, наконецъ, такъ тонокъ, что при достаточно долгой работѣ 10-ти минутнымъ карборундумомъ поверхность получается уже готовой къ полировкѣ. Скорѣе, конечно, она получается при употребленіи карборундума № 60. Готовая къ полировкѣ поверхность имѣетъ чрезвычайно нѣжный матъ: все зеркало кажется точно покрытымъ высохшимъ растворомъ молока съ водой и уже можетъ отражать на себѣ при косомъ положеніи довольно отчетливо пламя лампы или раму освѣщенного окна. Весь процессъ работы отъ начала грубой до конца тонкой шлифовки $6\frac{1}{2}$ дюймового зеркала занималъ у меня приблизительно 6 — 7 часовъ¹⁾. При этомъ поверхность его всякій разъ очень тщательно разсматривалась въ слабый микроскопъ ($\times 28$ разъ) и для того, чтобы лучше различать степень сглаживанія ея у краевъ, небольшая часть зеркала отъ деревяннаго кружка ручки до края была зачернена съ обратной стороны несмываемой тушью (инкомъ).

в) Полированіе зеркала.

Теперь можно приступить къ полированію. Лучшимъ полирующимъ матеріаломъ служитъ крокусъ (красная окись желѣза). Приобрѣтать его слѣдуетъ только высшіе сорта. Есть крокусъ 70 коп. за фунтъ и есть 2 р. 50 к. Въ Петроградѣ крокусъ можно получить у Штоль и Шмидта (улица Гоголя, 5), гдѣ онъ продается 10 коп. за баночку, которой хватитъ больше, чѣмъ на одно зеркало, или въ Русскомъ О-вѣ торговли аптекарскими товарами (Казанская, 12), гдѣ онъ продается на вѣсъ: 50 граммовъ—25 коп. Кромѣ того, продается крокусъ и въ шарикахъ. Крокусъ слѣдуетъ всыпать въ широкогорлый пузырекъ и налить въ него столько воды, чтобы растворъ получился по густотѣ приблизительно въ родѣ сливокъ. Раньше, впрочемъ, полезно его отмутить, т. е. налить полный пузырекъ воды, хорошенько встряхнуть нѣсколько разъ и затѣмъ дать постоять, послѣ чего чистую воду слить, а крокусъ перелить въ широкогорлую баночку но не весь: незначительную часть на днѣ оставить.

Полированіе зеркалъ предпочтительнѣе всего производить на варѣ. Работа съ варомъ, правда, не особенно пріятна вслѣдствіе его

чрезвычайной липкости, но зато никакой другой матеріалъ не можетъ идти въ сравненіе съ нимъ по его достоинствамъ. Покупать варъ слѣдуетъ, какъ уже упоминалось, въ пакетикахъ, такъ какъ варъ изъ бочки попадаетъ часто не чистый и не однородной твердости. Въ такомъ видѣ, какъ онъ продается, варъ почти не употребляется — онъ слишкомъ мягокъ. Для твердости его слѣдуетъ сплавлять съ канифолью. Какъ происходитъ сплавленіе, уже упоминалось, теперь же мы скажемъ, что для полированія и параболизации зеркала надлежащая твердость вара имѣетъ очень важное значеніе. Слишкомъ мягкій варъ очень быстро деформируетъ полировальникъ, такъ какъ помимо свойственной ему текучести, онъ еще разогрѣвается отъ тренія при полированіи, и поэтому полированіе часто идетъ не тамъ, гдѣ нужно. Я по личному опыту нашелъ, что наилучшіе результаты можно получить лишь на полировальникѣ изъ твердаго вара. Твердость его я узнавалъ такъ. Растопивъ канифоль и прибавивъ въ нее вару, я захватывалъ лучинкой расплавленной массы, остужалъ ее въ холодной водѣ и пробовалъ твердость ея ногтемъ. Если ноготь *съ трудомъ* оставлялъ слѣдъ на холодномъ варѣ, то такой варъ хорошъ; если же онъ оказывался еще мягкимъ, я прибавлялъ въ него еще канифоли.

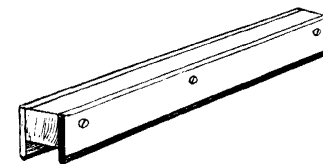


Рис. 26.

Для приготовленія полировальника для $6\frac{1}{2}$ д. зеркала вполне достаточно двухъ плитокъ, т. е. одного фунта вара. Въ то время, какъ на медленномъ огнѣ плавится нашъ варъ въ какой-нибудь (отнюдь не паянной) посудѣ, мы должны имѣть подъ руками слѣдующіе предметы: воду, мягкую достаточной величины кисть, разведенный крокусъ, вырѣзанный изъ бумаги кружокъ, равный нашему зеркалу и съ проколотою въ центрѣ его дырочкой, и «фасетникъ». Это весьма простой инструментъ, состоящій изъ деревяннаго квадратнаго бруска толщиной въ $\frac{3}{4}$ дюйма и длиной дюймовъ въ 8—10. По обѣимъ сторонамъ его привинчены двѣ гладкихъ дощечки, толщиной около $\frac{1}{2}$ дюйма и шириной въ 1 дюймъ, образуя, такимъ образомъ, родъ прямоугольнаго желобка. Выступающіе края дощечекъ заострены или закруглены, какъ показано на рис. 26. Вырѣзавъ изъ пропускной бумаги полоску шириной около $1\frac{1}{4}$ дюйм., обертываемъ ее вокругъ нашей чашки, которая теперь послужитъ уже намъ для поддержанія полировальника. Обвязавъ веревкой эту полоску бумаги такъ, чтобы край ея поднимался надъ чашкой, обильно смачиваемъ эту бумагу водою при помощи кисти, стараясь по возможности не задѣвать стекла. Когда варъ съ канифолью совершенно расплавится, его

¹⁾ При шлифованіи наждакомъ вмѣсто карборундума на эту работу нужно около 40 часовъ.

слѣдуетъ хорошенько размѣшать для однородности и затѣмъ, когда температура его уже начнетъ слегка падать, его осторожно и медленно можно лить на чашку, которую слѣдуетъ установить по возможности горизонтально. Наливъ варъ въ уровень съ краями пропускной бумаги и подождавъ немного, пока онъ станетъ настолько затвердѣвать, что уже можетъ держаться самостоятельно безъ бумажной полосы, мы быстро разрѣзываемъ веревку обвязывающую чашку, снимаемъ пропускную бумагу, которая будучи мокрой, не пристаетъ къ вару, и при помощи нашего бумажнаго кружка черезъ центральную дырочку въ немъ намѣчаемъ центръ нашего полировальника какой-нибудь мокрой деревянной спичкой, остерегаясь прикасаться самой бумагой къ вару. Затѣмъ, обильно смачиваемъ нашъ фасетникъ водой (лучше теплой), накладываемъ его на поверхность вара довольно близко отъ

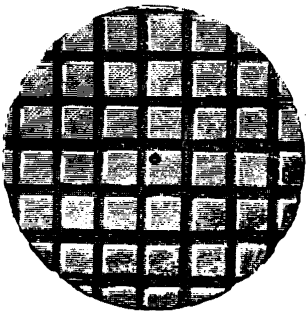


Рис. 27.

центра и вдавливаемъ его въ варъ. Быстро вынувъ, снова смачиваемъ и, вставивъ одинъ изъ его краевъ въ одну изъ образовавшихся бороздокъ, опять вдавливаемъ его въ варъ; получается новая—третья бороздка, параллельная первымъ двумъ. Затѣмъ, опять смочивъ фасетникъ, снова вставляемъ въ нее одинъ край его и получаемъ четвертую и т. д. до самого края полировальника въ одну сторону, а затѣмъ въ другую. Потомъ продѣлываемъ то же, но уже въ направленіи перпендикулярномъ первому, наблюдая, чтобы

отмѣченный центръ пришелся непременно не по серединѣ, а въ одномъ изъ угловъ квадратной фасетки, которая при этомъ образуются (Рис. 27). Поперечное раздавливаніе бороздокъ новыми бороздками обыкновенно деформируетъ ихъ, и потому приходится еще разъ пройти фасетникомъ по прежнему направленію, послѣ чего еще разъ перпендикулярно и, можетъ быть, еще разъ опять по прежнему и т. д., пока не получатся всѣ фасетки съ совершенно ровными краями, т. е. точными квадратами. Это надо продѣлать очень быстро, пока варъ не застылъ, не забывая всякій разъ смачивать фасетникъ водою, которая, повторяю, во избѣжаніе охлажденія вара, лучше должна быть теплой. Когда фасетки получатся совершенно правильными, обильно смазываемъ поверхность нашего зеркала крокусомъ при помощи кисти и, пока варъ еще не затвердѣлъ, сильно прижимаемъ его къ полировальнику, помѣстивъ зеркало непременно центрально, и затѣмъ водимъ имъ во всѣ стороны. Ставивъ, затѣмъ, зеркало, мы должны убѣдиться, что вся поверхность нашего полировальника всѣми своими

фасетками прикасается къ стеклу, что можно видѣть изъ того, если всѣ фасетки совершенно ровно окрасились крокусомъ. Если этого не произошло, придется снова размягчать варъ на полировальникѣ. Это можно сдѣлать подержавъ его надъ огнемъ, но при твердомъ варѣ лучше помѣстить весь полировальникъ въ сосудъ съ довольно теплой, почти горячей водою и, подождавъ, пока варъ снова станетъ достаточно мягкимъ, исправить фасетникомъ форму фасетокъ и опять нажимать на него нашимъ зеркаломъ, пока полировальникъ не получитъ выпуклой формы, совершенно точно совпадающей съ вогнутостью зеркала. Послѣ этого даемъ ему остыть. Наложивъ затѣмъ наше зеркало на полировальникъ центрально, ударами стамески отдѣляемъ лишніе выступающіе края вара, образовавшіеся при выдавливаніи фасетокъ, и затѣмъ ставимъ нашъ полировальникъ на прежнее мѣсто на столѣ между пробокъ.

Смазавъ при помощи кисти крокусомъ поверхность зеркала, причемъ всякія крупинки, если таковыя будутъ замѣчены, удаляются взмахами той же кисти, мы начинаемъ полировать, причемъ примѣняемъ совершенно тѣ же приемы, что и при шлифованіи, т. е. прямые штрихи (лучше короче, чѣмъ $\frac{1}{3}$), вращеніе зеркала лѣвой рукой и медленное хожденіе вокругъ стола работающаго. Когда крокусъ станетъ изсыхать, его снова можно нанести кистью на зеркало, но очень много наносить его потомъ не слѣдуетъ, а можно просто смачивать зеркало только водою при помощи кисти. Вода для полированія должна быть въ отдѣльной банкѣ или стаканѣ, который слѣдуетъ потомъ закрывать бумагой, чтобы туда не попала пыль. Уже черезъ 30—40, а иногда и черезъ 20 минутъ почти все зеркало (у начинающихъ, впрочемъ, обыкновенно за исключеніемъ самыхъ краевъ) начинаетъ блестѣть и ясно отражать предметы. Въ этой стадіи работы можно уже приступить къ изслѣдованію его поверхности, въ смыслѣ правильности ея кривой, для чего зеркало должно подвергнуться такъ называемому тѣневому испытанію Фуко, которое производится въ темной комнатѣ. Не изслѣдовавъ поверхности, продолжать дальнѣйшую полировку—совершенно бесполезно.

с) Изслѣдованіе поверхности зеркалъ по способу Фуко.

Для изслѣдованія по способу Фуко нужна искусственная звѣзда или вообще какая-нибудь свѣтящаяся точка и непрозрачная ширма съ тонкимъ и ровнымъ краемъ. Небольшая ацетиленовая или керосиновая лампа и обыкновенный столовой ножъ вполне пригодны для этой цѣли. Керосиновая лампа, впрочемъ, должна имѣть плоскую свѣтильную и потому простая кухонная лампа будетъ самой подходящей. На лампу одѣвается свернутый изъ тонкаго цинка или жести цилиндръ,

достаточно широкий, чтобы не прикасаться к стеклу, при чем нижний край этого цилиндра я разрывал зубчиками, чтобы не препятствовать току воздуха в горелку. На высоте, равной высоте самого яркого места пламени, вырезывается в цилиндре отверстие примерно около 1 кв. сантиметра, которое может закрываться опускаемой заслонкой из очень тонкой алюминиевой или медной фольги. Заслонка эта удерживается просто обернутой вокруг цилиндра проволокой, к которой она прикреплена заворачиванием двух выступающих кончиков ее в нижнем крае. В этой

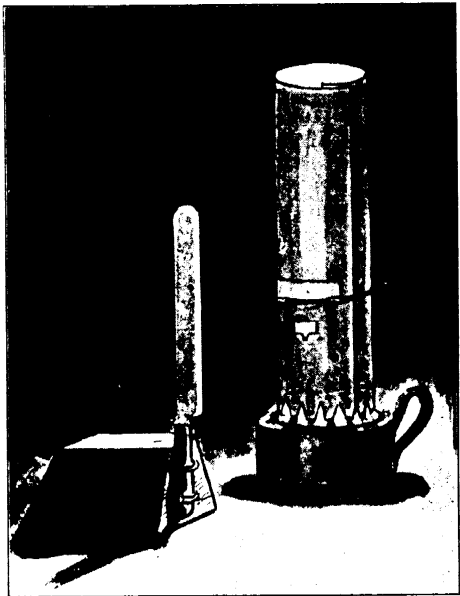


Рис. 28.

заслонке продрана при помощи тончайшей иглы крошечная дырочка не более $\frac{1}{4}$ милл.—это и есть искусственная звезда. Что касается ширмы, то как я сказал, для этой цели пригоден любой столовый нож, лишь бы лезвие его было достаточно прямо и тонко. Укрепив его к деревянному бруску, хотя бы при помощи пары гвоздей так, чтобы он мог держаться на столе вертикально, мы можем приступить к испытанию (рис. 28).

На одном столе ставим наше зеркало, для чего его следует поместить на какую-нибудь подставку (я помещал его в коробку от

столь, а на доску и двигать уже не каждый предмет отдельно, а оба, т. е. и лампу и экран сразу, передвигая эту доску. Получив резкое изображение на экране, ставим на место экрана нож, са-

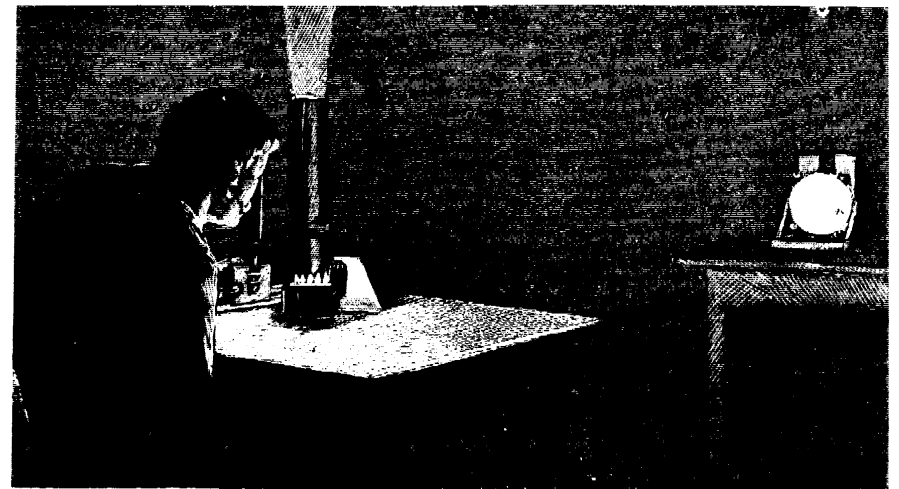


Рис. 29.

димся за стол и осторожно опускаем заслонку. Тогда вместо изображения отверстия получится изображение светящейся дырочки—искусственной звезды. Приблизив к этому изображению глаз мы

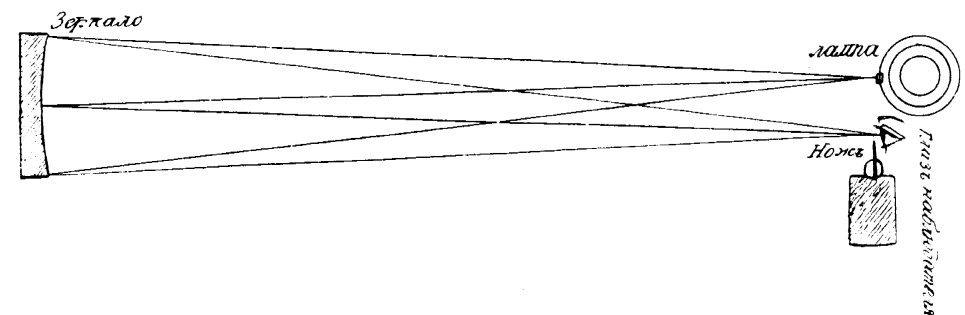


Рис. 30.

увидим наше зеркало ярко освещенным, точно луна в полнолунии (Рис. 29 и 30). Но поймать глазом эту крохотную светящуюся точку, когда она не видима в воздух, довольно-таки затруднительно и отнимает много времени. Поэтому я рекомендую вместо картонного экрана употреблять экран прозрачный. Кусочек матового стекла, 4×6 сантиметров приблизительно, вставляется в рамку из тонкого

цинка или жести и одинъ конецъ этой рамки наворачивается на ножъ, такъ что стекло находясь на ножѣ, имѣетъ видъ флага. Въмѣсто цинка его можно пристроить при помощи проволоки или склеить такую рамку изъ картона. Важно только, чтобы это матовое стекло располагалось въ плоскости лезвія ножа. Тогда, во-первыхъ, гораздо удобнѣе и точнѣе можно наводить изображеніе отверстія, а главное при опусканіи заслонки и при появленіи изображенія искусственной звѣзды, оно видно на матовомъ стеклѣ и его всегда можно подвинуть къ самому лезвію ножа. Снявъ затѣмъ осторожно, чтобы не сдвинуть съ мѣста ножа, стекло, стоитъ только провести глазомъ вдоль лезвія ножа, какъ сію же минуту изображеніе звѣзды попадаетъ въ глазъ. Такое приспособленіе, многократно испытанное мною, повторяю, сохраняетъ много времени и труда при изслѣдованіи поверхности зеркала.

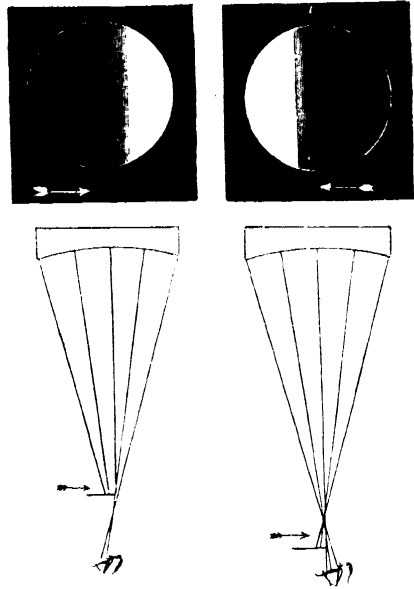


Рис. 31.

Если мы теперь станемъ осторожно подвигать нашъ ножъ вправо, т. е. станемъ отсѣкать часть сходящагося отъ точно сферическаго зеркала конуса лучей, то увидимъ, что при движеніи нашего ножа одновременно темнѣетъ и часть поверхности зеркала и потемнѣніе это распространяется по тому же направленію, по какому движется и ножъ. Если мы отодвинемъ ножъ нѣсколько дальше отъ зеркала, за фокусъ, т. е. уже будемъ отсѣкать продолженіе пересѣкшихся лучей, то явленіе измѣнится лишь въ томъ, что тѣнь по зеркалу будетъ двигаться въ направленіи обратномъ движенію ножа (Рис. 31). Отодвигая и придвигая нашъ ножъ, можно найти, наконецъ, такую точку, въ которой малѣйшее движеніе ножа сразу затемняетъ все зеркало. При малѣйшемъ же *прикосновеніи* къ этой точкѣ ножомъ, поверхность зеркала становится сѣрой, не обнаруживая никакого ни углубленія ни выпуклости, т. е. кажется совершенно плоскимъ дискомъ.

Здѣсь для уясненія этого способа Фуко, я позволю себѣ привести нѣсколько предварительныхъ разсужденій изъ геометрической оптики. Если сѣченіе поверхности нашего зеркала представляетъ собою одну изъ регулярныхъ кривыхъ, то кривая эта должна принадлежать

къ одной изъ пяти кривыхъ, получающихся изъ коническихъ сѣченій, т. е. она можетъ быть либо дугою круга (сферическая поверхность) либо частью эллипса, отсѣченной большою осью (сплюснутый сфероидъ), либо частью эллипса, отсѣченной малой осью (эллипсоидъ), либо параболой (параболоидъ) и наконецъ гиперболой (гиперболоидъ). Изъ всѣхъ этихъ кривыхъ только одна парабола обладаетъ, какъ уже было говорено, свойствомъ собирать параллельные лучи болѣе или менѣе въ одну точку и поэтому она-то и является самой желательной для нашего зеркала. Мы должны непременно стремиться къ достиженію ея, если хотимъ, чтобы наше зеркало давало совершенно отчетливыя изображенія, такъ какъ всѣ другія кривыя будутъ обладать аберраціей, нарушающей рѣзкость изображенія.

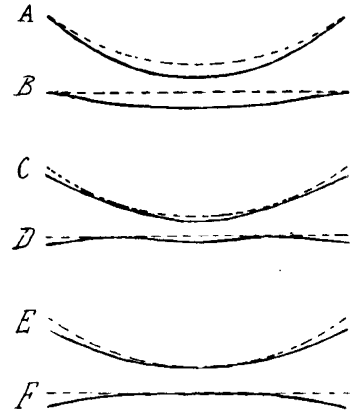


Рис. 32.

Но такъ какъ мы изслѣдуемъ поверхность зеркала не при параллельныхъ лучахъ, а при лучахъ расходящихся изъ точки, помѣщенной въ двойномъ фокусномъ разстояніи, т. е. въ центрѣ кривизны поверхности зеркала, то въ этомъ случаѣ, какъ извѣстно, только строго сферическая поверхность будетъ совершенно свободна отъ аберраціи, т. е. только у нея всѣ лучи будутъ одинаковой длины и соберутся въ одну точку (рис. 34). Остальныя поверхности при этихъ условіяхъ будутъ имѣть лучи въ разныхъ зонахъ—разной длины и поэтому всѣ наши регулярныя кривыя можно разбить на три группы:

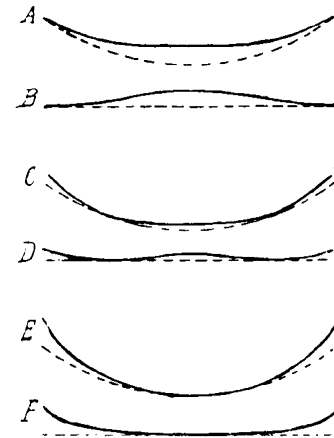


Рис. 33.

I) Сфера.—Всѣ лучи одинаковой длины и сходятся въ одну точку.

II) Сплюснутый сфероидъ.—Центральные лучи длиннѣе краевыхъ.

III) Эллипсъ, парабола и гипербола.—Центральные лучи короче краевыхъ.

Если мы теперь сравнимъ параболу съ кругомъ такого же радіуса кривизны, какъ радіусъ ея краевой зоны, то мы увидимъ, что она касается круга лишь въ краяхъ (рис. 32 A) и, если сферическая поверхность представляется намъ въ видѣ совершенно плоскаго диска,

то парабола по сравненію съ нею покажется нѣсколько углубленной (рис. 32 В). Если мы сравнимъ параболу съ кругомъ такого же радіуса, какъ радіусъ ея средней зоны, то она будетъ касаться этого круга только въ этой зонѣ, а центральная ея часть и края будутъ отступать отъ него (рис. 32 С); по отношенію же къ плоскому диску онъ будетъ казаться углубленнымъ въ центрѣ и у краевъ (рис. 32 D).

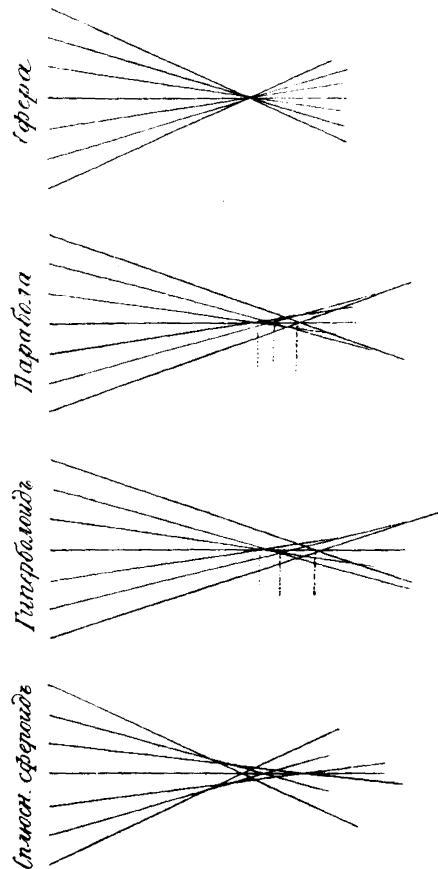
Наконецъ, если мы сравнимъ кругъ, радіусомъ равнымъ радіусу центральной зоны параболы, то послѣдняя только центромъ будетъ сливаться съ нимъ, а далѣе къ краямъ отступать отъ него (рис. 32 E), такъ же, какъ и по отношенію къ плоскому диску (рис. 32 F).

Разсматривая подобнымъ же образомъ сплюснутый сфероидъ, мы наблюдаемъ обратное, т. е. кругъ, прилегающій къ краямъ его отступаетъ отъ сплюснутаго сфероидна кнizu (рис. 33 A) и поэтому въ приложеніи къ плоскому диску сплюснутый сфероидъ будетъ представляться выпуклымъ (рис. 33 B). Кругъ, прикасающійся къ средней зонѣ, показываетъ возвышающуюся середину и края (рис. 33 C и D), и наконецъ, если кругъ касается лишь центральной части сплюснутаго сфероидна, то послѣдній представляется тогда съ очень приподнятыми краями (рис. 33 E и F) (фигура чаши).

Рис. 31.

Такимъ образомъ при свѣтящейся точкѣ, находящейся на двойномъ фокусномъ разстояніи отъ зеркала, сходженіе лучей въ фокусѣ каждой изъ пяти кривыхъ получить такой видъ, какъ представлено на (рис. 34) ¹⁾. Не трудно видѣть, что послѣднія три кривыя, т. е.

¹⁾ Сходженіе лучей для эллипсоида не изображено, такъ какъ отличіе отъ параболы заключается лишь въ степени отступанія точекъ пересѣченія лучей разныхъ зонъ съ осью зеркала.



эллипсъ, парабола и гипербола, имѣя одинаковый характеръ пересѣченія лучей, отличаются между собою лишь величиной разстоянія точекъ пересѣченія этихъ лучей съ главною осью зеркала. Такъ, у эллипса точки эти отстоятъ другъ отъ друга на сравнительно мало возрастающемъ разстояніи; у параболы возрастаніе это значительнѣе а у гиперболы оно достигаетъ наибольшей величины.

Изъ всего вышесказаннаго теперь не трудно понять, что, согласно тремъ группамъ нашихъ кривыхъ, мы можемъ различать на зеркалѣ и три рода тѣней, при разсматриваніи изъ общаго центра кривизны, или, иначе говоря, изъ центра кривизны средней зоны. Тѣни отъ сферической поверхности представлены уже на рис. 31-мъ. Сплюснутый сфероидъ даетъ въ этомъ случаѣ тѣни, изображенные на рис. 35, при чемъ, конечно, слѣдуетъ имѣть въ виду, что при положеніи ножа за фокусомъ (т. е. далѣе отъ зеркала) явленіе будетъ имѣть иной видъ, т. е. кромѣ того, что тѣни будутъ двигаться въ обратномъ направленіи движенію ножа, но и свѣтлыя раньше мѣста станутъ темными, а темныя — свѣтлыми. Наконецъ, рис. 36 представляетъ видъ тѣни изъ общаго центра кривизны, на поверхности зеркала принадлежащаго къ третьему типу. Характеръ тѣней у всѣхъ кривыхъ этого типа довольно одинаковый и нуженъ очень опытный глазъ, который только по тѣни безошибочно могъ бы опредѣлить, къ какому изъ трехъ видовъ послѣдняго типа принадлежитъ испытываемая поверхность. Правда, тѣни настоящей параболы, или кривой очень близкой къ ней, не трудно отличить отъ рѣзко выраженной гиперболы, во-первыхъ, по сравнительной слабости ихъ (особенно эллипса) и значительной интенсивности послѣдней; во-вторыхъ — наблюдая то мѣсто, гдѣ онѣ раньше всего появляются. Параболическое зеркало, при испытаніи изъ центра кривизны средней зоны, начинаетъ темнѣть раньше всего близъ первой трети (считая отъ центра) радіуса зеркала, и пятно тѣни начинаетъ расходиться въ видѣ эллипса. Рис. 37 представляетъ движеніе тѣней въ прекрасномъ параболическомъ зеркалѣ. Конечно, это же прекрасное параболическое зеркало, разсматриваемое не изъ

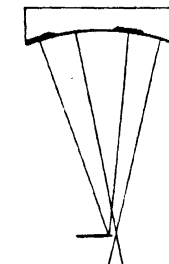
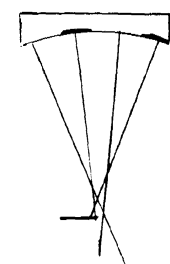


Рис. 35.

Рис. 36.

центра кривизны средней зоны, уже не даст такой картины и напр., при разсматриваніи изъ центра кривизны краевой зоны тѣни на немъ почти ни чѣмъ не будетъ отличаться отъ тѣней на сферическомъ зеркалѣ. Отсюда слѣдуетъ, что изслѣдованіе поверхности зеркала всегда надлежитъ вести изъ центра кривизны средней зоны или, иными словами, изъ общаго центра кривизны.

Шлифуя наше зеркало, мы стремились придать ему сферическую поверхность, но совершенно точная сферическая поверхность, по выраженію извѣстнаго англійскаго оптика Грѣбба, даже на лучшихъ шлифовальныхъ машинахъ является «лишь счастливой случайностью». Дѣйствительно, я изслѣдовалъ, между прочимъ, методомъ Фуко двѣ вогнутыя поверхности флинтгласовыхъ линзъ отъ большихъ портретныхъ объективовъ и ни одна изъ нихъ не представляла строго точ-

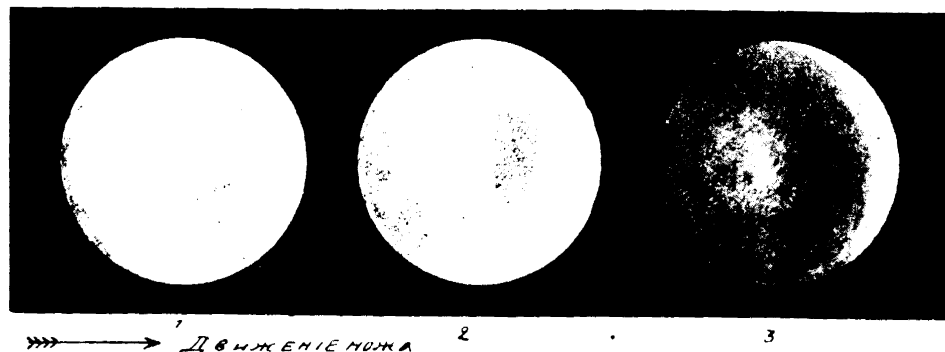


Рис. 37.

ной сферы. Будучи въ общемъ, конечно, сферическими, ихъ поверхности имѣли все-таки въ центрѣ замѣтное возвышеніе, окруженное возвышающимся-же кольцами. Надо сказать, что методъ Фуко столь чувствителенъ, что позволяетъ замѣтить на зеркалѣ неровности, измѣряемая миллионными долями дюйма. Если напр., изслѣдовать зеркало сейчасъ же послѣ полированія, когда оно еще не успѣло остыть, то можно видѣть, какъ поверхность его охлаждается и вслѣдствіе этого тѣни на ней колеблются и переливаются. Достаточно, хотя бы на одну секунду прикоснуться къ поверхности его теплымъ пальцемъ, чтобы увидѣть замѣтное возвышеніе въ этомъ мѣстѣ, происшедшее вслѣдствіе расширенія стекла отъ тепла.

Но хотя сферическая поверхность «только счастливая случайность», все-таки къ ней надо стремиться, и поверхность близкая къ сферической должна и можетъ быть достигнута. Правда, совершенно точной сферической поверхности я достигъ лишь при работѣ восьмого

зеркала ¹⁾, но достаточно близкая къ сферической поверхность меня получилась уже во второмъ зеркалѣ. Помимо изслѣдованія ея, изъ центра кривизны ножомъ, я для убѣжденія въ этомъ поступалъ еще слѣдующимъ образомъ. На отверстіе въ цинковомъ цилиндрѣ лампы я помѣщалъ вмѣсто заслонки, обыкновенный микроскопическій препаратъ (хоботокъ мухи) и разсматривалъ изображеніе этого препарата вмѣсто звѣзды при помощи сильнѣйшихъ окуляровъ и даже микроскопа. Изображеніе это оставалось совершенно рѣзко-отчетливымъ и свободнымъ отъ всякой аберраціи.

Но сферическая поверхность даже въ такой степени точности получается у начинающихъ не всегда и, если она окажется при испытаніи принадлежащей ко второй группѣ, т. е. къ сплюснутому сфероиду, то и такой результатъ слѣдуетъ считать также хорошимъ, такъ какъ сплюснутый сфероидъ привести къ сферѣ сравнительно не трудно. По большей же части у начинающихъ, какъ это было и у меня съ первымъ зеркаломъ, поверхность получается скорѣе всего гиперболическая, т. е. тѣни при испытаніи носятъ характеръ третьей группы и очень ярки. Если гиперболичность не велика, то и это еще не бѣда, такъ какъ легкую гиперболу можно обратить въ параболу, не приводя ея къ сферѣ; но если гипербола выражена рѣзко, то предпочтительнѣе снова обратиться къ тонкой шлифовкѣ очень короткими штрихами, стараясь привести нашу гиперболу къ сферѣ или къ сплюснутому сфероиду. Если фигура зеркала имѣетъ кривую совершенно не регулярную, то полированіе также слѣдуетъ оставить и снова обратиться къ тонкой шлифовкѣ штрихами около $\frac{1}{4}$ діаметра.

д) Испытаніе по зонамъ.

Степень приближенія къ истинной параболѣ и, стало быть, степень погрѣшности нашего зеркала при примѣненіи одного только способа Фуко, совершенно точно распознать невозможно, поэтому, если поверхность нашего зеркала окажется принадлежащею къ третьей группѣ кривыхъ, мы должны подвергнуть его еще испытанію по зонамъ. Всю поверхность нашего зеркала мы разбиваемъ на нѣсколько зонъ, т. е. рядъ концентрическихъ колецъ, при чемъ самую центральную часть, такъ діаметромъ около $1\frac{1}{4}$ дюйма не изслѣдуемъ во-первыхъ, потому, что отъ нея лучи сходятся подъ слишкомъ острымъ угломъ и, во-вторыхъ, потому, что она все равно не имѣетъ никакого значенія, такъ какъ закрывается въ телескопѣ плоскимъ

¹⁾ Точно сферическое зеркало параболизовать сравнительно легко и параболизация достигается буквально въ 2—3 минуты.

маленькимъ зеркаломъ и, стало быть, не участвуетъ въ построеніи изображенія.

6½-дюймовое зеркало можно разбить на 6—7 зонъ, но для простоты описанія мы разбиваемъ его всего на три зоны. При диаметрѣ въ 6½ дюймовъ радиусъ зеркала можно считать 81 mm., вычтя отсюда приблизительно 18 mm. (половину радиуса центральной не изслѣдуемой части), получимъ 63 mm., которые и раздѣляемъ на три части по 21 mm. каждая. Начертивъ на толстой, предпочтительно не бѣлой бумагѣ кругъ радиусомъ въ 18 mm. и концентрическій ему радиусомъ въ 39 mm., вырѣзаемъ бумагу, какъ показано на рис. 38. Затѣмъ на второмъ листкѣ бумаги чертимъ круги радиусомъ въ 39 и въ 60 mm. и вырѣзаемъ; и на третьемъ—радиусомъ въ 60 и 81 mm. и также вырѣзаемъ. Прежде всего мы должны вычислить ту aberrацию, какой должна обладать истинная парабола при расходящемся

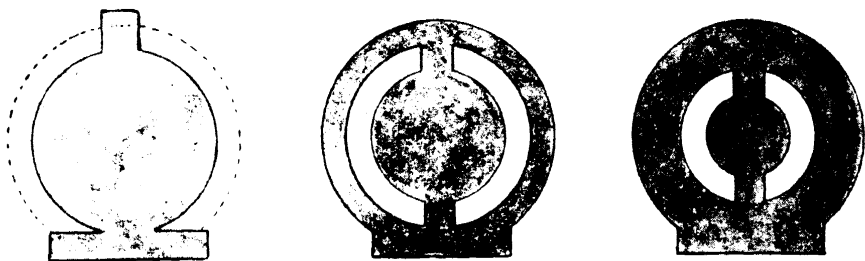


Рис. 38.

пучкѣ лучей изъ точки, лежащей на двойномъ фокусномъ разстояніи. Фокусное разстояніе зеркала мы, конечно, можемъ измѣрить съ точностью почти до одного миллиметра, взявъ половину разстоянія отъ центра зеркала до нашей искусственной звѣзды, или днемъ непосредственно измѣривъ его послѣ наведенія зеркала на солнце. Aberrация же вычисляется по формулѣ $\frac{R^2}{2F}$, гдѣ R—средній радиусъ зоны (т. е. полусумма большаго и меньшаго радиусовъ ея), F—фокусное разстояніе зеркала. Принявъ это послѣднее равнымъ, скажемъ, 1442 mm., увидимъ, что aberrация всѣхъ трехъ зонъ выразится у насъ тогда такъ:

Зона.	Средній радиусъ.	Аберрація.
I	28,5 mm.	0,54 mm. (0,5 mm.)
II	49,5 mm.	0,81 mm. (0,8 mm.)
III	70,5 mm.	1,69 mm. (1,7 mm.)

Закрывъ зеркало діафрагмой, изображенной на рис. 38 для первой зоны, отыскиваемъ ножомъ фокусъ этой зоны, т. е. такую точку, когда при движеніи къ ней ножа, оба блестящіе открытые сегмента зеркала гаснутъ одновременно и тонко очиненнымъ карандашомъ прово-

димъ вдоль гладко оструганнаго края бруска, къ которому прикрѣпленъ ножъ, черточку. Для этого брусокъ ножа долженъ находиться на кускѣ, напр., гладкаго бристоляскаго картона. Не трогая затѣмъ ножа, убираемъ діафрагму первой зоны и ставимъ на ея мѣсто діафрагму второй зоны и снова, чуть отодвинувъ ножъ отъ зеркала, находимъ фокусъ этой зоны и отмѣчаемъ его опять чертой карандаша; потомъ продѣлываемъ то же и съ третьей діафрагмой. Измѣривъ теперь разстояніе между нашими чертами, мы можемъ видѣть, насколько наша кривая отступаетъ отъ истинной параболы. При точнѣйшихъ измѣреніяхъ пользуются, конечно, не столовымъ ножомъ, двигаемымъ рукою, а ножомъ, который приводится въ движеніе микрометрическимъ винтомъ, позволяющимъ дѣлать очень тонкіе отсчеты. Но приближеніе къ точности до $\frac{1}{4}$ mm. для зеркала въ 6½ д. уже позволяетъ считать такое зеркало хорошимъ и потому при нѣкоторой ловкости и навыкѣ можно обойтись и безъ микрометрическаго винта. Такъ какъ главнѣйшимъ затрудненіемъ при этой работѣ является трудность двигать ножъ болѣе или менѣе точно вдоль оси зеркала, то полезно къ доскѣ, на которой расположенъ брусокъ съ ножомъ и лампа прикрѣпить перпендикулярно поверхъ этой доски линейку или какую-нибудь ровную дощечку, вдоль края которой уже и двигать брусокъ съ ножомъ. Тогда всѣ отмѣтки будутъ параллельны.

е) Параболизація.

Изслѣдовавъ такимъ образомъ поверхность зеркала вполне, мы уже можемъ вести дальше полированіе такъ, чтобы достигнуть желаемой нами параболы. Если поверхность у насъ окажется сферической, то параболизація ея достигается очень быстро. Для этого поверхность эту слѣдуетъ: 1) либо углубить въ центрѣ, либо 2) снять съ краевъ, либо 3) и то и другое одновременно. Легче всего достичь параболизаціи въ первомъ случаѣ, т. е. углубить центръ. Это можно сдѣлать на томъ же нормальномъ полировальникѣ (рис. 27), на которомъ велась вся полировка, только измѣнивъ короткіе штрихи на длинные. Работу эту слѣдуетъ вести очень осторожно и черезъ каждую 3—5 минутъ изслѣдовать поверхность зеркала, чтобы не пере-корректировать его и не превратить въ гиперболу. Недокорректированное зеркало, т. е. приближающееся къ эллипсу считается гораздо лучшимъ, чѣмъ переисправленное, т. е. уклоняющееся къ гиперболѣ. Wm. F. A. Ellison совѣтуетъ даже умышленно недокорректировать зеркала, т. е. дѣлать ихъ не параболическими, а эллиптическими, такъ какъ ночью при пониженіи температуры зеркало само приметъ параболическую фигуру. Будучи же параболическимъ, оно на холодѣ

станетъ уже нѣсколько гиперболическимъ, такъ какъ болѣе толстые края его сожмутся больше, чѣмъ болѣе тонкая середина. Если зеркало получилось сферическимъ, то параболизацию посредствомъ углубленія центра, для безопасности я бы рекомендовалъ, лучше производить на нормальномъ полировальникѣ, но уже изъ болѣе мягкаго вара. Можно вмѣсто нормальнаго полировальника сдѣлать специальный, съ фасетками, уменьшающимися отъ центра къ краямъ (рис. 39) и тогда штрихи уже не должны быть длинными. Для параболизации же снятиемъ краевъ зеркала полировальникъ дѣлается съ фасетками, уменьшающимися отъ краевъ къ центру (рис. 40). Употребляя эти послѣдніе два полировальника поочередно, мы можемъ параболизовать зеркало углубленіемъ центра и снятіемъ краевъ. Слѣдуетъ помнить, однако.

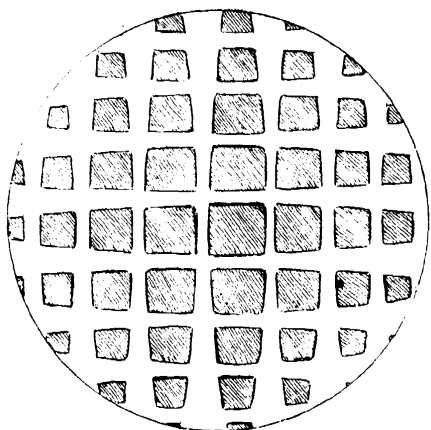


Рис. 39.

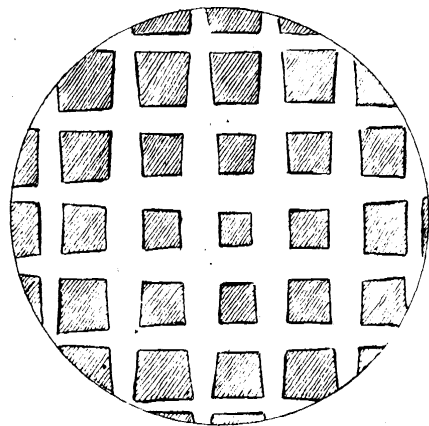


Рис. 40.

что снимать приходится столь незначительный слой, что иногда въ 2—3 минуты работа параболизации заканчивается вполнѣ.

Но все это—въ томъ случаѣ, если зеркало наше «какъ счастливая случайность»—сферическое. Если же оно—сплюснутый сфероидъ, то его раньше нужно обратить въ сферу, т. е. снять съ зеркала возвышеніе въ серединѣ и выступъ по краямъ, чего можно достигнуть какъ разъ только что упомянутыми полировальниками (рис. 39 и 40), работая ими поочередно.

Въ случаѣ же гиперболической поверхности, чтобы снять промежуточную между центромъ и краями зону, слѣдуетъ работать или нормальнымъ полировальникомъ, дѣйствуя короткими штрихами, или сдѣлать полировальникъ такой формы, какъ представлено на рис. 41. Вмѣсто формы въ видѣ шестиугольной звѣзды, онъ можетъ имѣть форму шести овальныхъ листьевъ сходящихся въ центрѣ. При этомъ

какъ лучи этой звѣзды, такъ и листья непременно слѣдуетъ разсѣчь на фасетки, хотя бы и не столь широкія, какія получаются отъ фасетника, а нанести ихъ ребромъ какой-нибудь линейки или гладкой, тонкой дощечки. Назначеніе фасетокъ собирать излишекъ крокуса, и при отсутствіи на полировальникѣ фасетокъ, зеркало никогда не получитъ однородно-гладкой поверхности; на ней непременно образуются кольца, выступающія или вогнутыя. Я нахожу очень полезнымъ даже на нормальномъ полировальникѣ каждый квадратикъ пересѣкать еще крестообразно болѣе тонкой и мелкой бороздкой. На застывшемъ полировальникѣ я наносилъ эти бороздки просто грубой толстой пилой-ножевкой, обильно смачивая ее водой. Можно это продѣлать и грубымъ напильникомъ, но непременно обильно смачивая его и самый полировальникъ водой. Тогда поверхность зеркала получается совершенно гладкая. На еще незастывшемъ варѣ эти бороздки я продѣлывалъ ребромъ желѣзной линейки. Фасетки въ этомъ случаѣ получаются около 1 квадратнаго сантиметра.

Явно выраженную гиперболическую поверхность приводитъ полировкой къ параболѣ приходится очень долго, иногда нѣсколько дней, поэтому, если гипербола окажется очень рѣзко выраженной, то выгоднѣе, повторяю, оставить полирование и вновь вернуться къ тонкой шлифовкѣ.

По большей части у начинающихъ болѣе или менѣе регулярную кривую имѣетъ не вся поверхность зеркала. Часто середина либо слишкомъ углублена, либо имѣетъ возвышеніе, а самая края почти всегда черезчуръ развернуты. Такое зеркало слѣдуетъ полировать непременно на полировникѣ изъ твердаго вара и очень короткими штрихами. Иногда штрихи приходится дѣлать длиною не болѣе сантиметра. И вообще раньше всего слѣдуетъ стараться исправить края, такъ какъ исправленіе середины—болѣе легкое дѣло.

Полировальникъ изъ твердаго вара въ нежаркую погоду довольно долго сохраняетъ свою форму. Но крокусъ на немъ скоро, конечно, высыхаетъ и набившись по краямъ фасетокъ часто затвердѣваетъ въ такую массу, что начинаетъ царапать полировку зеркала, при чемъ слышится слабый пискъ. Царапины эти хотя и легкія, но онѣ не желательны. Для устраненія ихъ полезно хорошенько промывать бороздки водою при помощи кисти. Есть и еще способъ устраненія этихъ царапинъ, придуманный мною, и, хотя онъ нѣсколько и риско-

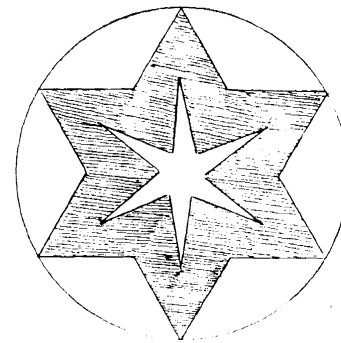


Рис. 41.

ванный и употреблять его можно только съ большою осторожностью, тѣмъ не менѣе я скажу о немъ. Взявъ на палецъ чистую и мягкую тряпочку, обмакиваемъ эту тряпочку слегка въ скипидаръ и быстро проводимъ ею *только по одному разу* по всѣмъ бороздкамъ, наблюдая, чтобы это, хотя и ничтожное, количество скипидара распространилось по полировальнику равномерно. Тряпочку можно смочить скипидаромъ не болѣе двухъ разъ: одинъ разъ при проведеніи вдоль однѣхъ бороздокъ и другой разъ при проведеніи вдоль бороздокъ, перпендикулярныхъ къ первымъ, такъ что на варѣ должно остаться максимумъ 1—2 капли скипидара. Послѣ этого зеркало начнетъ очень легко скользить по полировальнику и первая 2—3 минуты почти не происходитъ полированія. Затѣмъ тончайшій верхній растворившійся слой вара начнетъ сильно прилѣплять къ себѣ крокусъ и полирование идетъ очень сильно. Весь крокусъ со стекла переходитъ на полировальникъ и стекло снимается съ него совсѣмъ чистое, такъ что новаго крокуса даже не приходится наносить, а лишь смачивать зеркало одной водой. Но повторяю, этимъ способомъ слѣдуетъ пользоваться съ осторожностью, такъ какъ при избыткѣ скипидара можно испортить поверхность полировальника.

Въ концѣ концовъ при достаточномъ запасѣ терпѣнія и внимательности можно достигнуть-таки, если и не истинной параболы, то кривой настолько близкой къ ней, что по результатамъ ее нельзя будетъ отличить отъ настоящей параболы. Къ этому времени зеркало наше окажется уже отлично отполированнымъ и теперь можно приступить къ испытанію его по звѣздамъ, для чего помѣщаемъ его въ телескопъ или просто на доскѣ (рис. 62) и наводимъ на какую-нибудь яркую звѣзду (удобнѣе всего на Полярную, какъ на почти неподвижную). Если мы смѣстимъ изображеніе ея сперва приближеніемъ окуляра за фокусъ, а потомъ отодвиганіемъ его на такое же разстояніе отъ фокуса, то въ параболическомъ зеркалѣ изображеніе должно представлять и въ томъ и въ другомъ случаѣ равномерно освѣщенный дискъ, на которомъ замѣтно только маленькое изображеніе плоскаго зеркальца. Не трудно понять, что если мы, удаливъ окуляръ, будемъ испытывать теперь зеркало черезъ окулярную трубку тѣневымъ способомъ, то истинная парабола будетъ казаться намъ совершенно плоскимъ дискомъ и характеръ тѣней на ней будетъ таковъ, какъ на сферѣ. Кромѣ того, такъ какъ даже несеребренное зеркало уже собираетъ довольно много свѣта, то можно направить его на какія-нибудь двойныя звѣзды; пригодными для 6-ти дюймоваго зеркала можно считать ϵ Bootis, ϵ_2 Lyrae, ζ Aquarii и т. п., не требующія сильныхъ увеличеній.

При пробѣ уже въ телескопѣ слѣдуетъ имѣть въ виду, что

маленькое плоское зеркало должно быть безусловно хорошимъ, такъ какъ не достаточно точное плоское не позволитъ намъ судить о достоинствахъ нашего параболическаго зеркала.

XII.

Изготовленіе вогнутаго зеркала на машинѣ.

Только что описаннымъ способомъ можно изготовить при внимательности и настойчивости очень хорошее зеркало до 8 или даже 9 дюймовъ. Большихъ же размѣровъ зеркало, напр., въ 12—15 дюймовъ діаметромъ сдѣлать уже гораздо труднѣе и сложнѣе. Это работа уже другого порядка и болѣе или менѣе успѣшное выполненіе ея доступно лишь лицамъ, уже пріобрѣтшимъ значительную опытность, т. е. не тѣмъ, для кого, главнымъ образомъ, предназначается эта книга ¹⁾.

Во-первыхъ, что касается стекла для такого размѣра зеркалъ, то хотя въ Петроградѣ и можно еще достать стекло до 1 3/4 дюйм. толщины, но рассчитывать на сравнительную однородность такихъ дисковъ уже гораздо труднѣе.

Во-вторыхъ, получить сколько-нибудь правильную сферическую поверхность такого размѣра тѣми пріемами, которые описаны въ предыдущей главѣ, можно сказать, едва ли возможно; для этого нужна шлифовальная машина и спеціальныя металлическія шлифовальныя чашки. Правда, построить самому шлифовальную машину не представляетъ особенныхъ затрудненій и такъ какъ предварительную шлифовку напр., короткофокусныхъ даже не большихъ зеркалъ предпочтительнѣе производить на машинѣ, то мы прилагаемъ здѣсь схематическій чертежъ (рис. 42) такой машины. Существенной частью ея является вертикально вращающійся шпиндель съ дискомъ (А), на который укрѣпляется шлифовальная чашка или зеркало. Вращеніемъ

¹⁾ Н. F. Madsen изготовилъ ручнымъ способомъ зоркало въ 18 д., но уже и онъ считаетъ такой размѣръ предѣломъ для ручной работы. Онъ поступалъ такимъ образомъ. Были склеены вмѣстѣ три стекляннхъ диска въ 1 д. толщины каждый и этому склеенному диску была придана сферическая выпуклая форма, выпуклѣе, чѣмъ требовало вогнутое зеркало на 1/4 радіуса кривизны. Зеркало сперва углублялось на свинцовомъ кругѣ а затѣмъ прямыми штрихами уже почти безъ нажатія на упомянутой выпуклой стеклянной чашкѣ. Намъ неизвѣстно, какимъ образомъ Н. F. Madsen обтачивалъ свою чашку и потому мы не станемъ распространяться объ этомъ. Говардъ Грѣбъ такъ же не отрицаетъ возможности отшлифовать исключительно руками линзы до 12 и даже 15 дюймовъ діаметромъ, но при этомъ замѣчаетъ, что это въ высокой степени утомительная работа.

рукоятки (С) машина приводится въ дѣйствиѣ. Къ этой рукояткѣ придѣланъ стержень В, двигающій салазки D. Длина коромысла на ручкѣ С можетъ варьировать и тѣмъ обуславливать длину штриховъ, т. е. движеніе взадъ и впередъ салазокъ D, къ которымъ придѣланъ съ одной стороны, стержень В, а съ другой—стержень F. На стержнѣ-ручкѣ находится шкивъ H, приводомъ отъ котораго вращается шпиндель. Но такъ какъ при этомъ, если бы онъ былъ прямо соединенъ со шпинделемъ, онъ слишкомъ быстро вращалъ-бы послѣдній, то ремень проходитъ раньше на промежуточный шкивъ E. Шкивъ на рукояткѣ маленькій и вращаетъ большой шкивъ E, соединенный съ другимъ малымъ, отъ котораго уже идетъ передача къ шкиву на шпиндель, вслѣдствіе чего послѣдній вращается очень медленно. Въ стержнѣ F находится кольцо,

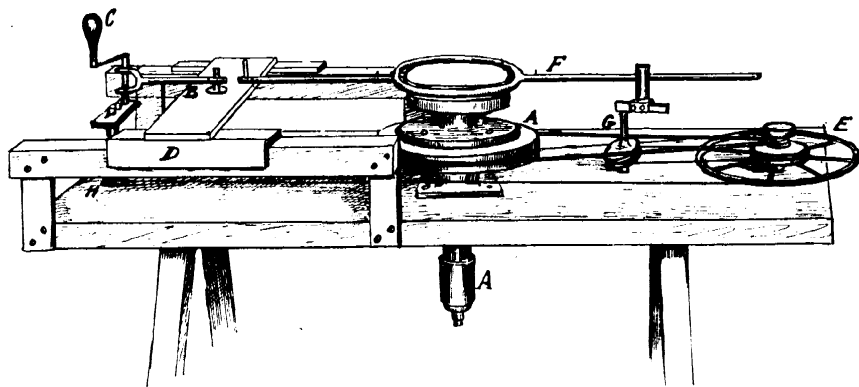


Рис. 42.

а конецъ стержня проходитъ черезъ регуляторъ G. Если послѣдній поставленъ центрально, кольцо и заключенное въ немъ зеркало будутъ двигаться по діаметру нижняго диска A. Если же смѣститъ регуляторъ въ сторону, то центръ зеркала не пройдетъ уже черезъ центръ нижняго диска, а въ сторонѣ отъ этого центра. Если бы регуляторъ былъ придѣланъ къ вращающемуся кругу, то очевидно, что центръ зеркала иногда бы совпадалъ при движеніи съ центромъ нижняго диска, но большей частью проходилъ бы мимо его по одной и по другой сторонѣ, т. е. большая часть штриховъ проходила бы не черезъ центръ,—то для избѣжанія этого регуляторъ вращается не по кругу а по эллипсу. Когда большая ось эллипса расположена подъ прямымъ угломъ къ оси машины, эллиптическое колесо вращается медленно. Когда малая ось эллипса—подъ прямымъ угломъ къ оси машины, колесо вращается быстро; регуляторъ придѣланъ къ малой оси эллипса. На рис. 43 пунктирная линия представляетъ теоретическій видъ такого колеса, а сплошная линия—прибли-

зительный видъ, согласный съ теоріей и примѣняемый на практикѣ. Точнымъ соотношеніемъ величины этого эллиптического шкива къ вращающему его шкиву и надлежащей дистанціей между ними можно достичь совершенно свободнаго вращенія, не прибѣгая къ эластичному ремню. Діаметръ вращающаго шкива долженъ быть равенъ полусуммѣ большаго и меньшаго діаметровъ эллипса, какъ показано на рис. 44. На рис. 45 представлено кольцо стержня, въ которомъ располагается зеркало или чашка. Выступы AA и BB, толкая это зеркало или чашку, при каждомъ движеніи въ то же время и поворачиваютъ его слегка. Въ зависимости отъ величины и расположенія этихъ выступовъ находится и большее или меньшее поворачиваніе. Вращая эту

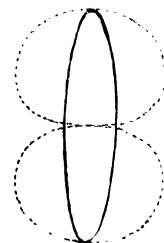


Рис. 43.

машину за рукоятку, можно имѣть слѣдующія движенія въ одну минуту: 1) рукоятка и коромысло совершаетъ 60 движеній, 2) эллиптическій шкивъ, т. е. нужное число поперечныхъ штриховъ—9 и 3) главный шпиндель съ дискомъ—2 оборота.

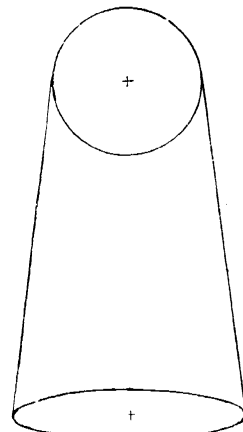


Рис. 44.

На такой машинѣ можно шлифовать зеркало до 12 дюйм. діаметромъ. Большихъ же размѣровъ напр., въ 15 дюйм. шлифуются уже нѣсколько иначе, именно зеркало въ этомъ случаѣ уже должно занимать мѣсто на дискѣ, а чашка должна работать поверхъ зеркала. При очень большихъ зеркалахъ не только шлифовальная чашка, особенно при тонкой шлифовкѣ, но и полировальники при полировкѣ, уже имѣютъ про-

тивовѣсы, ослабляющіе давленіе этихъ инструментовъ на стекло. Проф. Ритчи находитъ, что уже давленіе чашки въ $\frac{1}{2}$ фунта на 1 квадратный дюймъ поверхности зеркала не слѣдуетъ примѣнять при наждакѣ мельче, чѣмъ 5 или 10 минутномъ. При такомъ давленіи и при 30 минутномъ наждакѣ—царапины почти неизбѣжны. Онъ рекомендуетъ давленіе до $\frac{1}{5}$ фунта для наждака отъ 12 до 20 минут., $\frac{1}{8}$ фунта—для наждака отъ 30 до 60 мин. и $\frac{1}{12}$ фунта—для наждака 120—240 м.

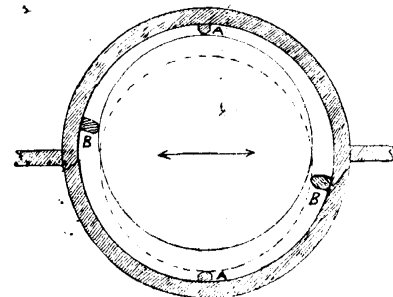


Рис. 45.

Только что описанную шлифовальную машину можно приводить въ дѣйствиѣ рукою только въ томъ случаѣ, если она небольшая.

Для мало-мальски же значительнаго зеркала силы руки уже окажется не достаточно и желателенъ моторъ. Дрэперъ, готовившій свое 15¹/₄ дюймовое зеркало на приблизительно такой же машинѣ, приводилъ ее въ дѣйствіе ногами, всходя по доскамъ, связаннымъ въ видѣ широкаго безконечнаго ремня, одѣтаго на два вращающихся барабана, изъ которыхъ одинъ былъ соединенъ приводомъ съ машиной. Работая по 5 часовъ въ день, ему иногда приходилось «гулять» такимъ образомъ болѣе, чѣмъ по 15 верстъ. Надо замѣтить, что послѣдняя самая тонкая шлифовка (наждакомъ) должна совершаться безъ перерыва, и при работѣ напр., 12 дюйм. зеркала это занимаетъ не менѣе 9 часовъ. Уитсъ при этомъ для увлаженія наждака прибавлялъ нѣсколько капель глицерина, чтобы онъ не такъ скоро высыхалъ.

Изготовление лекалъ, по которымъ вытачиваются чашки—сравнительно не трудное дѣло, если радіусъ кривизны зеркала не очень ужъ великъ. При большемъ радіусѣ, если не удобно вырѣзать лекало на полу вслѣдствіе гнутія бруска, къ которому придѣланъ рѣзецъ, удобнѣе вырѣзать его, укрѣпивъ брусокъ отвѣсно на стѣнѣ дома или на подоконникѣ 2-го, а если нужно, такъ и 3-го этажа, а цинковый или мѣдный листъ привинтить къ доскѣ, укрѣпленной внизу.

Шлифовальныя чашки готовятся изъ чугуна или желѣза, а для зеркалъ до 8—9 дюймовъ даже и изъ цинка, и работа эта требуетъ много времени. Одно пришлифовываніе чашекъ занимало у Дрэпера цѣлую недѣлю.

Шлифованіе металлическихъ чашекъ лучше начинать не съ крупнаго карборундума. Послѣ окончательной пришлифовки желѣзныя чашки приобрѣтаютъ поверхность, не уступающую по твердости наждаку. Дрэперъ для своего 15¹/₄ д. зеркала дѣлалъ чашки толщиной въ ³/₈ д., для прочности-же отъ центра чашекъ расходилось 8 лучей толщиной въ 2 дюйм. каждый. Чашка должна подобно полировнику имѣть фасетки, которыя дѣлаются напильникомъ. Дрэперъ же поступалъ проще. На уже пришлифованную чашку онъ наклеивалъ канадскимъ бальзамомъ квадратныя въ 1 дюйм. пластинки изъ воска въ шахматномъ порядкѣ. Затѣмъ вся чашка окружалась кольцомъ изъ восковой ленты, которая образовывала бортъ, и на чашку наливалась царская водка, которая и вытравливала незакрытые воскомъ квадраты. Углубленія эти были всего ¹/₂ mm. глубиной. Послѣ этой операции тщательное изслѣдованіе показало, что фокусъ чашки удлинился на ⁷/₄ д. вслѣдствіе перемѣны натяженія въ металлѣ. Такая чашка затѣмъ уже не мѣняетъ своей формы и можетъ служить для приготовления многихъ зеркалъ, такого же, разумѣется, фокуса. Прежде чѣмъ приступить къ шлифованію на такой точной чашкѣ, стекло, конечно, слѣдуетъ углублять приблизительно до надлежащей степени, хотя бы на свинцовомъ дискѣ.

Полированіе зеркалъ можетъ производиться либо на машинѣ, либо руками. Параболизація же и исправленіе фигуры исключительно руками для всякихъ зеркалъ до 40 дюймовъ діаметромъ. При этомъ полировальники для легкости дѣлаются изъ дерева, которое пропитывается парафиномъ. Форма же ихъ такая, какъ и описанныхъ уже. Иногда употребляютъ цѣлую серію полировальниковъ, начиная съ ²/₃ діаметра и до ¹/₁₀ или ¹/₁₂. Покрываютъ ихъ уже не варомъ, а канифолью, размягченной прибавкой (въ пропорціи 1 : 25) терпентиномъ. Поверхъ канифоли наносится слой воска и полировальникъ формируется въ холодномъ состояніи, т. е. зеркало не нагревается, а на полировальникъ кладется равномерный грузъ. Зеркало обильно смачивается водой съ крокусомъ и время отъ времени полировальникъ двигается по немъ во избѣжаніе слипанія.

Особенныя затрудненія возникаютъ при тѣневомъ испытаніи большихъ зеркалъ. Не говоря уже о томъ, что зеркало при этомъ должно быть очень осторожно *подвѣшено* во избѣжаніе деформированія, особенно трудно наблюдать на немъ движеніе тѣней вслѣдствіе неспокойствія воздуха. При длинномъ фокусѣ наблюдатель, расположившійся на двойномъ фокусномъ разстояніи, долженъ находиться въ очень обширномъ помѣщеніи, гдѣ очень трудно не имѣть значительныхъ токовъ воздуха, мѣшающихъ изслѣдованію. Поэтому въ мастерской Цейсса для подобныхъ изслѣдованій устроена специальная галлерейя подъ землей. Ритчи, имѣвшій въ своемъ распоряженіи такъ же специальную мастерскую, чтобы не изслѣдовать своего 60 дюйм. зеркала изъ центра кривизны, а на разстояніи вдвое болѣе короткомъ, предпочелъ для этого изготовить плоское зеркало такого же діаметра.

Кромѣ только что описанной шлифовальной машины, существуетъ еще множество другихъ ¹⁾. Существуетъ еще способъ шлифованія по радіусу, но мы не станемъ распространяться объ этомъ, такъ какъ описаніе изготовленія большихъ зеркалъ не составляетъ нашей задачи. Тѣхъ же, кто несмотря ни на что, задумалъ бы все-таки построить себѣ большое зеркало, отсылаемъ къ классическимъ трудамъ Дрэпера и Ритчи: «On the construction and use 15¹/₄ inch silver on glass reflecting telescope» by H. Draper и «Modern reflecting telescope» by G. Ritchey, томъ XXXIV The Smithsonian contributions to the knowledge».

¹⁾ Прекрасная машина Г. Грѣбба, на которой онъ шлифовалъ 4-хъ футовое зеркало для мельбурнскаго рефлектора, описана въ «Philosophical Transactions» 1869.

XIII.

О шлифованіи на машинѣ и руками.

Въ старину, какъ извѣстно шлифовали линзы исключительно въ ручную. Поэтому онѣ и были такъ дороги. Теперь же ихъ готовятъ фабричнымъ способомъ на машинахъ, при чемъ небольшія линзы не по одной, а сразу по нѣсколько. Машина конечно, выточитъ линзу изъ стекла во много разъ скорѣе, чѣмъ она можетъ быть сработана отъ руки. Но что касается точности, то едва ли существуетъ два мнѣнія относительно того, что какая-либо машина можетъ превзойти человѣческія руки при полученіи математически точной поверхности. Машина не замѣнима при массовомъ производствѣ и для облегченія «чисто механическаго» труда для полученія приблизительно точной поверхности. Самая же тонкая шлифовка и полировка, а особенно фигурація (параболизація, гиперболизація и проч.) поверхности можетъ быть исполнена только рукою. Машина не можетъ чувствовать напр., достаточно ли увлажненъ наждакъ и никакія механическія приспособленія, вродѣ искусственнаго испаренія воды, или ея распыленія въ видѣ мелкихъ брызгъ, не могутъ замѣнить чувствительности руки къ движенію шлифуемаго и полируемаго предмета.

XIV.

Изготовление зеркалъ для телескопа Грегори.

Построить телескопъ Грегори гораздо труднѣе, чѣмъ ньютоновскій, такъ какъ въ этомъ инструментѣ и большое и малое зеркало и окуляръ связаны опредѣленными отношеніями въ одно цѣлое.

Составивъ себѣ приблизительный расчетъ инструмента, мы можемъ готовить большое зеркало (не болѣе 6—7 дюймовъ) совершенно такимъ же способомъ, какъ и для ньютоновскаго телескопа. Но такъ какъ здѣсь отношеніе d къ f по большей части равно 1:6, то правильности поверхности достигнуть гораздо труднѣе. Кромѣ того зеркало это, какъ извѣстно, имѣетъ въ центрѣ отверстіе, которое слѣдуетъ продѣлать уже послѣ самой грубой шлифовки. Это—утомительная и скучная работа и можетъ быть исполнена только на станкѣ при помощи алмазнаго рѣзца, или заточенными на грубомъ точилѣ безъ воды старыми трехгранными напильниками, которые такъ же могутъ рѣзать стекло, если его смачивать при этомъ керосиномъ. Можно, наконецъ, продѣлать это отверстіе при помощи мѣдной или цинковой трубки, на конецъ которой все время наносится карборундумъ. Протачиваніе слѣдуетъ начинать съ лицевой стороны зеркала.

Когда зеркало будетъ просверлено, отверстіе въ немъ протачивается слегка на конусъ, основаніемъ къ обратной сторонѣ зеркала и затѣмъ вытачивается соотвѣтственно этому отверстію стеклянная пробка и притирается въ немъ мелкимъ карборундумомъ. Пробка эта не должна доходить до лицевой поверхности приблизительно на 1 мм. Зеркало и пробка нагрѣваются на кухонной плитѣ, на которую кладется картонъ, и въ отверстіе пускается 2—3 капли расплавленного шеллака, послѣ чего пробка осторожно легкими винтообразными движеніями плотно вгоняется въ отверстіе. Приклеиваніе варомъ пробки не рекомендуется, такъ какъ варъ слишкомъ пластиченъ и пробка при работѣ впослѣдствіи можетъ сдаться, особенно при нажатіи во время полированія, что сдѣлаетъ самую пробку въ такомъ случаѣ бесполезной. Съ лицевой стороны, пробка не вставляется потому, что при выниманіи ея, можно отколоть кусокъ зеркала. Затѣмъ во всей дальнейшей работѣ поступаемъ такъ же, какъ при работѣ зеркала для ньютоновскаго телескопа. Необходимо при испытаніи добиваться по возможности болѣе точной параболической фигуры поверхности.

Зеркало телескопа Грегори, конечно, можетъ быть употреблено и для телескопа Кассегрена.

Что касается маленькаго вогнутаго зеркала для телескопа Грегори, то изготовить его совершенно точно, пожалуй, труднѣе, чѣмъ большое зеркало. По большей части дѣлаютъ сразу два маленькихъ зеркала и постепенными испытаніями и исправленіями попеременно, то одного, то другого, достигаютъ наилучшаго результата.

Положимъ, намъ нужно въ соотвѣтствіи съ большимъ зеркаломъ телескопа Грегори изготовить малое вогнутое зеркало, діаметромъ въ 1½ дюйма и съ фокусомъ въ 6 дюйм. Шлифовать тѣми приемами, какіе описаны въ главѣ объ изготовленіи ньютоновскаго зеркала, такое маленькое зеркальце уже нельзя. Раньше всего мы должны изъ листа цинка или латуни вырѣзать 2 лекала выпуклое и вогнутое, радіусомъ въ 12 дюймовъ; затѣмъ по деревяннымъ моделямъ, имѣющимъ видъ въ родѣ держателей, изображенныхъ на рис. 20, только не свинченныхъ, а выточенныхъ просто изъ одного куска, дѣлаются двѣ отливки изъ мѣди или цинка. Впрочемъ для такой малой вещи, какъ 1½ дюймовое зеркало, можно и не дѣлать отливки, а просто спаять два кружка толстаго (8 мм.) цинка, изъ которыхъ одинъ будетъ въ 1½ д. діаметромъ а другой, всего въ 1½ д., будетъ выступать вродѣ ручки. Въ центрѣ этого выступа дѣлается углубленіе и винтовая рѣзба ($\frac{3}{8}$ д.). Въ патронъ токарнаго станка зажимается стержень, на которомъ такъ же дѣлается соотвѣтственная рѣзба и на нее навинчивается наша чашка и тщательно протачивается по лекалу. Углубленіе въ вогнутой или выступѣ въ выпуклой чашкѣ при такомъ размѣрѣ и радіусѣ кривизны въ

12 д., будетъ всего около 0,6 мм., поэтому протачиваніе должно вестись очень тщательно. Когда чашки будутъ выточены, стержень освобождается изъ патрона станка и зажимается хотя бы въ тиски и на немъ чашки пришлифовываются уже отъ руки самымъ мелкимъ наждакомъ или карборундумомъ. Если же будетъ замѣчено, что радіусъ кривизны укорачивается, то—перемѣнить чашки, т. е. вогнутую навинтить на стержень, а поверхъ работать выпуклой. Работа эта очень отвѣтственная и должна производиться безъ торопливости.

На неподвижно-зажатомъ стержнѣ, однако, трудно получить хорошую поверхность, поэтому мы можемъ рекомендовать очень не

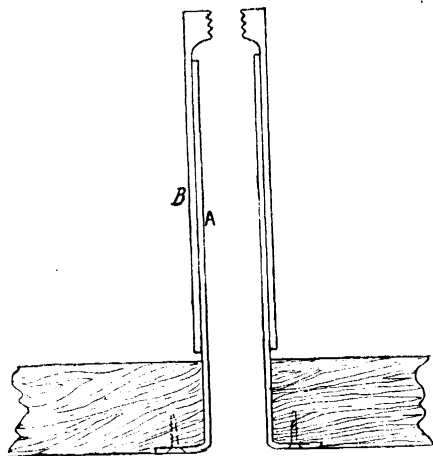


Рис. 46.

хитрое приспособленіе для шлифованія, которое еще и до сихъ поръ иногда примѣняется къ оптической техники и при помощи котораго можно получать очень хорошія линзы до 2 д. діаметромъ.

Въ толстую (дюйма $1\frac{1}{2}$) доску ввинчивается или наглухо вставляется крѣпкая мѣдная трубка А (рис. 46) длиной въ $3\frac{1}{2}$ —4 д., на которую одѣвается вторая трубка В свободно, но безъ качаній. Последняя трубка имѣетъ нарезку, въ которую и навинчивается шлифовальная чашка или

деревяшка со стекломъ. Лѣвой рукой мы вращаемъ эту трубку, а правой производимъ радіальныя движенія. Если на эту трубку В накрутить нѣсколько разъ натертую канифолью веревку со смывкомъ, то на такомъ «станкѣ» можно довольно быстро обтачивать стекло. Конечно внутри трубка при этомъ должна быть смазана масломъ или вазелиномъ и, если она слишкомъ свободно вращается, то внутреннюю можно обернуть бумагой.

Пришлифовавъ наши чашки до надлежащей точности, мы можемъ приступить къ шлифованію зеркальца. Для такого небольшого зеркальца можно воспользоваться осколкомъ хорошаго, толстаго (7—8 мм.) зеркальнаго стекла. Раньше всего намъ нужно вырѣзать изъ него квадратъ нѣсколько (2—3 мм.) больший, чѣмъ $1\frac{1}{2}$ дюйма сторона. Сдѣлать это можно слѣдующимъ образомъ. Раскаливъ до красна въ печкѣ толстую желѣзную проволоку или большой, ровный гвоздь, быстро прикладываемъ его къ стеклу и оно сейчасъ же лопнетъ по линіи прикосновенія. Затѣмъ щипцами изъ *мягкаго желѣза*

обламываемъ лишнія края стекла, пока не получится приблизительный кругъ. Стальные щипцы не годятся для этой цѣли, такъ какъ они могутъ испортить стекло; желѣзные же охватываютъ куски чуть не по $\frac{1}{4}$ дюйма по желаемому направленію. Приклеивъ затѣмъ варомъ стекло къ деревяшкѣ, его можно обточить на вышеописанномъ станкѣ при помощи карборундовой пластинки уже точнымъ кругомъ въ $1\frac{1}{2}$ дюйм. діаметромъ.

Первое углубленіе въ стеклѣ слѣдуетъ сдѣлать, конечно, не на точной чашкѣ, а на хотя бы приблизительной. Затѣмъ на точной чашкѣ прорѣзаются 3-хъ граннымъ напильникомъ бороздки, глубиной около 1 мм. вдоль и поперекъ (какъ на полировальникахъ, см. рис. 27), чашка эта навинчивается на станокъ и стекло шлифуется прямыми, не регулярными и циркулярными движеніями. Шлифованіе ведется медленно и мелкимъ наждакомъ или карборундумомъ. По мѣрѣ продвижанія работы полезно изслѣдовать, не измѣняется ли радіусъ кривизны зеркала, поэтому къ нему почаще слѣдуетъ прикладывать лекало, или проверять кривизну сферометромъ. Если сферометра нѣтъ, то приблизительно узнать фокусную длину можно такъ. Смывъ съ поверхности зеркала наждакъ, наводимъ *мокрое* зеркало на какой-нибудь отдаленный предметъ—оконную раму или горящую лампу и проецируемъ изображение на картонъ. Разстояніе отъ картона до зеркала должно тщательно быть отмѣчено и при послѣдующихъ пробахъ его слѣдуетъ сравнивать съ этой отмѣткой. За регулярностью движеній при шлифовкѣ слѣдуетъ особенно слѣдить. Нужно имѣть въ виду, что всѣ элементы обѣихъ поверхностей, т. е. и чашки и зеркала должны подвергаться равномерному дѣйствію шлифующаго порошка, какъ въ смыслѣ количества его, такъ и въ смыслѣ времени и нажатія. Полированіе можно производить уже при нѣсколько болѣе быстромъ движеніи стекла и при значительномъ нажатіи. Фигурація же должна вестись очень осторожно, такъ какъ при параболическомъ главномъ зеркалѣ маленькое должно имѣть эллиптическую фигуру. Поэтому при фигураціи слѣдуетъ работать опять медленно, такъ какъ уже 2 минуты работы даютъ замѣтную разницу въ фигурѣ.

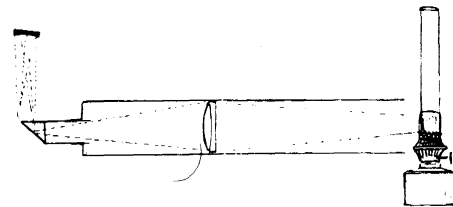


Рис. 47.

Производить тѣневое испытаніе по способу Фуко, такимъ образомъ, какъ описано въ главѣ объ изготовленіи зеркала для ньютоновскаго телескопа, т. е. просто при помощи кухонной лампы и ножа, при столь короткомъ радіусѣ кривизны уже совершенно неудобно. Для

этого придется приспособление видоизменить такъ, какъ представлено на рис. 47. Лампа стоитъ уже дальше въ сторонѣ отъ наблюдателя и свѣтъ отъ нея собирается заключенною въ трубѣ линзой на маленькую призму или зеркальце, поставленное подъ угломъ въ 45° и уже отсюда проходитъ черезъ отверстіе—искусственную звѣзду. Движенія ножа здѣсь уже нужно производить при помощи микрометрическаго винта.

Кромѣ тѣневого и зональнаго испытанія слѣдуетъ испытывать маленькое зеркальце и въ комбинаціи съ большимъ. Объектомъ испытанія можетъ служить циферблатъ карманныхъ часовъ на разстояніи 15—20 сажень и далѣе и изображеніе свѣтящейся точки, получающейся отъ отраженія солнца отъ шарика ртутнаго термометра.

XV.

Изготовление выпуклаго зеркала для телескопа Кассегрена.

Большое вогнутое зеркало телескопа Кассегрена, какъ мы уже говорили, совершенно такое же, какъ и въ телескопѣ Грегори и стало быть готовится оно совершенно такъ же, какъ и для послѣдняго инструмента.

Малое же выпуклое имѣетъ гиперболическую фигуру. Раньше всего оно, конечно, шлифуется сферическимъ и работа ведется совершенно тѣми же приемами, какіе только что описаны для изготовления малаго вогнутого зеркальца Грегори, съ тою только разницей, что здѣсь *стекло находится все время внизу, а чашка шлифуетъ поверхность нею*. Всѣ манипуляціи, повторяемъ, до полированія включительно—тѣ же самыя.

Что же касается фигурации, то таковая достигается, можно сказать, почти ощупью. Малое зеркальце помѣщается на свое мѣсто въ трубу телескопа, тщательно центрируется и изслѣдуется ножомъ въ фокусѣ телескопа. Если на больше вогнутое зеркало падаетъ параллельный пучекъ лучей, то маленькое зеркало, если оно имѣетъ сферическую поверхность, будетъ давать при испытаніи такія же тѣни, какъ парабола, когда ее изслѣдовать изъ общаго центра кривизны. Стало-быть, нужно снять промежуточную зону между краями и центромъ. Для этого пригоденъ полировальникъ приблизительно такого вида, какъ изображенъ на рис. 41. Осторожнымъ полированіемъ слѣдуетъ довести зеркало до того, чтобы при испытаніи ножомъ оно казалось *плоскимъ дискомъ*, т. е. давало бы такія же тѣни, какія даетъ сферическая поверхность, испытываемая изъ центра кривизны.

XVI.

Изготовление металлических зеркаль.

Изготовление зеркаль изъ зеркальнаго металла нѣсколько отличается по способу отъ изготовления зеркаль изъ стекла. Во-первыхъ, металлическое зеркало приходится шлифовать на чашкѣ, которая можетъ быть изготовлена хотя бы изъ свинца. Чашка эта дѣлается чуть выпуклѣе (2—3 дюйма длиннѣе, чѣмъ нужный радіусъ кривизны) и въ $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ больше по діаметру, чѣмъ шлифуемое зеркало. Такъ какъ къ тяжелому металлическому диску приклеить варомъ ручку-держатель довольно мудрено, то удобнѣе зеркало просто держать рукою, одѣтою въ перчатку, не проводящую тепло (резиновая). Шлифованіе начинается сразу съ отмученнаго наждака или карборундума, такъ какъ крупный порошокъ дѣлаетъ въ поверхности зеркала такія углубленія, которыя потомъ почти невозможно сгладить. Когда, послѣ предварительной шлифовки поверхность зеркала будетъ казаться уже достаточно гладкой, безъ царапинъ и проч., наждакъ или карборундумъ смывается съ чашки и дальнѣйшая шлифовка ведется лишь при добавленіи одной воды тѣмъ лишь количествомъ шлифующаго матеріала, какое застряло въ чашкѣ.

Полировальникъ дѣлается, какъ обыкновенно, изъ вара и, предпочтительнѣе, на $\frac{1}{3}$ по діаметру меньше, чѣмъ зеркало. Если готовится зеркало для грегорианскаго или кассегреновскаго телескопа, т. е. съ отверстіемъ въ серединѣ, то такой же величины отверстіе должно быть и въ полировальникѣ. Зеркало слегка нагрѣвается погруженіемъ въ теплую воду, затѣмъ на-сухо вытертая поверхность его покрывается тонкимъ слоемъ вазелина и оно накладывается на теплый и еще пластичный варъ полировальника и передвигается по немъ, пока не отформуется его совершенно точно и пока и полировальникъ, и зеркало совершенно не остынутъ. Затѣмъ зеркало снимается и трехграннымъ напильникомъ, обильно смоченнымъ водою, на полировальникѣ нарѣзаются фасетки, глубиной въ $1\frac{1}{2}$ —2 мм. и $\frac{1}{2}$ дюйм. каждая сторона квадрата. Спиленный варъ смывается и сдувается и затѣмъ полировальникъ покрывается крокусомъ.

Во всемъ дальнѣйшемъ поступаемъ такъ же, какъ и при работѣ стекляннаго зеркала.

Объ испытаніи зеркаль по звѣздамъ.

Прежде чѣмъ закончить это описаніе, я позволю себѣ еще разъ напомнить, что сутью работы является получение сферической поверхности и обращеніе этой послѣдней въ параболическую. Самой же трудной частью работы для начинающихъ слѣдуетъ признать распознаваніе истинной фигуры зеркала. Здѣсь особенно нужна внимательность и поспѣшныя заключенія о фигурѣ не могутъ имѣть цѣны. Слѣдуетъ съ возможной тщательностью нащупать фокусы всѣхъ зонъ зеркала. $6\frac{1}{2}$ д. зеркало можно разбивать и не на 3, а на большее, если угодно, число зонъ. Центромъ кривизны слѣдуетъ признать



Рис. 48.

ту точку, въ которой сходятся лучи отъ средней зоны. Первой же зоной нужно считать ближайшую къ центру зеркала зону, которая начинается отъ того мѣста, которое будетъ закрыто малымъ зеркаломъ. Начинать отсчеты такъ же легче съ промежуточной зоны, отсчитывая взадъ и впередъ. Имѣется помимо испытанія ножомъ еще испытаніе при помощи окуляра. Изображеніе свѣтящейся точки разсматривается при вдвинутомъ, т. е. приближенномъ къ зеркалу окулярѣ и при выдвинутомъ, т. е. отдаленномъ отъ зеркала. На рис. 48 представлены различные виды, получающіеся отъ различныхъ поверхностей. Но проба эта менѣе точная, чѣмъ проба ножомъ, и даетъ менѣе надежные результаты особенно для малоопытнаго глаза ¹⁾. При самыхъ тщательныхъ изслѣдованіяхъ, а особенно при изслѣдованіи малыхъ вогнутыхъ зеркаль для телескоповъ Грегори, ножъ слѣдуетъ передвигать микрометрическимъ приспособленіемъ. Мы не станемъ приводить здѣсь чертежей приборовъ для такихъ микро-

¹⁾ Есть еще способъ изслѣдованія поверхности параболическихъ зеркаль при помощи сѣтки, но такъ какъ онъ пригоденъ главнымъ образомъ для такихъ короткофокусныхъ зеркаль, какія употребляются почти исключительно при устройствѣ прожекторовъ для военныхъ цѣлей, то мы приводить его здѣсь не будемъ.

метрическихъ движеній, такъ какъ конструкція такого прибора всецѣло зависитъ отъ вкуса и средствъ работающаго и отъ той степени точности, какой онъ желаетъ достигнуть. Во всякомъ случаѣ уже пристройство ножа къ обыкновенному винтовому микрометру, употребляющемуся для опредѣленія калибровъ, и дающему отсчеты въ десятыхъ доляхъ миллиметра позволить достигнуть достаточно точныхъ результатовъ. Отсчеты слѣдуетъ, конечно, производить нѣсколько разъ и брать средній.

Понять истинную фигуру зеркала—значитъ сдѣлать очень хорошее зеркало. Такъ какъ вся трудность заключается въ умѣнны найти ошибку поверхности, то самая тонкая работа изготовленія зеркала и заключается именно въ «мѣстной» полировкѣ, въ той «ретуши» поверхности, которая все ближе и ближе приводитъ послѣднюю къ истинной параболѣ. Это, повторяю, самая трудная, но и самая интересная часть работы.

Чтобы помочь въ распознаваніи фигуры зеркала при пробѣ по звѣздамъ, при пробѣ, которая хотя и считается наилучшей и наиболѣе заслуживающей довѣрія, но которая, однако, иногда вводитъ неопытный глазъ въ заблужденіе, я позволю себѣ сказать еще нѣсколько словъ. Если зеркало имѣетъ гиперболическую фигуру, то диффракціонныя кольца вокругъ звѣздъ—черезчуръ толсты и замѣтны и слишкомъ близки къ диску. Въ большинствѣ случаевъ дискъ слишкомъ малъ. Въ дискѣ мало свѣта, въ кольцахъ же наоборотъ—слишкомъ много. Зачастую видно одно толстое кольцо, когда должно быть два тонкихъ. Этотъ случай легко вводитъ въ обманъ любителя при сужденіи о достоинствахъ его работы, такъ какъ на нѣкоторыхъ классахъ звѣздъ при немъ можетъ обнаружиться значительная разрѣшительная сила, а между тѣмъ зеркало въ цѣломъ можетъ быть очень неправильной кривой; такое зеркало—«не планетное», такъ сказать зеркало, не способное нарисовать мелкую деталь на поверхности планеты.

Слегка недокорректированное, т. е. уклоняющееся въ сторону эллипса зеркало, показываетъ на большихъ звѣздахъ большіе кольца, чѣмъ переискорректированное, но они тоньше, не такъ ярки и дискъ звѣзды ярче и больше похожъ на крошечную планету. На меньшихъ звѣздахъ звѣздный дискъ еще замѣтнѣе и кольца лежатъ отъ него дальше.

XVIII.

Изготовление плоского зеркала для телескопа Ньютона.

Самой трудной работой в оптической технике слѣдуетъ признать изготовленіе точныхъ плоскихъ поверхностей. Будучи вполне теоретически знакомъ съ методомъ шлифовки этихъ зеркалъ, я однако потратилъ массу труда и времени, пока не достигъ, наконецъ, успѣха въ этой работѣ.

Для полученія плоской поверхности нужны три одинаковой величины (не менѣе 3 д.) диска, которые мы обозначимъ черезъ А, В и С. Кладемъ раньше дискъ А и работаемъ по немъ дискомъ В съ самымъ мелкимъ отмученнымъ наждакомъ или карборундумомъ до тѣхъ



Рис. 49.

поръ, пока не исчезнетъ со стекла вся полировка. Затѣмъ кладемъ дискъ В и работаемъ по немъ дискомъ С. Потомъ кладемъ дискъ С и работаемъ дискомъ А. Такимъ образомъ мы можемъ получить достаточно плоскій шлифованный дискъ. Полировальникъ можно дѣлать изъ вара, налитого на доску, плоско приглаженного дискомъ и снабженного квадратными фасетками. Диски при работѣ кладутся не просто на доску, а на суконный кружокъ и удерживаются неподвижно при помощи трехъ тонкихъ дощечекъ, привинченныхъ къ доскѣ такъ, что дощечки эти образуютъ описанный равносторонній треугольникъ вокругъ диска. Приклеивать дискъ къ

доскѣ не рекомендуется, равно какъ и на дискъ, которымъ производится шлифованіе слѣдуетъ приклеивать не деревяшку, а пробки. Еще лучше для этой цѣли специальная ручка-держатель, изображенная на рис. 49, предложенная Брашеромъ. Я сдѣлалъ себѣ такую ручку и нахожу, что она дѣйствительно лучше всего отвѣчаетъ цѣли, такъ какъ она совершенно плотно прижимаетъ стекло и не сообщаетъ ему при работѣ никакихъ колебательныхъ движеній.

Но полученіе хорошихъ результатовъ при этомъ зависитъ помимо тщательности работы, также и отъ сорта самого стекла. Я работалъ раньше съ обыкновеннымъ зеркальнымъ стекломъ толщиной въ 7—8 мм. и, хотя получалъ въ концѣ концовъ достаточно плоскія поверхности ¹⁾, но послѣ того, какъ изъ диска вырѣзывалось овальное зеркальце, оно оказывалось опять не точно плоскимъ. Обыкновенное зеркальное стекло такой толщины способно весьма замѣтно

¹⁾ Нѣкоторые диски перешлифовывались по 14 разъ.

коробиться при обработкѣ и при обрѣзаніи не сохраняетъ своей прежде точно плоской поверхности. Тогда я обратился къ оптическому стеклу ¹⁾. Это стекло очень твердо и принимаетъ замѣчательно яркую полировку, но такъ какъ диски изъ него получаются всего въ 1½ дюйма діаметромъ, то рукой шлифовать такіе маленькіе диски оказалось мнѣ не подъ силу. Тогда я построилъ машину для шлифованія плоскихъ зеркалъ, которую приводилъ въ дѣйствіе маховикомъ токарнаго станка. Такъ какъ машинка эта шлифуетъ безусловно точно, то я скажу о ней нѣсколько словъ. Идея ея такова. Если мы имѣемъ два диска, изъ которыхъ нижній вдвое большаго діаметра, нежели верхній, то, если оба диска будутъ вращаться въ одну и ту же сторону и съ одинаковой скоростью, то всѣ элементы ихъ поверхностей будутъ одинаковое время подвергаться равнобѣрному дѣйствію шлифующаго вещества. Рис. 50 представляетъ схематическій видъ такой машины. Для постройки такой машины, нужно, какъ видно изъ чертежа, пять совершенно одинаковыхъ шкивовъ и три оси. Для надлежащаго прижиманія верхняго диска у меня было сдѣлано довольно сложное приспособленіе. Работаетъ такая машина, повторяю, прекрасно, но нужно очень внимательно слѣдить за достаточной влажностью наждака, такъ какъ при малѣйшемъ высыханіи, стекла сдѣпляются и работа можетъ быть испорчена.

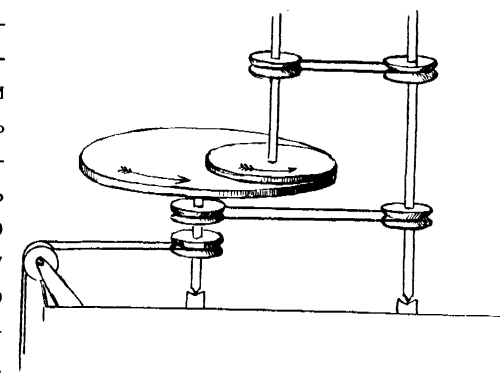


Рис. 50.

Хотя построить такую машину и не трудно, но строить ее для того, чтобы отшлифовать себѣ одно зеркальце, нужное для ньютоновскаго телескопа, зеркальце, которое можно купить уже за 7—10 руб., едва ли цѣлесообразно и поэтому я опишу здѣсь тотъ простой способъ шлифованія такихъ зеркалъ изъ обыкновеннаго зеркальнаго стекла, къ которому въ концѣ концовъ я пришелъ и который даетъ очень хорошіе результаты при наименьшей затратѣ труда.

Такъ какъ зеркальное стекло обыкновенно уже хорошо отполировано, то выбравъ чистый кусокъ его, слѣдуетъ начертить черни-

¹⁾ Стекло это продается полосами, шириной приблиз. 1½ дюйма и толщиной 5 мм. и изъ этой полосы рѣжутъ квадратики по 20 коп. за штуку. Квадраты по 4 д. сторона стоятъ уже по 2 рубля за штуку.

лами на немъ приблизительный овалъ нужнаго намъ зеркала. При этомъ малая ось овала должна быть на 5—6 мм. а большая примерно на 2 сант. длиннѣе, чѣмъ точная величина. Затѣмъ щипцами изъ *мягкаго желѣза* слѣдуетъ обломать лишнее стекло по начерченную линію и обѣ поверхности стекла закрыть какимъ-нибудь спиртовымъ лакомъ во избѣжаніи порчи ихъ. Раздобывъ тонкостѣнную мѣдную трубку такого внутренняго діаметра, какъ малая ось нужнаго намъ зеркала, вытачиваемъ изъ дерева цилиндръ дюймовъ въ 6—7 длиной и такой толщины, чтобы цилиндръ этотъ точно входилъ въ мѣдную трубку. Потомъ цилиндръ этотъ слѣдуетъ распилить, приблизительно по срединѣ, *точно* подъ угломъ въ 45°. На распиленные концы его наливается *твердый* расплавленный варъ и между ними приклеивается стекло, наблюдая, чтобы цилиндръ снова принялъ правильно цилиндрическую форму, чего легко можно достигнуть, вставивъ его въ станокъ

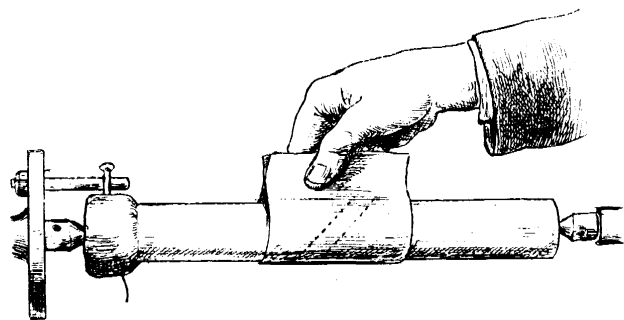


Рис. 51.

и пока варъ еще не застылъ, выравнять, если нужно, и затѣмъ остудить водой. Теперь лишніе выступающіе концы стекла, если ихъ можно захватить щипцами, можно обломать еще. Если же они уже такъ малы, что щипцы ихъ не захватываютъ, то всѣ неровные выступы я стачивалъ, поднося стекло къ быстро вращающемуся карборундовому колесу. Колесо это быстро стачиваетъ стекло, но при этомъ почаше слѣдуетъ его смачивать водою, иначе стекло будетъ очень нагрѣваться. За неимѣніемъ карборундоваго колеса, можно продѣлать это и на обыкновенномъ точильномъ изъ песчаника. Огладивъ болѣе или менѣе такимъ образомъ, края, ставимъ нашу деревяшку со стекломъ между центрами станка и подставляя карборундовую пластинку, какъ рѣзецъ, снимаемъ стекло еще глаже. Затѣмъ на кусокъ тонкаго цинка или жести насыпаемъ болѣе мелкаго (№ 200) карборундума, обильно увлажняемъ его водою и, обернувъ этотъ листокъ вокругъ цилиндра на подобіе трубки, быстро вращаемъ станокъ прижимая все время выступающіе края этого листка (Рис. 51). Обтачиваніе должно производиться до тѣхъ поръ, пока цилиндръ вмѣстѣ со стекломъ не будетъ свободно, но безъ качаній, входить въ ту мѣдную трубку, по діаметру которой онъ выточенъ и которая будетъ слу-

жить оправой для этого малаго зеркальца. Затѣмъ карборундумъ тщательно смывается, цилиндръ вытирается до-суха, варъ разогрѣвается и стекло осторожно освобождается изъ деревяшки. Чтобы удалить съ него варъ, помѣщаемъ его въ блюдо съ керосиномъ, въ которомъ варъ и растворится. Лакъ съ поверхности удаляется спиртомъ. Теперь наше стекло имѣетъ такой видъ, какъ изображено на рис. 52. Тѣмъ лицамъ, у которыхъ нѣтъ токарнаго станка, можно посоветовать соорудить себѣ нѣкоторое подобіе этой машины. Для этого нужна толстая, короткая доска, въ которую прочно вколачиваютъ двѣ крѣпкихъ стойки. Роль центровъ должны играть болты, концы которыхъ заострены конусомъ. Рисунокъ 53 поясняетъ все устройство. Завинчивая какой-либо изъ болтовъ, мы зажимаемъ такимъ образомъ цилиндръ между центрами. Навернувъ затѣмъ на цилиндръ натертую канифолью веревку, или лучше скрученный ремень, концы котораго привязываются къ какой-нибудь гибкой палкѣ, мы можемъ вращать нашъ станокъ, который и представляетъ собою подобіе тѣхъ станковъ, что употребляются часовщиками, только въ увеличенномъ, конечно, видѣ.

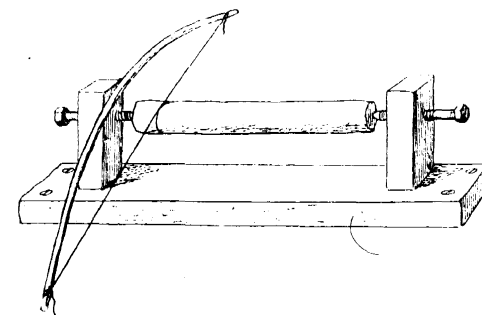


Рис. 53.

Рис. 52. Иллюстрация, показывающая готовое зеркало. Оно имеет форму овала, вписанного в круг. В центре овала есть небольшая точка, обозначенная буквой 'А'. Овал также обозначен буквой 'А'.

Рис. 52.

Изслѣдованіе плоскихъ поверхностей можетъ производиться или способомъ интерференціи, или телескопически. Первый способъ гораздо болѣе точный и мы раньше и опишемъ его. Для этого способа однако, непременно нужна уже завѣ-

домо точная плоская пластинка. Смахнувъ съ нее и съ испытуемой поверхности нашего зеркала всякую возможную пыль, прикладываемъ наше зеркало на эту пластинку и плотно прижимаемъ. Если теперь смотрѣть на мѣсто соприкосновенія обѣихъ поверхностей подъ острымъ угломъ противъ свѣта (лучше разсѣяннаго, т. е. противъ окна, обращеннаго на сѣверъ. а если это почему-либо нельзя, или испытаніе производится вечеромъ при лампѣ, то между лампой и зеркаломъ слѣдуетъ помѣщать матовое стекло), то мы увидимъ здѣсь радужные цвѣта, по большей части розовый и зеленый. Прекрасное точно плоское зеркало должно давать по всей поверхности одинъ зеленый цвѣтъ, т. е. разстояніе между стеклами всюду—не болѣе длины свѣтовой волны зеленого цвѣта. Зеркала, выточенные по вышеупомяну-

тому способу изъ обыкновеннаго зеркальнаго стекла, никогда не даютъ такого цвѣта. Когда я раньше шлифовалъ диски изъ такого стекла, то при соединеніи они давали не только зеленый, но мѣстами даже и синій цвѣтъ, а нѣкоторыя пятна были даже черныя, т. е. здѣсь стекла слипались уже вплотную и разъединить ихъ требовалось нѣкоторое усиліе. Такое явленіе наблюдалось впрочемъ не сразу, а спустя нѣкоторое время послѣ того, какъ стекла полежатъ нѣсколько часовъ вмѣстѣ. Выточенный же изъ такого диска овалъ, совершенно



Рис. 51.

терялъ свою плоскую фигуру. Стекло обыкновенно коробилось и, какъ я замѣтилъ, почти всегда одинаково, именно края А и А (рис. 51) заворачивались кверху, такъ что, приложивъ его къ пробной пластинкѣ, всегда можно было наблюдать яркія чередующіяся полосы краснаго и зеленаго цвѣта,

идушія отъ этого края къ серединѣ, какъ показано на рис. 54. Поэтому, зная ошибку, я старался исправить ее полированіемъ, которое я производилъ слѣдующимъ образомъ. Къ полосѣ (20 × 4 дюйм.) толстой и гладкой древесной папки къ одному ея концу прочно приклеивается однимъ концомъ полоса, такой же почти величины, или немного меньше, хорошей ватманской бумаги. Полоса эта приклеивается, повторяю, однимъ лишь концомъ—дюйма на три, остальная же ея часть лежитъ на папкѣ свободно. Затѣмъ эта бумага очень обильно окрашивается разведеннымъ крокусомъ и сушится въ защищенномъ отъ пыли мѣстѣ. Когда она совершенно высохнетъ (обыкновенно нѣсколько часовъ: 7—8), можно приступить къ полированію. Изъ древесной же папки, уже

не такой толстой, вырѣзывается полоска, концы которой загибаются такъ, чтобы этой папкой можно было захватить зеркало, какъ показано на рис. 55, чтобы не прикасаться къ нему пальцами. Слѣдуетъ замѣтить, что и при изслѣдованіи его не слѣдуетъ брать просто руками, а лучше чистой сложенной въ нѣсколько разъ тряпочкой или только что описаннымъ папочнымъ держателемъ, такъ какъ стекло, какъ извѣстно, замѣтно расширяется отъ тепла рукъ. Полировальникъ располагается на гладкомъ, покрытомъ сукномъ столѣ, стекло захватывается папочнымъ держателемъ, плотно накладывается на полосу крокуса и съ нажатіемъ

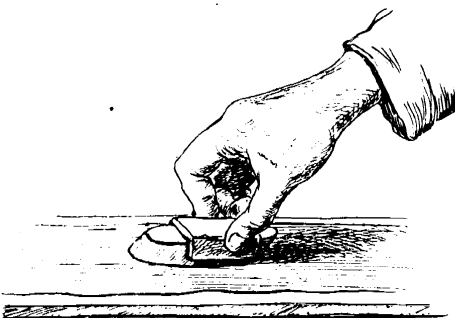


Рис. 55.

проводится вдоль по бумажной полосѣ. Нажатіе слѣдуетъ производить именно на то мѣсто, которое подлежитъ снятію. Бумага отлично полируетъ, но такъ какъ она сухая, то стекло сильно нагрѣвается и потому послѣ 2—3 минутъ полированія слѣдуетъ дѣлать паузу въ работѣ, особенно, когда при испытаніи на пробной пластинкѣ будетъ замѣчаться, что полосы становятся гораздо шире и распространяются уже чуть не по всей поверхности зеркала. Тогда слѣдуетъ быть очень осторожнымъ: давать стеклу совершенно охладиться и пробовать черезъ каждые 2—3 минуты. Какъ только розовыя полосы исчезнутъ, а середина зеркала будетъ отливать, хотя слабымъ зеленымъ цвѣтомъ, зеркало наше вполне пригодно для телескопа и его можно посеребрить.

Самымъ большимъ неудобствомъ при этомъ способѣ является то, что для него необходима пробная точно-плоская пластинка, т. е. зеркало. За неимѣніемъ таковой можно, пожалуй, рекомендовать пользоваться очень большимъ объективомъ отъ бинокля. Въ нѣкоторыхъ хорошихъ бинокляхъ флинтгласовая, т. е. задняя линза объектива имѣетъ достаточно точную плоскую поверхность. Конечно для особенно точной работы (каковая для телескопа Ньютона уже и не нужна) пользуются при испытаніи методомъ интерференціи поверхностью воды въ сосудѣ, которую приводятъ къ параллельности съ поверхностью погруженнаго въ ней зеркала (помощью уравнивательныхъ винтовъ) и при монохроматическомъ свѣтѣ наблюдаютъ темныя и свѣтлыя полосы на ней. Но для этого нужны кромѣ того спеціальныя приспособленія.

Телескопическій способъ испытанія плоскихъ зеркалъ гораздо проще. Зеркало (лучше посеребренное) устанавливается на ребро и на разстояніи отъ него нѣсколькихъ футовъ или даже дюймовъ, если не позволяетъ мѣсто, ставится зрительная труба, объективъ которой долженъ быть по діаметру не менѣе малой оси зеркала. Если онъ значительно больше,—его можно прикрыть до нужной величины діафрагмой. Труба должна быть по возможности хорошей и увеличеніе слѣдуетъ брать не менѣе 40—50 разъ. Зеркало располагается по отношенію къ оси трубы подъ угломъ въ 45°; при этомъ удобнѣе его ставить не просто на ребро, а слегка наклонить, чтобы труба смотрѣла на него слегка внизъ. Для испытанія выбирается какой-нибудь подходящій объектъ, находящійся на разстояніи 30—40 фут. отъ телескопа. Этимъ объектомъ съ удобствомъ можетъ служить печатная страница, часовой циферблатъ, испорченный густой негативъ, съ нацарапанными на эмульсіи перекрещивающимися подъ прямымъ угломъ параллельными линиями и помѣщенный такъ, чтобы черезъ него просвѣчивало небо и т. под. Труба сперва тщательно

наводится на фокусъ на отраженное въ зеркальцѣ изображеніе и на окулярной трубкѣ дѣлается отмѣтка. Затѣмъ окулярная трубка немного выдвигается и телескопъ направляется на объектъ непосредственно, отодвинувшись при этомъ на такое разстояніе, на какомъ находился его объективъ раньше, въ сторону отъ объекта, чтобы быть отъ этого объекта въ такомъ же разстояніи, какъ и при разсматриваніи черезъ зеркальце, т. е. если объективъ находился напр., на 1 арш. отъ зеркала, то вся труба послѣ оборачиванія на объектъ непосредственно, отодвигается отъ него еще на 1 аршинъ. Теперь телескопъ опять тщательно наводится на фокусъ уже непосредственно по объекту и на окулярной трубкѣ снова дѣлается отмѣтка. Эта повторная фокусировка необходима затѣмъ, чтобы предотвратить аккомодацию глаза. Если отмѣтки совпадаютъ и отчетливость такая же, какъ и въ первомъ случаѣ, то плоское зеркальце—оптически точное. Но если замѣтна разница въ отчетливости (въ первомъ случаѣ потеря ея), значитъ зеркало—не вѣрное. Если отраженное изображеніе требуетъ большого выдвиганія окулярной трубки—предполагаемое плоское зеркало—слегка выпукло; если требуетъ вдвиганія—зеркальце вогнуто.

Имѣется еще и другой способъ телескопическаго испытанія плоскихъ зеркалъ, въ которомъ употребляются двѣ зрительныхъ трубы. Одна изъ нихъ фокусируется на бесконечность (на луну, звѣзду или просто очень отдаленный предметъ) и на окулярной трубкѣ дѣлается отмѣтка. Окуляръ другого телескопа удаляется и на его мѣсто вставляется стеклянная пластинка, закрытая чернымъ лакомъ или кусокъ густого негатива, на которомъ начерчены иглой двѣ перекрещивающіяся тонкія прозрачныя линіи. Наблюдатель смотритъ черезъ первый телескопъ и подгоняетъ окулярную трубку второго такъ, чтобы линіи эти были видны рѣзко отчетливо. Линіи эти теперь будутъ въ главномъ фокусѣ второго телескопа и его не слѣдуетъ сдвигать съ своего мѣста. Затѣмъ два деревянныхъ рейка соединяются вмѣстѣ на подобіе плотничьяго наугольника и на каждомъ рейкѣ укрѣпляются эти телескопы, направленные объективами къ вершинѣ наугольника, такъ что, раздвинувъ рейки, можно расположить обѣ трубы по прямой линіи, а сдвигаясь, рейки будутъ имѣть видъ буквы V. Плоское зеркальце помѣщается въ точкѣ соединенія обоихъ рейковъ и пересѣкающіяся линіи фокусируются, какъ и раньше. Въ этомъ способѣ мы имѣемъ добавочное доказательство точности плоской поверхности. Одновременно перемѣна въ фокусной длинѣ перваго телескопа даетъ намъ эффектъ производимый астигматизмомъ (покорбленность). Малѣйшая кривизна зеркала даетъ уже замѣтную разницу въ рѣзкости изображенія вертикальной и горизонтальной линій.

XIX.

Серебрение зеркаль.

Для серебрения зеркала нужны два сосуда. Особенно пригодны для этой цѣли фаянсовые поддоники для цвѣточныхъ горшковъ. Но можно, конечно, пользоваться и другой какой-либо посудой, лишь бы она была совершенно чиста и удобно могла вмѣстить въ себѣ зеркало.

Къ обратной сторонѣ зеркала приклеивается варомъ дощечка такой величины, чтобы, будучи положена на края сосуда или на какія-либо подпорки, она могла удерживать зеркало лицевой стороной внизъ, какъ показано на рис. 56. Если зеркало уже было посеребрено, то старый фильмъ удаляется тампончикомъ гигроскопической ваты, смоченной азотной или крѣпкой соляной кислотой. Осторожными вращательными движеніями слой снимается и зеркало хорошо споласкивается водой, затѣмъ опять протирается тампономъ, смоченнымъ въ растворѣ ѣдкаго кали (изъ раствора В), послѣ чего тщательно промывается подъ краномъ и споласкивается дистиллированной водой. Затѣмъ доска, обратная сторона зеркала и особенно края его тщательно *вытираются на-сухо* чистой тряпочкой. Это полезно дѣлать потому, что трудно удаляемая съ матовой поверхности краевъ грязь и кислота можетъ стечь потомъ на лицевую сторону и испортить серебрение. Иногда, вынувъ зеркало изъ раствора, можно видѣть, что все оно хорошо засеребрилось, а у самыхъ краевъ серебро не пристало. Послѣ этого опускаемъ зеркало въ одинъ изъ сосудовъ такъ, чтобы оно не касалось дна послѣдняго, а находилось отъ него на разстояніи $\frac{3}{4}$ —1 дюйм. и наливаемъ въ этотъ сосудъ столько дистиллированной воды, чтобы уровень ея былъ примѣрно на $\frac{1}{4}$ дюйма выше лицевой поверхности зеркала. Чтобы убѣдиться въ томъ, что вся поверхность зеркала химически чиста, быстро поднимаемъ зеркало изъ воды и смотримъ, вся ли она покрыта неразрывной тонкой пленкой воды. Если гдѣ-либо стекло окажется сухимъ,—слѣдуетъ очищать его снова, хотя бы тампончикомъ гигроскопической ваты, и повторять это до тѣхъ поръ, пока вся поверхность зеркала при быстромъ поднятіи изъ воды будетъ покрыта сплошь тонкой пленкой воды. Сливъ затѣмъ воду изъ сосуда въ мензурку, измѣряемъ, сколько куб. сант. жидкости намъ нужно для серебрения нашего зеркала, послѣ чего опять выливаемъ воду обратно въ сосудъ.

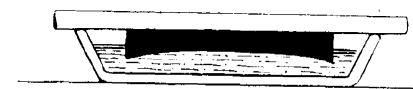


Рис. 56.

Рецептовъ для серебрѣнія имѣется нѣсколько, но всѣ они основаны на первоначальной формулѣ Либиха; вотъ эта формула:

Растворъ А	Азотно кислаго серебра	5,4 грм.
	Дистиллированной воды	113,2 куб. сант.
Растворъ В	Чистаго ѣдкаго кали (очищеннаго алкоголемъ)	28,3 грм.
	Дистиллированной воды	707,5 куб. сант.
Растворъ С	Молочнаго сахара	14,15 грм.
	Дистиллированной воды	141,5 куб. сант.

Растворы А и В хранятся въ хорошо закупоренныхъ сосудахъ. Растворъ же С слѣдуетъ готовить, не задолго передъ серебрѣніемъ каждый разъ свѣжій.

Прежде, чѣмъ приступить къ описанію дальнѣйшихъ процессовъ, я долженъ сказать, что успѣхъ серебрѣнія всегда можетъ быть обезпеченъ, если строго соблюдаются слѣдующія три условія: 1) абсолютная чистота какъ самого зеркала, такъ равно и посуды необходимой при процессѣ, 2) надлежащая температура и 3) надлежащее (не болѣе, чѣмъ слѣдуетъ), количество амміака при аммонизированіи. Химическіе продукты, конечно, должны быть такъ же химически чистые. Азотнокислое серебро (*Argentum nitricum*), а такъ же ѣдкій кали (*Cali hydrat causticum*) слѣдуетъ брать либо фабрики Шеринга, либо Мерка. Ёдкій кали слѣдуетъ хранить въ плотно закупоренной склянкѣ, съ залитой парафиномъ пробкой.

Такъ какъ во всѣхъ приводимыхъ ниже рецептахъ, осаждающимъ растворомъ С является не молочный сахаръ, а глюкоза, то мы раньше всего скажемъ о приготовленіи этого раствора, такъ какъ его слѣдуетъ готовить заранее передъ серебрѣніемъ дня за 2—3 а то и за недѣлю. Если онъ хорошо закупоренъ, онъ можетъ сохраняться сколько угодно долго. Для приготовленія его слѣдуетъ взять 28 граммовъ обыкновеннаго хорошаго колотаго (а не пиленнаго) сахара и растворить его въ 100 куб. сант. дистиллированной воды. Затѣмъ добавить 20 капель азотной кислоты и прокипятить все это въ теченіе 10-ти минутъ. Когда растворъ остынетъ, влить въ него 20 куб. сант. 95% алкоголя (не денатурата) и еще добавить столько дистиллированной воды, чтобы получилось всего 300 куб. сантим.

При серебрѣніи по способу Martin'a, пожалуй, самому простому и доступному для начинающихъ, осаждающій растворъ, т. е. глюкоза получается не отъ прибавленія азотной кислоты, а отъ прибавленія винно-каменной кислоты. Сахаръ же можно брать и не колотый, а очень крупный кристаллическій сахарный песокъ. Впрочемъ оба эти раствора и съ азотной, и съ виннокаменной кислотой почти одинаково осаждаютъ серебро, если строго соблюдается, чистота и температура.

Вотъ рецептъ серебрѣнія по способу Martin'a.

I.	Растворъ а	Азотно кислаго серебра	10,5 грм.
		Дистиллированной воды	283 куб. сант.
	Растворъ b	Азотно кислаго аммонія	15,7 грм.
		Дистиллированной воды	283 куб. сант.
II.	Растворъ с	Ѣдкаго кали	28,3 грм.
		Дистиллированной воды	283 куб. сант.
		Хорошаго колотаго сахара (или круп. сахарн. песка)	14 грм.
	Растворъ d	Дистиллированной воды	140 куб. сант.
		Растворить и прибавить виннокаменной кислоты	3 грм.
		Прокипятить въ теченіе 10 минутъ и, когда остынетъ, прибавить Алкоголя (95%)	28 грм.
		Прибавить дистиллированной воды еще, чтобы вошло всего	283 куб. сант.

При употребленіи берутся равныя количества растворовъ а и b и смѣшиваются въ одномъ сосудѣ (I). Въ другомъ сосудѣ смѣшиваются такъ же равныя количества растворовъ с и d (II). Затѣмъ обѣ смѣси выливаются въ ванну для серебрѣнія, размѣшиваются и въ нее погружается зеркало. Возстановленіе серебра при этомъ способѣ происходитъ не столь быстро, какъ при другихъ рецептахъ, но тогда слѣдуетъ брать растворовъ с и d (II) нѣсколько больше. Я, при серебрѣніи по этому способу (зимою), бралъ с и d каждого $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ раза больше, чѣмъ а и b.

Во всѣхъ остальныхъ способахъ, не исключая и оригинальнаго способа Либиха, растворъ азотнокислаго серебра раньше всего аммонизируется, т. е. подѣ дѣйствіемъ амміака (нашатырнаго спирта) соль серебра возстановливается въ металлическое серебро и процессъ этого аммонизированія одинаковъ для всѣхъ рецептовъ. Поэтому мы прямо начнемъ съ рецепта Твидаля, какъ наиболѣе простаго. Для серебрѣнія $6\frac{1}{2}$ д. зеркала по этому способу я бралъ:

Растворъ А	6 грамм. азотнокислаго серебра.
	100 куб. сан. дистиллированной воды.
Растворъ В	6 грамм. ѣдкаго кали.
	100 куб. сант. дистиллиров. воды.

Конечно для большаго зеркала всего слѣдуетъ брать пропорціонально больше, а для меньшаго—пропорціонально меньше, но если зеркало безусловно чисто, то можно брать растворъ и концентрированнѣе, т. е. не 6 на 100, а напр. 10 на 100 обоихъ растворовъ. При отвѣшиваніи серебра и ѣдкаго кали на обѣ чашки вѣсовъ полезно класть по одинаковому кусочку чистой почтовой бумаги и на одну

бумагу класть разнѣски, а на другую азотнокислое серебро. При отвѣшиваніи кали бумажку слѣдуетъ перемѣнить, такъ какъ кали очень быстро забираетъ изъ воздуха влагу и уже черезъ 1—2 минуты оставляетъ на бумагѣ слѣды.

Едва ли не главной причиной неудачи серебрения у начинающихъ является то обстоятельство, что зеркало у нихъ оказывается чуть холоднѣе, чѣмъ серебрящій растворъ, такъ какъ послѣ продолжительнаго промыванія, особенно подъ краномъ, оно успѣетъ охладиться. Послѣ серебрения, процессъ котораго протекалъ совершенно правильно, вдругъ оказывается, что дно и стѣнки сосуда покрыты густымъ слоемъ серебра, тогда какъ на самомъ зеркалѣ серебра или совсѣмъ нѣтъ, или очень мало. Необходимо, чтобы всѣ относящіеся къ серебрению предметы находились по крайней мѣрѣ уже за сутки въ томъ помѣщеніи, гдѣ будетъ происходить процессъ, чтобы всѣ они имѣли одинаковую температуру ¹⁾. Поверхность же зеркала должна быть *теплѣ серебрящаю раствора* градусовъ на 8—10. Для этого поступаемъ такъ. Отливъ въ какую-нибудь чистую посудину, хотя бы чайную чашку, дистиллированной воды, нагреваемъ ее на спиртовкѣ почти до кипѣнія; затѣмъ, вынувъ зеркало, вливаемъ эту горячую воду обратно въ сосудъ и опять погружаемъ туда зеркало.

Теперь, отливъ, примѣрно $\frac{9}{10}$, изъ раствора А (азотнокислое серебро) въ какую-нибудь чистую стеклянную банку, начинаемъ капать въ нее крѣпкаго нашатырнаго спирта. Лучше всего это продѣлывать при помощи пузырька-капельника (цѣна 20 коп.). Отъ первой же капли безцвѣтный растворъ мутнѣетъ. Его слѣдуетъ хорошенько размѣшивать стеклянной палочкой. Капля за каплей должны слѣдовать съ промежутками. Растворъ становится бурнымъ, но отъ прибавленія нашатырнаго спирта и отъ помѣшиванія въ концѣ концовъ онъ начинаетъ просвѣтлѣться на столько, что черезъ него уже можно видѣть. Послѣ этого опять слѣдуетъ растворъ нѣсколько замутить, добавивъ въ него нѣсколько капель раствора А, послѣ чего влить въ него $\frac{9}{10}$ раствора В. Растворъ снова сильно замутнѣетъ и приметъ свѣтло-кофейный цвѣтъ. Опять капля за каплей, непременно съ промежутками, слѣдуетъ капать въ него нашатырный спиртъ, все время энергично размѣшивая стеклянной палочкой, пока онъ опять не начнетъ просвѣтлѣться. Здѣсь надо особенно осторожно прибавлять нашатырный спиртъ, чтобы не перелить его больше, чѣмъ требуется для восстановленія металлическаго серебра. Растворъ на

¹⁾ Слѣдуетъ имѣть въ виду, что при температурѣ ниже 10° Реомюра серебро уже не осаждается вовсе.

свѣтъ кажется теперь синеватымъ. Капнемъ въ него еще нѣсколько капель раствора А, которая примутъ на себя избытокъ амміака, если таковой окажется. Если нѣкоторая получившаяся при этомъ легкая муть не исчезаетъ послѣ усиленнаго размѣшиванія въ теченіе 3-хъ минутъ, то прибавленіе нашатырнаго спирта прекращаемъ и вливаемъ въ растворъ столько дистиллированной воды, чтобы общее количество жидкости равнялось тому, какое намъ нужно для погруженій зеркала, какъ мы измѣрили раньше. Теперь вливаемъ въ него осаждающаго раствора С, быстро все перемѣшивая. Вся жидкость быстро становится оранжево-красной и сію же минуту переходитъ въ черную. Тогда вливаемъ ее въ приготовленный сосудъ и быстро погружаемъ въ него вынутое изъ теплой дистиллированной воды зеркало, лицомъ, конечно, внизъ, наблюдая, чтобы подъ зеркаломъ не образовалось воздушнаго пузыря. Я обыкновенно отливалъ 40 куб. сант. раствора С, но вливая изъ него не болѣе половины, такъ какъ осажденіе и такъ начиналось ужъ очень быстро (правда,—лѣтомъ).

Черезъ 3—5 минутъ на поверхности раствора появляются тончайшія пленки серебра, а самъ растворъ изъ чернаго становится илистого цвѣта. Лѣтомъ серебрение у меня заканчивалось черезъ 8—10 минутъ. Чтобы убѣдиться, что все серебро осѣло изъ раствора, я поступалъ такъ. Вытеревъ насухо стеклянную палочку, я забиралъ ею растворъ, стараясь не захватить плавающего фильма, и держалъ ее надъ пламенемъ спиртовки. Если серебро не все еще осѣло, то палочка серебрилась въ нѣсколько секундъ. Если же все серебро уже возстановилось, то палочка вовсе не серебрилась. Такую пробу особенно полезно продѣлывать въ томъ случаѣ, когда растворъ густой, т. е. въ немъ много серебра, тогда можетъ случиться такъ, что серебро не только покроетъ толстымъ фильмомъ зеркало но и начнетъ на немъ кристаллизоваться. Такое серебрение, конечно, не годится. Поэтому при густомъ растворѣ «передержки» допускать не слѣдуетъ. Вынувъ теперь зеркало изъ ванны, мы увидимъ его покрытымъ блестящимъ слоемъ серебра. Промывъ его хорошенько подъ краномъ, обильно споласкиваемъ его затѣмъ дистиллированной водой и ставимъ на ребро въ защищенное отъ пыли мѣсто для просушки по крайней мѣрѣ на сутки.

Посеребренное такимъ способомъ зеркало имѣетъ блестящій фильмъ и почти не нуждается въ полировкѣ. Но во всякомъ случаѣ кусочекъ ваты, обернутой чистой замшей, на которую нанесено ничтожное количество *сухой* крокуса, взятаго съ бумаги, на которую онъ былъ предварительно нанесенъ кистью въ разведенномъ видѣ, послѣ 2—3 минутъ полированія циркулярными движеніями придаетъ поверхности зеркала полную яркость.

Вотъ еще нѣсколько рецептовъ:

Рецептъ Брашера.

Равныя части азотно-кислаго серебра и ѣдкаго кали растворяются въ дистиллированной водѣ въ отдѣльныхъ сосудахъ. Аммонизируется растворъ серебра, такъ же какъ и при способѣ Твидала. Осаждающій же растворъ готовится такъ:

Колотаго сахара (въ дистиллированной водѣ)	50,4 грм.
Азотной кислоты	0,9 грм.
Кипятить въ теченіе 10 минутъ, послѣ чего по остываніи прибавить:	
дистиллированной воды	540 куб. сант.
алкоголя (чистаго)	85 куб. сант.

Этотъ растворъ хранится въ плотно закупоренной стеклянкѣ сколько угодно долго.

Рецептъ Бёртона (Burton's).

Растворъ I {	Азотнокислаго серебра	1,7 грм.
	Дистиллированной воды	28,3 куб. сант.
Растворъ II {	Ѣдкаго кали	1,7 грм.
	Дистиллированной воды	28 куб. сант.
Растворъ а {	Растворовъ I-го и II-го равныя части.	
	Добавить амміака, пока чуть начнетъ растворяться осадокъ.	
	Прибавить раствора I-го пока чуть начнетъ обезцвѣчиваться.	
Растворъ б {	Колотаго сахара	17,5 грм.
	Дистиллированной воды	566 куб. сант.
	Азотной кислоты	3,5 грм.
	Алкоголя (чистаго)	283 куб. сант.
	Дистиллированной воды еще, чтобы вышло	2.284 куб. сант.

Употреблять раствора а 16 вѣс. частей и раствора б одну часть въ соотвѣтствіи съ величиной зеркала.

Рецептъ съ Рошелевой солью.

а {	Азотнокислаго серебра	1 грм.
	Дистиллированной воды	50 куб. сант.
б {	Рошелевой соли	8 грм.
	Дистиллированной воды	50 куб. сант.

Сперва растворъ азотно-кислаго серебра аммонизируется, какъ раньше, а затѣмъ добавляется растворъ Рошелевой соли. Осажденіе серебра при этомъ процессѣ занимаетъ нѣсколько часовъ времени.

Количество серебра также берется сообразно съ величиной зеркала, какъ и во всѣхъ другихъ рецептахъ.

Дрэперъ серебрилъ свое 15¹/₄ д. зеркало по этому способу, но рецептъ его нѣсколько отличается отъ только что приведеннаго. Первый растворъ онъ бралъ:

Рошелевой соли	36 грм.
Дистиллированной воды	60—85 куб. сант.

Послѣ растворенія растворъ фильтровался. Второй растворъ:

Азотнокислаго серебра	51,5 грм.
Дистиллированной воды	113 куб. сант.

Послѣ аммонизированія и этотъ растворъ фильтровался. Передъ серебреніемъ оба раствора смѣшиваются и добавляется дистиллированной воды столько, чтобы было всего 522 куб. сант.

Дрэперъ для серебренія употреблялъ спаянныя изъ жести круглыя блюда, тщательно покрытыя внутри слоемъ воска съ канифолью (равныя части). Очищаются такія блюда азотной кислотой.

Если, повторяемъ, строго соблюдаются условія чистоты температуры и проч., то можно серебрить по любому рецепту. Осаждающій растворъ можно примѣнять любой и къ любому рецепту. Для густоты фильма, особенно при способѣ Martin'a можно рекомендовать покрывать зеркало серебромъ дважды. Для этого по окончаніи осажденія серебра, зеркало вынимается изъ серебрующей ванны и снова помещается въ сосудъ съ водой. Содержимое изъ серебрующей ванны выливается прочь и въ нее опять наливается серебрующій и осаждающій растворы и опять погружается зеркало.

Толщина серебрянаго фильма, какъ извѣстно, чрезвычайно мала. Она не превышаетъ $\frac{1}{200.000}$ дюйма, а по послѣднимъ измѣреніямъ— даже не болѣе $\frac{1}{300.000}$ дюйма ¹⁾.

XX.

Превращеніе серебрянаго фильма въ золотой.

Для предотвращенія быстраго потускнѣнія Дрэперъ рекомендуетъ покрывать серебрянный фильмъ зеркала золотомъ. Для этого слѣдуетъ взять 0,18 грам. гипосульфита соды и растворить въ 28 куб. сант. дистиллированной воды.

Затѣмъ медленно прибавить въ него водный растворъ 0,06 грм. хлористаго золота. Жидкость послѣ этого станетъ лимонножелтаго

¹⁾ «Nature» 1889.

цвѣта, но постепенно обезцвѣтится. Опустить въ него посеребрянное зеркало на 24 часа. Фильмъ послѣ этого станетъ желтоватымъ. Кусокъ посеребренного стекла, позолоченный такимъ образомъ, оставался неизмѣннымъ среди другихъ посеребренныхъ кусковъ, которые подѣйствіемъ угольного газа частью потемнѣли, а частью стали синими.

XXI.

Монтировка зеркаль.

Оправа зеркала имѣетъ огромное значеніе. Часто прекрасное само по себѣ зеркало не даетъ даже сноснаго изображенія, только благодаря дефектамъ его оправы, благодаря лишь тому, что оно худо заключено, или заключено въ неподходящую оправу. Слѣдуетъ твердо помнить, что стеклянный дискъ зеркала, въ 6—7 дюймовъ діаметромъ, не смотря на свою дюймовую толщину весьма легко гнется отъ ничтожнаго нажатія. Непосредственно гнутіе, это, конечно, не замѣтно, но на построеніе изображенія оно вліяетъ въ чрезвычайной степени. И чѣмъ больше размѣры зеркала, тѣмъ тщательнѣе слѣдуетъ оберегать его отъ всякой возможности деформированія, которая съ возрастаніемъ діаметра зеркала и стало быть и его вѣса, становится все больше и больше. Въ очень большихъ зеркалахъ американскихъ рефлекторовъ оправка зеркала требуетъ едва ли меньше заботъ, чѣмъ шлифовка самого зеркала, такъ какъ благодаря большому вѣсу зеркало при различныхъ положеніяхъ испытываетъ различныя давленія. Поэтому поддержка зеркала—чрезвычайно сложна. Даже $15\frac{1}{4}$ д. зеркало Дрэпера помѣщалось уже во избѣжаніе деформации на резиновой воздушной подушкѣ, а чтобы оно не смѣщалось въ стороны, оно было охвачено стальной лентой, за которую и было, собственно, подвѣшено въ трубѣ.

Не имѣя однако въ виду зеркалъ большихъ, чѣмъ 10 д. діаметромъ, мы перейдемъ къ описанію простой оправы для зеркалъ, не превосходящихъ этого размѣра и такъ какъ мы, главнымъ образомъ, имѣемъ въ виду Ньютоновскій рефлекторъ, то мы и скажемъ раньше всего о монтировкѣ зеркалъ для этого телескопа.

Конечно, конструкція монтировки главнаго зеркала Ньютоновскаго рефлектора зависитъ прежде всего отъ вкуса и средствъ любителя, но необходимѣйшимъ условіемъ всякой конструкціи является непремѣнное отсутствіе малѣйшаго нажатія на зеркало. Зеркало до 9—10 д. діаметромъ можетъ быть заключено въ металлическую оправу въ видѣ фланца (рис. 57), которая привинчивается къ толстой деревянной или металлической доскѣ (b). Между зеркаломъ и доской находится кружокъ изъ гладкаго войлока или 2—3 кружка сукна (c).

При завинчиваніи оправы въ доску слѣдуетъ обращать особенное вниманіе на то, чтобы оправка отнюдь не нажимала на зеркало, такъ какъ малѣйшее нажатіе деформируетъ его поверхность. Лучше—если зеркало будетъ слегка свободно въ оправѣ. Затѣмъ, какъ видно изъ того же рисунка, доска съ зеркаломъ притягивается къ дну трубы болтомъ (d) и оттягивается отъ дна тремя уравнивающими винтами (e), благодаря которымъ зеркало можно въ небольшихъ предѣлахъ наклонять къ оси трубы въ любую сторону. Модификаціей такой монтировки можетъ служить такое устройство, при которомъ уравнивающие винты притягиваютъ доску съ зеркаломъ ко дну, въ центрѣ котораго помѣщенъ какой-нибудь выступъ (хотя бы кусокъ резины), упирающій въ доску зеркала.

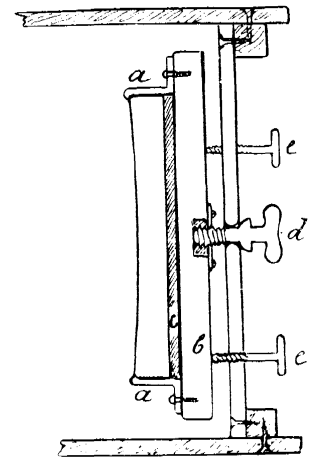


Рис. 57.

Третій способъ монтировки большого зеркала, болѣе подходящій лишь впрочемъ для круглыхъ трубъ телескопа, состоитъ въ томъ, что къ доскѣ b привинчены три толстыхъ металлическихъ полосы радіально. Въ этихъ полосахъ просверлены дыры, черезъ которыя свободно проходятъ три стержня съ рѣзбой, привинченные къ тѣлу трубы и снабженные каждый двумя гайками h-h. Рис. 58 поясняетъ это устройство.

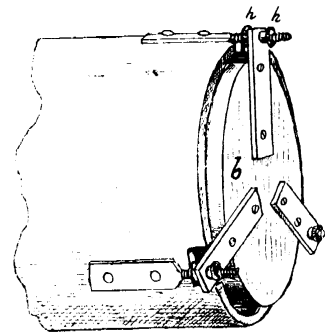


Рис. 58.

Нѣкоторое видоизмѣненіе этого способа заключается въ томъ, что вмѣсто внутреннихъ гаекъ рядомъ съ внѣшними ставятся упорные винты.

Зеркало обыкновенно закрывается крышкой, которую можно сдѣлать изъ жести снабдивъ ее жестяной же ручкой.

Монтировка плоскаго зеркальца изображена на рис. 59. Зеркальце заключено въ срубленную подъ угломъ 45° мѣдной трубкѣ и очень легко прижато къ выступающему загнутому кончику этой трубки к слою ваты, за которой находится деревянная пробка. Доньшко трубки просто ввинчивается въ трубку, или закрѣплено въ ней тремя винтиками и въ немъ такъ же имѣется притяжной болтикъ (a); три же уравнивающихъ оттяжныхъ винта находятся въ металлическомъ кружкѣ (b), припаянномъ къ стержню (c). Гайка (h) притягиваетъ трубку съ зеркальцемъ къ стержню (c) и диску (b) за

притяжной болтикъ, свободно проходящій черезъ отверстие, просверленное въ стержнѣ и кружкѣ. Стержень на другомъ концѣ имѣетъ

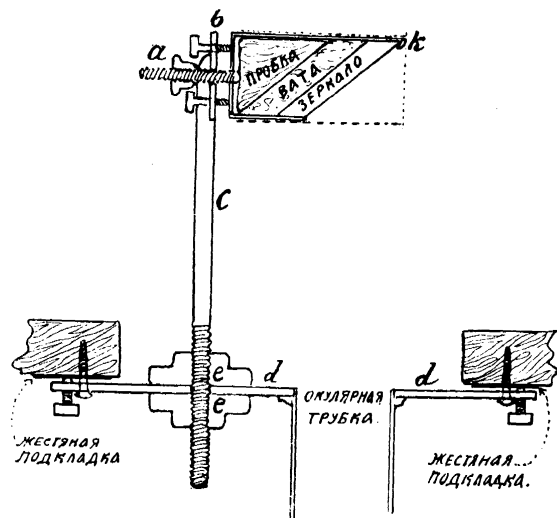


Рис. 59.

идутъ три выпрямленныхъ часовыхъ пружины, согнутыя у самого кружка подъ прямымъ угломъ, чтобы располагаться къ падающимъ на нихъ лучамъ ребромъ и тѣмъ менѣе закрывать собою большое зеркало. Къ концамъ пружинъ приклепаны винты съ длинной рѣзьбой, проходящіе черезъ тѣло трубы телескопа и снабженные гайками, при помощи которыхъ можно кружокъ *b* поставить какъ разъ на оси телескопа. Такое устройство сдѣлать значительно труднѣе и пригодно оно опять-таки болѣе въ трубахъ круглаго сѣченія, поэтому мы рекомендуемъ первое приспособленіе какъ болѣе простое и удобное.

Самое простое устройство окулярной доски можетъ состоять просто въ томъ, что къ четырехугольной металлической пластинкѣ, толщиной приблизительно въ $2-2\frac{1}{2}$ мм, припаивается окулярная трубка точно подъ прямымъ угломъ а рядомъ съ ней продѣлывается отверстие для стержня малаго зеркала. Такую доску

винтовую нарѣзку проходящую черезъ окулярную доску, въ которой онъ удерживается на желаемомъ разстояніи при помощи двухъ гаекъ (*e e*). Малое зеркало такъ же закрывается крышкой, которую можно склеить изъ картона и оклеить внутри бархатомъ или сукномъ. Такъ называемая монтировка «на трехъ пружинахъ» изображена на рис. 60. Въмѣсто стержня отъ кружка *b*

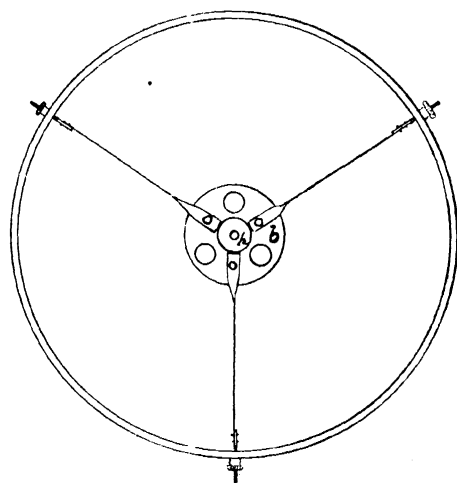


Рис. 60.

однако не слѣдуетъ прямо привинчивать къ трубѣ а нужно сдѣлать по ея величинѣ жестяную подкладку, и рядомъ съ тѣми тремя винтами, которыми она будетъ привинчиваться, слѣдуетъ поставить три упорныхъ уравнивающихъ винтика, чтобы ось окуляра можно было поставить точно подъ прямымъ угломъ къ оси трубы. Это одно изъ важнѣйшихъ условий точности изготовленія рефлектора Ньютона. Гораздо лучше устройство, когда окулярная трубка можетъ ввинчиваться, тогда кольцо, въ которое она ввинчивается, слѣдуетъ дѣлать подвижнымъ, т. е. дать ему возможность въ незначительныхъ предѣлахъ перемѣщаться по всѣмъ направленіямъ параллельно самому себѣ. Я устраивалъ это такимъ образомъ. Дырки въ металлич. дощечкѣ, въ которыя проходятъ винты, удерживающіе это кольцо, дѣлались гораздо шире винтовъ, которые заворачивались въ мѣдныя гайки, припаянныя къ тонкому латунному кольцу, находящемуся на обратной сторонѣ дощечки. Рис. 61 поясняетъ это устройство. Перемѣщеніе кольца по любому направленію и вверхъ и внизъ позволяетъ поставить центръ окуляра какъ разъ противъ центра плоскаго овальнаго зеркальца.



Рис. 61.

XXII.

Труба для рефлектора Ньютона.

Когда зеркало должно подвергнуться испытанію по звѣздамъ, то оно уже должно быть помѣщено въ комбинаціи съ плоскимъ зеркаломъ и окуляромъ такъ, какъ оно будетъ потомъ расположено въ трубѣ. Но такъ какъ дѣлать трубу раньше, чѣмъ будетъ готово само зеркало, не стоитъ, то его съ успѣхомъ можно помѣстить во

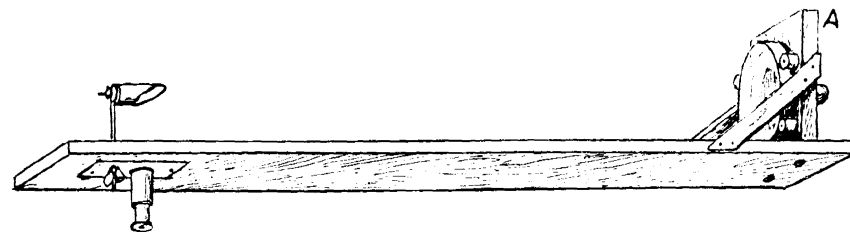


Рис. 62.

временную трубу, которую очень не трудно соорудить изъ одной доски. Рис. 62 вполне поясняетъ устройство такой трубы. Въ дощечкѣ *A* продѣлано отверстіе для ручки-держателя, приклеенной къ зеркалу, удерживаемому на этой дощечкѣ 3—5-ю пробками (такъ же какъ шлифовальная чашка); за ручку-держатель можно ось его

точно направить въ центръ плоскаго овальнаго зеркала. Если ось окуляра приходится при этомъ точно надъ прямымъ угломъ къ оси большаго зеркала, то вотъ и все, что требуется отъ трубы ньютоновскаго рефлектора. Поэтому, если зеркало уже готово и заключено въ оправу, то его можно укрѣпить къ дощечкѣ А, которая будетъ соотвѣтствовать дну трубы и уже не должна, конечно, имѣть отверстія для ручки-держателя, а имѣть лишь дырочку, черезъ которую пройдетъ затяжной болтъ. Роль упорныхъ уравнивающихъ винтовъ при этомъ съ успѣхомъ могутъ играть обыкновенные винтовые пробойчики. Остальныя, такъ сказать, недостающія три стороны трубы для предохраненія зеркала отъ пыли и посторонняго свѣта можно затянуть черной матеріей поверхъ 2—3 проволочныхъ воротецъ, прикрѣпленныхъ къ доскѣ.

Самой удобной, прочной и легче всего исполнимой формой трубы ньютоновскаго рефлектора слѣдуетъ признать трубу квадратнаго сѣченія. Къ четыремъ квадратнымъ брускамъ привинчиваются четыре доски, образуя, такимъ образомъ, длинный ящикъ. Одинъ конецъ его задѣлывается дномъ и на одной изъ сторонъ, неподалеку отъ этого дна, прорѣзывается дверца, черезъ которую можно снимать съ зеркала крышку. Неподалеку отъ открытаго конца трубы (приблизительно отступивъ на $1\frac{1}{2}$ ширины трубы отъ конца), въ доскѣ, противоположной той, въ которой продѣлана дверца, прорѣзается отверстіе для окулярной дощечки. Оба конца трубы скрѣпляются еще поперечными досками и, кромѣ того, доски привинчиваются въ томъ мѣстѣ, за которое труба будетъ удерживаться на штативѣ.

Круглую трубу устроить самому гораздо труднѣе. Можно взять 4—5 металлическихъ прочныхъ колецъ и къ нимъ привинтить деревянные рейки, а затѣмъ все обтянуть холстомъ и хорошо выкрасить масляной краской.

Болѣе легкую круглую трубу, конечно, можно склеить изъ фанеры, что, конечно, еще труднѣе.

Металлическую же трубу для небольшого инструмента можно заказать кровельщику, который свернетъ ее изъ кровельнаго желѣза, пропустивъ въ оба ея конца толстую металлическую проволоку. Но въ трубахъ круглаго сѣченія точно приладить окулярную дощечку безъ подкладки, выточенной на токарномъ станкѣ по діаметру трубы, очень трудно. Въ нѣкоторыхъ рефлекторахъ съ круглыми металлическими трубами верхняя часть трубы, т. е. та, на которой находится окуляръ и искатель, можетъ вращаться вокругъ своей оси и такимъ образомъ окулярная трубка можетъ не мѣнять своего положенія по отношенію къ наблюдателю, не смотря ни на какіе повороты самой трубы. Но такая роскошь совершенно недоступна для устройства лю-

бителю своими средствами. Тѣмъ же, кто непременно пожелалъ бы себѣ устроить такое, не особенно впрочемъ большое удобство, можно посоветовать просто заставить всю трубу вращаться вокругъ своей оси въ той обоймѣ, въ которой она будетъ заключена.

Мой $8\frac{1}{2}$ дюйм. рефлекторъ монтированъ въ восьмиугольной трубѣ. Къ 7-ми литымъ алюминіевымъ кольцамъ, наружная сторона которыхъ представляетъ правильный восьмиугольникъ, а внутренняя кругъ, привинчены $\frac{1}{2}$ дюйм. доски къ каждой сторонѣ восьмиугольника каждаго кольца двумя винтами. Послѣдній восьмой восьмиугольникъ—деревянный, изъ $1\frac{1}{2}$ дюйм. брусковъ, и къ нему привинчено желѣзное дно ($\frac{1}{4}$ д. толщины) телескопа, съ тремя уравнивающими упорными винтами. Внутри телескопъ выкрашенъ черной матовой краской, а снаружи лакированъ. Кромѣ того, и внутри и снаружи онъ хорошо пропитанъ парафиномъ, для предохраненія отъ сырости. Скажу кстати, что черная матовая краска, которой вообще пользуются для черненія внутри оптическихъ приборовъ, готовится слѣдующимъ образомъ. Хорошая голландская сажа (бурачекъ—5 коп.) смѣшивается съ небольшимъ количествомъ самаго обыкновеннаго чернаго спиртового лака и обыкновеннымъ денатурированнымъ спиртомъ. Надлежащее количество всѣхъ этихъ составныхъ частей легко узнается изъ практики. Проведя кистью разведенной краски по бумагѣ, можно видѣть, что, если по засыханіи краска блеститъ—значитъ въ ней слишкомъ много лаку и потому слѣдуетъ добавить сажу; если же она по засыханіи хоть немного пачкаетъ—значитъ слишкомъ мало лаку.

Вопросъ о томъ, какая труба предпочтительнѣе—сплошная или рѣшетчатая, остается до сихъ поръ для меня не вполне выясненнымъ, хотя я и обращался за разъясненіемъ его въ Англію къ специалистамъ. Мнѣнія специалистовъ по этому вопросу расходятся; самъ-же я на основаніи личной практики скорѣе могу отдать предпочтеніе трубѣ не сплошной.

XXIII.

Центрировка рефлектора Ньютона.

Всякій рефлекторъ, чтобы давать надлежащія изображенія, долженъ быть точно центрированъ. Какъ на разстроенной скрипкѣ нельзя играть, такъ нельзя получить правильныхъ изображеній въ рефлекторѣ, съ нарушенной центрировкой.

Центрировка ньютоновскаго рефлектора производится слѣдующимъ образомъ. Вставивъ сильный окуляръ, изъ котораго вывинчены линзы, и, наведя телескопъ на свѣтлую стѣну или небо, уста-

навливаемъ, смотря черезъ отверстие въ окулярѣ, прежде всего плоское зеркало, такъ, чтобы крышка, закрывающая большое зеркало, какъ разъ концентрически помѣстилась въ кругѣ плоскаго зеркальца. Затѣмъ открываемъ крышку большого зеркала и, дѣйствуя уравнительными винтами, направляемъ ось его какъ разъ въ середину маленькаго зеркала, послѣ чего мы должны увидѣть въ послѣднемъ изображеніе его и стержня, какъ показано на рис. 63. Если центрировка вѣрна, то, вынувъ окуляръ и наведя затѣмъ телескопъ на какое-нибудь темное пространство, мы должны увидѣть въ отраженномъ изображеніи маленькаго зеркальца изображеніе нашего глаза, если онъ достаточно освѣщенъ. Отодвинувъ глазъ дюйма на 4 отъ окулярной трубки, мы должны его видѣть все-таки въ центрѣ чернаго кружка. Если же по мѣрѣ отодвиганія глаза изображеніе его смѣщается въ сторону,

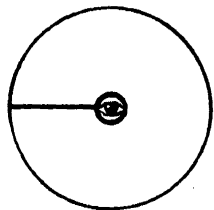


Рис. 63.

то это указываетъ на то, что центрировка не достаточно точна. Самая точная центрировка можетъ быть сдѣлана по звѣздамъ и для этой цѣли очень удобна Полярная звѣзда, какъ почти неподвижная. Смѣщая изображеніе звѣзды съ фокуса въ ту или другую сторону, мы сейчасъ же можемъ видѣть, какъ слѣдуетъ исправить центрировку. Рисунокъ 64—А представляетъ видъ смѣщеннаго съ фокуса изображенія звѣзды въ точно центрированномъ зеркалѣ и рисунокъ 64—В видъ этой звѣзды при точномъ наведеніи на фокусъ.

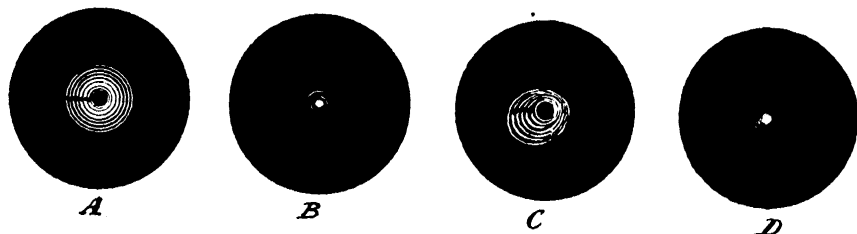


Рис. 64.

Рисунокъ же 64—С представляетъ неточную центрировку и рис. 64—D видъ въ такомъ случаѣ звѣзды, когда изображеніе наведено на фокусъ. Для того, чтобы научиться быстро и точно центрировать рефлекторъ, нужна, конечно, нѣкоторая практика, но при внимательности и аккуратности это достигается очень скоро. Слѣдуетъ при этомъ прибавить, что если плоское зеркало плохое, то такихъ изображеній, какъ представлены на рисункѣ 64, на немъ получить нельзя.

О центрировкѣ сложныхъ рефлекторовъ будетъ сказано ниже.

Монтировка рефлекторовъ Грегори и Кассегрена.

Зеркало съ отверстиемъ въ серединѣ у малыхъ инструментовъ, особенно если зеркало металлическое, удерживается въ трубѣ просто при помощи трехъ пружинъ, упирающихся въ его края и расходящихся отъ отверстия радіально. У инструментовъ же болѣе 2-хъ

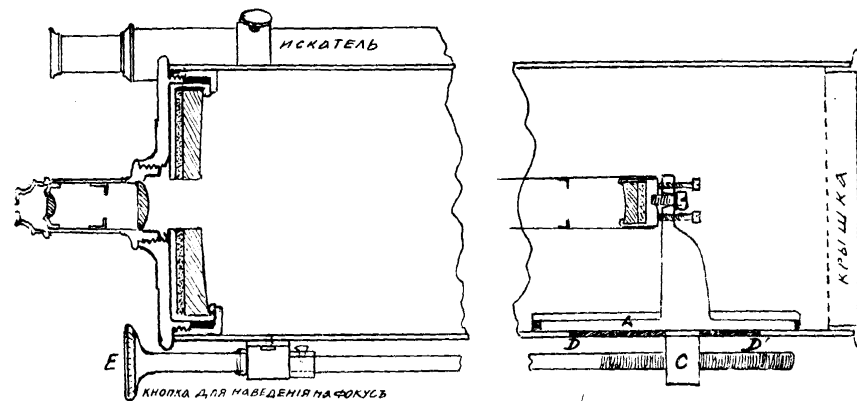
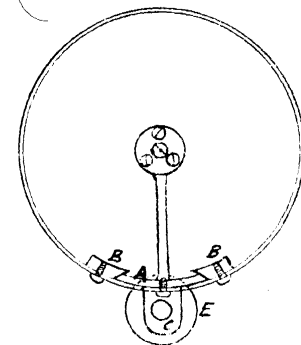


Рис. 65.

дюймовъ, или у инструментовъ со стеклянными зеркалами оно такъ же заключается сперва въ оправу, на днѣ которой проложенъ ровный слой войлока. Малое зеркальце имѣетъ такое же, собственно, устройство, какъ и малое зеркальце въ рефлекторѣ Ньютона, съ тою только разницею, что трубка, въ которой оно заключено, и прижимающая его пробка не срѣзаны подъ угломъ въ 45° . Стержень его однако для прочности дѣлается шире и укрѣпляется на отрезкѣ А, рис. 65, зажатомъ двумя скошенными пластинками В и В, между которыми онъ можетъ скользить. Къ отрезку А привинченъ мѣдный выступъ С, проходящій черезъ прорѣзъ въ тѣлѣ трубы DD'; черезъ этотъ выступъ, снабженный винтовой мелкой рѣзбой, проходитъ длинный винтъ, оканчивающійся кнопкой Е, вращая которую можно подвигать малое зеркало вдоль оси телескопа.



Труба по большей части дѣлается металлическая круглаго сѣченія, но можно, конечно, сдѣлать и четырехугольную деревянную. Для того, чтобы инструментъ дѣйствовалъ исправно, монтировка для него должна быть изготовлена тщательно, что доступно только ли-

цамъ, имѣющимъ токарный станокъ и вообще уже болѣе или менѣе знакомымъ со слесарно-механическимъ дѣломъ.

Разница между рефлекторами Кассегрэна и Грегори въ монтажѣ будетъ лишь въ томъ, что въ первомъ вмѣсто вогнутого малаго зеркала будетъ помѣщаться выпуклое и потому трубка съ диафрагмой уже не нужна.

XXV.

Центрировка сложных рефлекторовъ.

Правильно центрированный рефлекторъ Грегори или Кассегрэна, если смотрѣть въ него черезъ окуляръ, изъ котораго удалены, линзы представляетъ такой видъ, какъ изображено на рис. 66. Свѣтлая поверхность внутри большого круга—это просто отверстіе самой трубы, наведенной хотя бы на свѣтлый фонъ неба. На этомъ кругѣ виденъ опять свѣтлый кружокъ—отраженіе свѣтлаго большого зеркала въ маломъ зеркалѣ съ крохотнымъ чернымъ кружечкомъ въ центрѣ, представляющимъ темное отверстіе въ центрѣ большого зеркала. Рисунокъ 67 представляетъ видъ въ неправильно центрированный или даже вовсе не центрированный инструментъ. Центрировка и здѣсь такъ же, какъ и въ рефлекторѣ Ньютона достигается тремя уравнительными винтиками, расположенными сзади малаго зеркальца. Большое зеркало, если оно на пружинахъ, или заключено въ точную, хорошую оправу, обыкновенно почти никогда не смѣщается и потому почти не нуждается въ центрированіи. Окончательная центрировка производится и въ сложныхъ рефлекторахъ лучше всего на звѣздахъ.

XXVI.

Окуляры для рефлекторовъ.

Въ сложныхъ рефлекторахъ Кассегрэна и Грегори окуляры, такъ сказать, вполне связаны вмѣстѣ съ обоими зеркалами въ одну систему и потому строятся они специально для каждого отдѣльнаго размѣра и вида инструмента. Какъ уже мы говорили, окуляры эти отрицательные т. е. гюйгеновскаго типа. При этомъ собирающія линзы ихъ дѣлаются обыкновенно очень большими, чтобы собирать по возможности весь свѣтъ, проходящій черезъ отверстіе въ зеркалѣ, и поэтому такіе окуляры увеличиваютъ сравнительно слабо даже и при сильныхъ увеличеніяхъ, такъ какъ сами зеркала и такъ уже даютъ изображеніе увеличенное. Въ 4-хъ футовомъ мельбурнскомъ рефлекторѣ (типа Кассегрэна) для самаго слабого увеличенія въ 240 разъ, что соотвѣтствуетъ увеличенію 2 на 1 сант. отверстія, собирающая

линза окуляра имѣетъ діаметръ 9 дюймовъ, а самъ окуляръ въ 1 футъ длиною. Для одного и того же малаго зеркала въ телескопѣ Грегори употребляютъ обыкновенно два, много три различной силы окуляра, а то просто мѣняютъ само зеркальце, ставя на его мѣсто другое болѣе сильное.

Въ простыхъ рефлекторахъ, напр., въ рефлекторѣ Ньютона, можно употреблять окуляры какіе угодно, какъ и въ рефракторѣ, но предпочтительнѣе все-таки пользоваться окулярами положительными, какъ менѣе искривляющими поле зрѣнія. Однако обыкновенные окуляры Рамсдена слишкомъ замѣтно страдаютъ недостаткомъ ахроматизма и потому наилучшими слѣдуетъ признать ортоскопическіе Цейсса. Въ 5 mm. ортоскопъ Цейсса видно лучше, чѣмъ въ 7 mm. окуляръ Mittenzwey Штейнгеля, не говоря уже объ обыкновенномъ гюйгеновскомъ или, тѣмъ болѣе, рамсденовскомъ. Слабые окуляры такъ же лучше брать ахроматическіе типа Компани. Такъ какъ у рефлекторовъ фокусное разстояніе по большей части короче, чѣмъ у рефракторовъ (напр., на $8\frac{1}{2}$ д. рефлекторѣ, съ фокусомъ въ 2025 mm., при 5 mm. окулярѣ получается увеличеніе всего въ 405 разъ, т. е. всего 2— на 1 mm. отверстія, а между тѣмъ хорошій рефлекторъ можетъ выдерживать огромное увеличеніе), то для сильныхъ увеличеній можно пользоваться окулярами съ гораздо болѣе

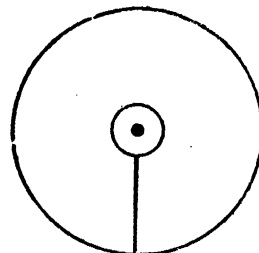


Рис. 66.

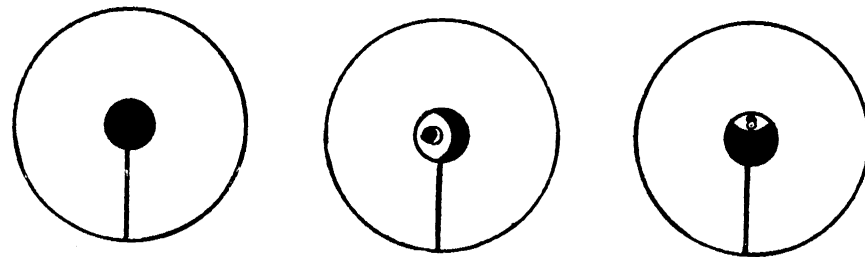


Рис. 67.

короткимъ, чѣмъ 5 mm. фокусомъ. Для того, чтобы получать на своемъ $8\frac{1}{2}$ д. рефлекторѣ увеличеніе въ 670 разъ, я употреблялъ одну плосковыпуклую линзу съ фокусомъ въ 3,1 mm. Правда, края изображенія при этомъ страдали, конечно, отъ сферической аберраціи. Гораздо лучше получается поле зрѣнія, если примѣнять окуляръ-микроскопъ. Я пользовался обыкновеннымъ микроскопомъ, беря систему № 2 и окуляръ № 3. Эквивалентный фокусъ такого микроскопа равенъ приблизительно 3 mm. и при этомъ получается большое и плоское поле зрѣнія.

Можно, впрочемъ, не прибѣгать ни къ микроскопу, ни къ сильнымъ линзамъ, а при помощи того же 5 mm. окуляра получить увеличеніе въ $1\frac{1}{2}$ раза больше, т. е. напр. не 405, а 607. Для этого слѣдуетъ между окуляромъ и малымъ зеркаломъ въ окулярной трубкѣ помѣстить линзу Барлоу. Линза Барлоу—двояковогнутая ахроматическая линза, которая расширяетъ сходящійся коническій пучекъ лучей отъ зеркала. Переставляя ее ближе или дальше отъ окуляра, можно получать меньшую или большую степень увеличенія. Дѣйствіе ее совершенно таково, какъ негативной линзы у телеобъективовъ.

Эта линза изготовляется ¹⁾ либо тройною—двояковыпуклой и съ обѣихъ сторонъ съ ней склеены двѣ двояковогнутыхъ, либо двойною, т. е. изъ двухъ плосковогнутыхъ, раздѣленныхъ нѣкоторымъ промежутокъ между ними. Ахроматическій окуляръ отъ обыкновеннаго, галилеевскаго типа, хорошаго полевого бинокля и представляетъ такую линзу Барлоу, такъ какъ въ хорошихъ бинокляхъ и уменьшительныя стекла окуляровъ такъ же дѣлаются ахроматическими. Одиночная же не ахроматическая двояковогнутая линза, хотя и усиливаетъ, конечно, такъ же увеличеніе, но все-таки вноситъ при этомъ нѣкоторые дефекты въ смыслѣ обѣихъ аберрацій.

XXVII.

Искатель.

Самымъ подходящимъ для небольшого рефлектора искателемъ можетъ служить зрительная трубка отъ какого-нибудь геодезическаго прибора—кипрегеля, теодолита и проч. Если, однако, такой трубы не имѣется, то съ успѣхомъ можно воспользоваться обыкновенной подзорной трубкой самаго малаго размѣра. Такія трубки съ объективомъ въ 1 дюймъ продаются въ оптическихъ магазинахъ Петрограда по 4—4 р. 50 к. за штуку. Удаливъ ближайшую къ объективу часть съ двумя стеклами земного окуляра, мы получимъ астрономическую трубу съ увеличеніемъ въ 4—5 разъ. Теперь слѣдуетъ изъ окуляра вынуть діафрагму и нанести на нее нити. Для нитей лучше всего употребляютъ очень тонкую проволоку, какой обматывается напр., скрипичная струна басокъ. Размотавъ немного такой проволоки и осторожно расправивъ ее, слѣдуетъ отрѣзать четыре куска ея, чуть меньшей длины, чѣмъ наружный діаметръ діафрагмы. Затѣмъ положивъ два кусочка ея параллельно, на разстояніи другъ отъ друга около 1 mm., поперекъ отверстія діаграммы, осторожно наносимъ на концы

¹⁾ Мерцъ въ Мюнхенѣ и Ватсонъ въ Лондонѣ.

ихъ съ каждой стороны по каплѣ спиртового лака, которая засохнувъ и закрѣпляетъ ихъ. Перпендикулярно къ нимъ кладемъ и вторые два кусочка и такъ же закрѣпляемъ лакомъ. Такъ какъ проволока эта очень тонка и нѣжна, то захватывать ее при работѣ удобнѣе пинцетомъ или ножками циркуля. Наложивъ кусочки сперва хотя бы приблизительно правильно, пока лакъ еще не высохъ, ихъ осторожно можно расположить точнѣе при помощи пера или иглы, подвигая тотъ или иной конецъ. Такимъ образомъ въ полѣ зрѣнія окуляра получится квадратикъ (Рис. 68), въ который и слѣдуетъ помѣщать потомъ наблюдаемое свѣтило.

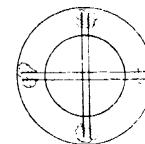


Рис. 68.

Пристроить искатель къ трубѣ рефлектора можно такимъ же обыкновеннымъ способомъ, какой употребляется и на рефракторахъ, т. е. на двухъ стойкахъ съ кольцами, изъ которыхъ одно снабжено тремя центрирующими винтами. Но такое устройство для переноснаго рефлектора, у котораго центровка часто можетъ нарушаться, по моему мнѣнію, менѣе удобно, чѣмъ гораздо болѣе простое, на одной стойкѣ. Если труба телескопа деревянная, то такое приспособленіе легко соорудить изъ обыкновеннаго винтового пробойчика, который и

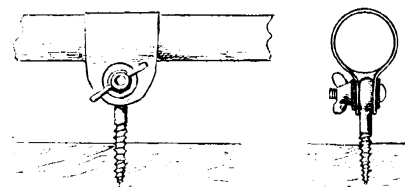


Рис. 69.

ввинчивается въ дерево. Рис. 69 поясняетъ устройство такой стойки. Кусокъ жести или мѣди обернуть вокругъ трубки искателя и концы его зажимаются къ пробойчику винтомъ съ гайкой-барашкомъ, представляя такимъ образомъ шарниръ. Такое устройство позволяетъ давать искателю и вертикальныя и горизонтальныя движенія. На рис. 70 изображено болѣе прочное устройство такой стойки. Здѣсь движеніе, получающееся въ предыдущемъ случаѣ отъ завинчиванія или отвинчиванія пробойчика, происходитъ отъ вращенія шарнира въ трубчатой стойкѣ. Если нижняя дощечка стойки проточена выгнуто, то такую стойку можно конечно придѣлать и къ круглой металлической трубѣ телескопа.

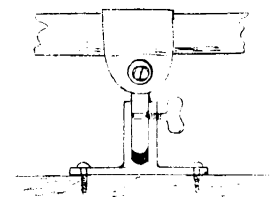


Рис. 70.

При устройствѣ трубки искателя съ объективомъ отъ обыкновеннаго бинокля, слѣдуетъ внутри ея поставить не менѣе двухъ діафрагмъ и ближайшую къ окуляру съ довольно малымъ отверстіемъ для устраненія очень замѣтной сферической аберраціи въ такихъ короткофокусныхъ объективахъ.

Тотъ, кто имѣетъ токарный станокъ и можетъ на немъ работать, можетъ, конечно, сдѣлать себѣ такой искатель полностью, выписавъ объективы хотя бы отъ Vion Fills, Paris, Rué de Turenne 38. Ахроматическій объективъ діаметромъ въ 27 mm. безъ оправы стоитъ 1 франкъ безъ пересылки.

XXVIII.

Установка для рефлекторовъ.

Устройство штатива для рефлектора еще въ большей степени, чѣмъ монтировка зеркала, зависитъ отъ вкуса, средствъ и степени умѣнья работать любителя. Поэтому мы позволимъ себѣ указать здѣсь лишь тотъ минимумъ совершенства исполненія этого рода работы, который необходимъ для того, чтобы инструментъ былъ установленъ достаточно удобно для производства наблюдений, безъ тряски и неприятностей, сопряженныхъ съ плохо сооруженнымъ штативомъ.

При этомъ мы имѣемъ въ виду, главнымъ образомъ, штативы для переносныхъ инструментовъ и тѣ любители, которые могутъ устроить гораздо болѣе солидную установку, конечно, не нуждаются въ нашихъ указаніяхъ.

Такъ какъ азимутальная установка ньютоновскаго рефлектора отличается отъ таковой же, употребляемой для рефлекторовъ, то прежде всего мы скажемъ нѣсколько словъ и о ней. Тѣмъ болѣе, что установка эта будучи хорошо исполненной имѣ-

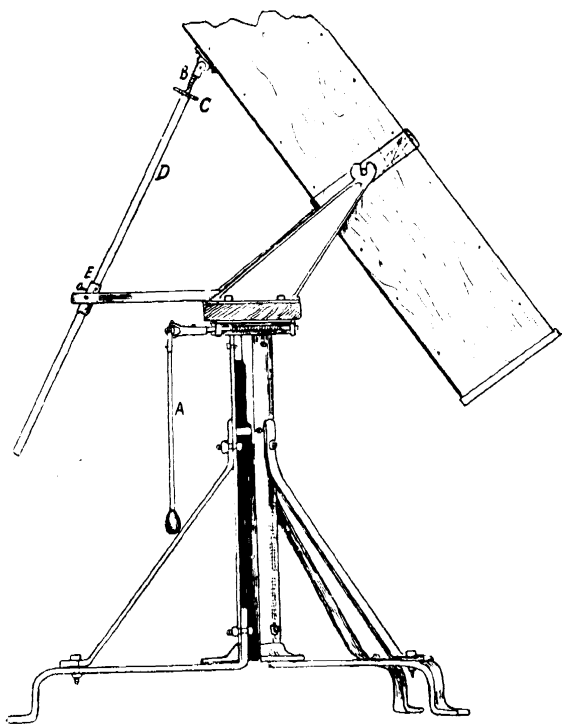


Рис. 71.

етъ свои значительныя достоинства.

Рис. 71 изображаетъ такую установку. Вертикальная ось вращается микрометрическимъ движеніемъ при помощи рукоятки А

Для микрометрическаго движенія трубы въ вертикальной плоскости служитъ винтъ В, поднимающійся или опускающійся въ зависимости отъ вращенія гайки С, заключенной въ трубкѣ D. Эта трубка D ходитъ въ зажимѣ Е и можетъ быть закрѣплена въ любомъ положеніи и, такъ какъ она поддерживаетъ трубу въ третьей точкѣ, то въ значительной мѣрѣ содѣйствуетъ отсутствію дрожанія трубы отъ вѣтра. При уборкѣ телескопа труба съ трубкой D снимается со штатива. Такія установки въ Англіи очень распространены и я, построивъ себѣ такую установку, нахожу ее очень практичной. Тренога для нея сооружена изъ желѣзной водопроводной трубы

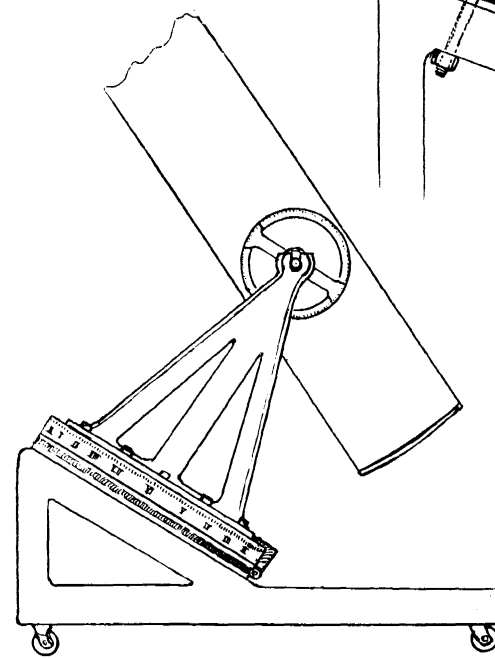


Рис. 72.

въ $2\frac{1}{2}$ д. діаметромъ съ фланцемъ.

Другой способъ азимутальной установки съ противѣсомъ гораздо болѣе доступенъ для исполненія домашними средствами, но я, испробовавъ его, не могу рекомендовать, такъ какъ при немъ хотя и достигается гладкое движеніе обѣихъ осей, но необходимость тщательно уравнивать самую трубу вмѣстѣ съ при-

бавкой груза противѣса, только увеличивающаго вѣсъ прибора и не дающаго ему преимуществъ параллактической установки, дѣлаютъ такое устройство совершенно не цѣлесообразнымъ и невольно требующимъ установить вертикальную ось наклонно, сообразно съ широтой мѣста т. е. перейти къ установкѣ параллактической.

Изъ параллактическихъ установокъ самой совершенной во всѣхъ отношеніяхъ слѣдуетъ считать установку на вилкѣ. Устройство та-

кого штатива схематически изображено на рис. 72. Такая установка позволяет направлять телескоп во все стороны и дает возможность трубѣ совершать полный оборотъ вокругъ часовой оси. Но понятно—такой штативъ, будучи сплошь металлическимъ, является очень тяжелымъ и едва ли доступнымъ для исполненія своими средствами, поэтому мы и не будемъ распространяться о немъ.

Обыкновенная параллактическая установка нѣмецкаго типа, такая, какая принята и на рефракторахъ, съ достаточной степенью точности можетъ быть исполнена и домашними средствами. Хотя на русскомъ языкѣ въ кое-какихъ изданіяхъ имѣются указанія, какъ построить такой штативъ, но такъ какъ описанія эти либо даютъ устройство довольно дорогихъ установокъ, либо такихъ, какія совершенно не отвѣчаютъ цѣли, то я приведу здѣсь самое краткое описаніе одного изъ такихъ штативовъ, какіе я дѣлалъ для инструментовъ отъ 2½ до 8½ дюйм. отверстія. Идея параллактической установки известна всѣмъ: часовая ось наклонена къ горизонту на уголъ, соответствующій широтѣ мѣста наблюдателя; подъ прямымъ угломъ къ часовой оси расположена ось склоненія, вращающаяся во втулкахъ подставки, придѣланной къ часовой оси. Къ одному концу этой оси склоненія, опять точно подъ прямымъ угломъ, придѣлана подставка, на которой укрѣплена труба, а на другой конецъ ея повѣшенъ грузъ уравнивающий тяжесть трубы и ея подставки. Такимъ образомъ нужно имѣть двѣ оси съ двумя подставками, снабженными втулками, въ которыхъ эти оси могутъ вращаться, и еще третью подставку для трубы, и необходимо къ обѣимъ осямъ эти подставки придѣлать прочно и точно подъ прямымъ угломъ. На рис. 73 изображены всѣ части такого штатива. Осями служатъ толстостѣнные мѣдныя трубки, въ которыя туго вколочены и закрѣплены заклепкой газоваыя трубки съ фланцами. Такъ какъ газоваыя трубы обыкновенно очень далеки даже отъ приблизительно вѣрной круглой формы, то слѣдуетъ покупать такъ называемую «длинную рѣзбу съ фланцемъ» (стоитъ около 1 руб.). Это является очень прочнымъ соединеніемъ оси съ подставкой. Подставки и втулки для осей гораздо проще и дешевле всего дѣлать изъ бѣлаго бука, который съ успѣхомъ можетъ замѣнять всѣ тѣ части штатива, которыя обыкновенно отливаются изъ металла. Это дерево¹⁾, если оно вполне сухое, отличается большою крѣпостью, твердостью и способностью не раскалываться. Будучи гораздо легче чугуна, оно при достаточной толщинѣ, едва ли уступитъ ему въ прочности и при этомъ вполне (хотя и не безъ труда) поддается обра-

¹⁾ Продается досками любой толщины, въ кускахъ по вѣсу 10 коп. за фунтъ въ Петроградѣ.

боткѣ рубанкомъ, напильникомъ и проч. Только при сверленіи его даже американскими спиральными сверлами, или при завинчиваніи въ него винтовъ, слѣдуетъ эти винты и сверла смазывать свинымъ саломъ, иначе они могутъ сломаться въ этомъ деревѣ. Хорошо прокрашенное затѣмъ инкомъ, обильно пропитанное парафиномъ (раствореннымъ въ бензинѣ) и затѣмъ покрытое чернымъ лакомъ, дерево это не боится потомъ и сырости, и имѣетъ очень красивый видъ.

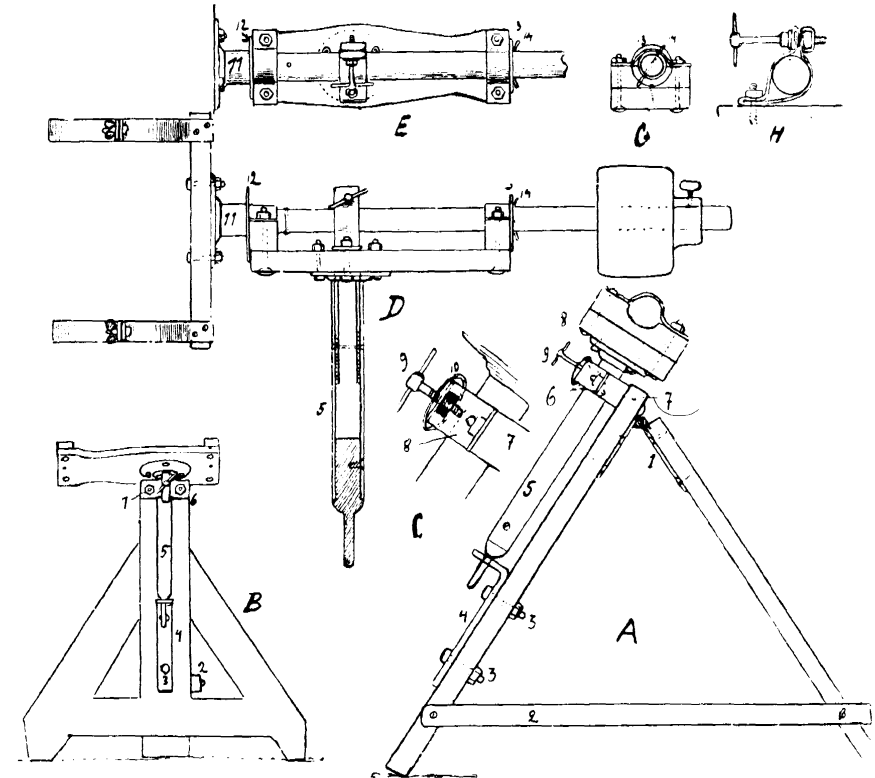


Рис. 73.

Вмѣсто мѣдныхъ трубокъ для осей можно брать и велосипедныя трубки, которыя еще легче и еще болѣе точной круглой формы, чѣмъ мѣдныя.

На рис. 73 А изображаетъ видъ штатива сбоку и В—видъ спереди. Это деревянный треугольникъ, къ которому при помощи прочной петли (1) придѣлана третья нога, удерживаемая планкой (2). Къ средней доскѣ треугольника привинчена двумя болтами (3—3) толстая (3/8 д.) желѣзная полоса, согнутая подъ прямымъ угломъ (4) и просверленная въ одномъ концѣ, въ который входитъ конецъ часовой

оси (5). Втулка часовой оси (6) привинчена обыкновенным шурупом и удерживается двумя стуловыми болтами (7) с гайками, которые проходят через согнутую из обручного желѣза полосу (8), въ которой устроенъ зажимъ часовой оси (9), изображенный отдѣльно въ С. Это просто болтъ съ гайкой, которая охвачена сплюсненнымъ кольцомъ (10), чтобы при завинчиваніи болта, она оставалась неподвижной. Отдѣльно часовая ось и ось склоненія изображены въ D. Видъ оси склоненія со втулками и подставкой изображенъ въ E. Въ G изображенъ видъ ея сбоку. Н—представляетъ чертежъ зажима оси склоненія. Зажимъ этотъ устроенъ изъ согнутой мѣдной полосы, черезъ оба конца которой проходитъ болтъ съ гайкой, а середина захвачена однимъ изъ болтовъ, удерживающихъ фланецъ часовой оси. 11—трубка бѣльшаго діаметра, одѣтая на ось склоненія и упирающаяся въ шайбу (12). Съ другой стороны шайба (13) удерживается чекой (14), проходящей черезъ ось склоненія.

Но лучшимъ, чѣмъ только что описанный и наиболѣе доступнымъ по исполненію параллактическимъ штативомъ для рефлекторовъ слѣдуетъ признать параллактическій штативъ англійскаго типа.

На Первомъ Всероссійскомъ Съѣздѣ преподавателей физики, химіи и космографіи я демонстрировалъ дешевый школьный телескопъ-рефлекторъ съ зеркаломъ въ 6 1/2 д. на англійской параллактической установкѣ. Цѣлью моей было показать г.г. преподавателямъ, что за дешевую цѣну можно имѣть значительной силы инструментъ, который не нуждается въ башнѣ и установка котораго для производства наблюдений можетъ быть исполнена быстро и точно днемъ, въ учебные часы даже самими учащимися, какъ одна изъ практическихъ задачъ по космографіи. Такой телескопъ, если выписать зеркала изъ за границы и заказать немногія металлическія части слесарю-механику, а деревянные части—столяру, обойдется по моимъ приблизительнымъ разсчетамъ въ 125—150 руб. Какихъ размѣровъ и на какой установкѣ можно приобрести за эту цѣну рефракторъ, говорить, конечно, не приходится.

Такъ какъ установка эта испытана мною, то я позволю себѣ рекомендовать ее тѣмъ любителямъ, которые не гонятся за внѣшней красотой, блещущаго мѣдью и винтами параллактическаго штатива нѣмецкаго типа съ противовѣсами, который хорошъ только тогда, когда инструментъ установленъ постоянно, а желаютъ имѣть дешевый, но точный и доступный исполненію своими средствами переносный параллактическій штативъ.

Конструкція этого штатива понятна уже изъ рис. 74. Труба рефлектора квадратнаго сѣченія, сплошь деревянная или, какъ у меня, по большей части лишь затянутая чернымъ коленкоромъ, имѣетъ съ

двухъ сторонъ цапфы—обыкновенные 1/2 д. болты, зажатые въ ней двумя гайками (рис. 75). Это ось склоненія. Часовая ось—прямоугольная рама, свинченная изъ двухъ рейковъ и двухъ брусковъ и для прочности скрѣпленная деревянными же наугольниками. Въ длинныхъ сторонахъ (рейкахъ) этой рамы просверлено по дырѣ, а въ каждой такой дырѣ и вращается выступающая часть болта-цапфа. Въ короткихъ сторонахъ рамы, въ брускахъ, также просверлено, и какъ разъ по срединѣ, по дырѣ и въ каждую изъ нихъ вставленъ довольно длинный 1/2 д. болтъ. Болты эти имѣютъ длинную рѣзбу и, проходя черезъ дерево, плотно затянуты гайками. На нижнемъ болтѣ навинчена еще вторая гайка, заточенная снизу полушаромъ. Дальше нижній конецъ болта проходитъ черезъ деревянную пятку, на которую привинчена металлическая (мѣдная или цинковая) пластинка, въ которую и упирается полусферическая гайка (рис. 76). На верхній же болтъ одѣта короткая мѣдная трубка, чтобы болтъ не касался рѣзбой къ деревянной втулкѣ, а поверхъ него одѣта вторая гайка. Верхній конецъ болта прямо вставляется въ прорѣзъ въ верхней упорной доскѣ и прорѣзъ этотъ закрывается просто крючкомъ. И нижняя пятка, и верхняя упорная доска имѣютъ наклонъ, приблизительно равный дополнительному углу къ широтѣ мѣста (для Петрогр.—30°) и удерживаются привинченными къ нимъ рейками, образующими, въ общемъ, два треугольника: одинъ горизонтальный, а другой нѣсколько наклонный. Основанія этихъ треугольниковъ соединены при помощи двухъ петель. Такое устройство позволяетъ быстро убирать инструментъ. Отодвинувъ крючекъ и отведя въ сторону наклонный треугольникъ, вынимаемъ трубу изъ нижней втулки и тогда штативъ складывается въ 1—2 минуты. Вотъ въ общихъ чертахъ все устройство.



Рис. 74.

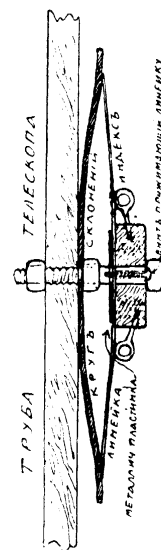


Рис. 75.

Для тѣхъ, кто пожелалъ бы воспользоваться предложенными чертежами и построить себѣ такой штативъ, я позволю себѣ подробнѣе разсказать объ его изготовленіи.

Рама должна быть точно прямоугольная. Бруски отрѣзаются со-

вершенно одинаковой величины, пересѣченіемъ діагоналей намѣчается центръ и они оба сразу просверливаются $1/2$ д. сверломъ на станкѣ точно по перпендикуляру, такъ что вставленные въ нихъ болты должны составить концы одной прямой линіи. Такимъ же способомъ просверливаются и длинныя стороны рамы. Это необходимое условіе точности изготовленія. Что касается наклона часовой оси, т. е. величины высоты нижняго треугольника, то опредѣлить ее можно либо при помощи отвѣса и большого транспорта, либо простымъ вычисленіемъ длины на бумагѣ. А еще лучше — когда уже придѣланъ

къ трубѣ кругъ склоненій. Кругъ склоненій можно сдѣлать изъ бумаги, наклеивъ ее на сидѣнье отъ вѣнскаго стула. Такія сидѣнья достаточно велики, склеены изъ трехъ фанеръ и представляютъ собою точные круги, такъ какъ приготавливаются на станкахъ. Когда бумага послѣ наклейки высохнетъ, кругъ очень нетрудно раздѣлить при помощи циркуля и линейки на полуградусы. Дѣленія наносятся прикладывая линейку по діаметру и размѣчаются такъ: отъ 0° до 90°, отъ 90° къ 0° и отъ 0° до 90° и опять отъ 90° къ 0°. Когда кругъ раздѣленъ уже тушью, его слѣдуетъ хорошенько прокрыть нѣ-

сколько разъ бѣлымъ лакомъ, равно какъ и обратную сторону сидѣнья, на которое онъ наклеенъ, и затѣмъ въ центрѣ просверлить дыру въ $1\frac{1}{2}$ д. въ діаметрѣ. Кругъ этотъ одѣвается на одинъ изъ болтовъ-цапфъ и зажимается гайкой какъ показано на рис. 75. Индексъ—обыкновенная линейка, раздѣленная продольной чертой пополамъ, съ слегка закругленными и скошенными концами. Съ обратной стороны ея посрединѣ приклепывается мѣдная или цинковая (2 mm. толщиной) пластинка, шириною $1\frac{1}{2}$ —2 д., а длиною дюйма въ 3, длинной стороной перпендикулярно линейкѣ. Въ центрѣ линейка, вмѣстѣ съ этой металлической пластинкой просверливается и черезъ эту дыру проходитъ болтъ-цапфъ, по сторонамъ котораго въ рейкѣ просверлены 2 дырочки по

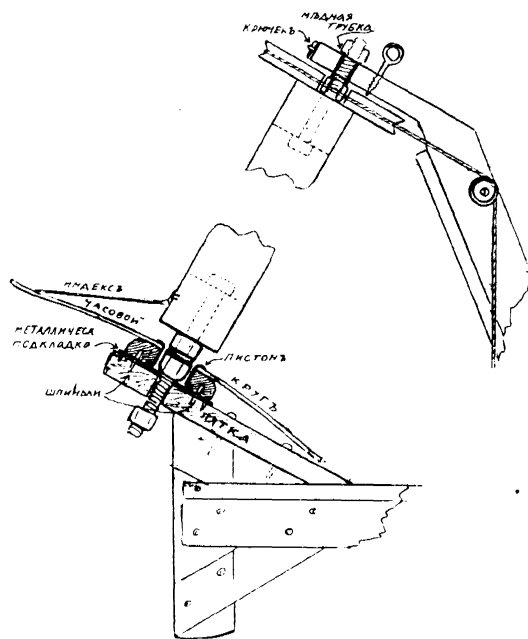


Рис. 76.

$\frac{5}{16}$ д. діаметромъ, черезъ которыхъ свободно проходятъ $\frac{1}{4}$ д. винты, ввинчивающіеся въ металлическую пластинку, за которую линейка плотно можетъ быть притянута къ рейку. Дырочки по $\frac{5}{16}$, а не по $\frac{1}{4}$ д. сдѣланы затѣмъ, чтобы линейку можно было поставить точно по угольнику подъ прямымъ угломъ къ сторонѣ рамы, т. е. часовой оси. Такъ какъ концы ея отступаютъ нѣсколько отъ лимба, то для прижиманія ихъ по сторонамъ рейка ввинчены два пробойчика, головки которыхъ и приближаютъ линейку къ кругу.

Часовой кругъ готовится такъ же, какъ и кругъ склоненій, но предпочтительнѣе наклеивать для него бумагу не на вогнутую сторону сидѣнья, а на выпуклую. Дѣлится онъ, конечно, на 24 часа, а самое мелкое дѣленіе у меня равно 3 минутамъ. Въ центрѣ его просверливается дыра такого діаметра, чтобы въ ней могла вращаться гайка оси, не задѣвая за кругъ. Съ нижней, т. е. вогнутой стороны, къ этому кругу придѣлывается выпуклая деревяшка, при помощи кусочка тонкостѣнной мѣдной трубки, по діаметру которой и продѣлывается собственно дыра и въ кругѣ, и въ этой деревяшкѣ. Трубка сперва отжигается до красна на спиртовкѣ для мягкости и осторожно расклепывается сверху и снизу, образуя, такимъ образомъ, пистонъ (рис. 76). Это дѣлается для того, чтобы кругъ, оставаясь концентрическимъ съ часовой осью, могъ быть по желанію повернуть на любой часъ къ индексу. Затѣмъ кругъ устанавливается на пяткѣ такъ, чтобы отверстіе въ немъ и въ пяткѣ были концентрическими и просверливается въ двухъ мѣстахъ недалеко отъ центра, черезъ самый кругъ, деревяшку и металлическую подкладку на пяткѣ. Въ образовавшіяся въ подкладкѣ дырочки (приблиз. $\frac{1}{8}$ д.) ввинчиваются не до конца въ пятку два соотвѣтственной толщины обыкновенныхъ винта шурупа, головки ихъ срѣзаются, концы сглаживаются напильникомъ и на образовавшіяся, такимъ образомъ, два шпинька часовой кругъ каждый разъ можетъ быть одѣтъ точно концентрически часовой оси. Индексъ часового круга жестяной; края жести для жесткости загнуты, а къ одному концу припаяны двѣ маленькихъ петельки, при помощи которыхъ онъ и привинчивается къ нижнему бруску рамы. На жость наклеивается бумага и на ней точно по угольнику проводится тушью черта, перпендикулярная къ бруску, послѣ чего бумага тщательно покрывается бѣлымъ лакомъ.

Тѣмъ, кто не желаетъ самъ заниматься дѣленіемъ круговъ, можно посоветовать приобрести отпечатанные на бумагѣ транспор-тиры и наклеить два такихъ транспорта на дощечку, чтобы діаметры ихъ совпадали. Такіе круги будутъ, правда, почти вдвое мень-шаго размѣра, но все же они раздѣлены довольно тщательно.

Когда кругъ склоненій уже придѣланъ къ трубѣ, то наклонъ

часовой оси определяется очень просто. Раньше всего слѣдуетъ установить оба нуля его дѣлений параллельно оси трубы, для этого самой трубѣ слѣдуетъ придать вертикальное положеніе, что можетъ быть достигнуто, если на нижній конецъ ея помѣстить какой-нибудь грузъ и затѣмъ, смотря по отвѣсу, совмѣстить съ линіей отвѣса оба нуля. Когда труба расположена вертикально, то при точномъ наклонѣ часовой оси, индексъ долженъ показывать какъ разъ широту мѣста. Но я бы не рекомендовалъ при сооруженіи штатива, сразу придавать часовой оси нужный наклонъ, а дѣлать его нѣсколько меньшимъ, чѣмъ слѣдуетъ, затѣмъ, чтобы на неровной почвѣ исправить потомъ эту ошибку подкладкой лишь одного клина подъ переднюю ножку его.

Микрометрическое движеніе по оси склоненія—весьма простое. За верхній брусокъ привязана тонкая веревка, конецъ которой наматывается на вращающійся въ тѣлѣ трубы стерженецъ. У меня для этой цѣли послужилъ стерженецъ отъ большой ламповой горѣлки. Для большого тренія та часть, на которую наматывается веревочка, нарѣзана для шероховатости рѣзцомъ. Чтобы стерженецъ этотъ, когда нужно, не вращался свободно во втулкѣ, онъ можетъ быть прижать снизу зажимомъ—обыкновеннымъ винтовымъ пробойникомъ. Такъ какъ цапфы придѣланы къ трубѣ противъ центра тяжести ея, то одной этой веревочки мало, а нужно еще, чтобы труба оттягивалась книзу. Для этого къ нижнему концу рамы привязана гибкая спиральная пружина, оканчивающаяся опять-таки веревочкой, на которой завязанъ рядъ петель (3—4). Одна изъ этихъ петель, въ зависимости отъ наклона трубы, одѣвается прямо на головку зажима-пробойника и натягиваетъ этимъ верхнюю веревку. Вмѣсто пружины съ успѣхомъ можно, конечно, примѣнить резину. Такое приспособленіе очень удобно: оно позволяетъ очень медленное движеніе, совершенно не имѣть «мертвого хода» при перемѣнахъ этого движенія и очень надежно удерживаетъ инструментъ по склоненію, не позволяя ему трястись въ вертикальномъ направленіи.

Приспособленіе для микрометрическаго движенія по часовой оси такъ же весьма не хитро. Къ верхнему бруску рамы, концентрически оси, прикрѣпленъ довольно большой блокъ, на который одѣвается натертая канифолью безконечная бичевка. Бичевка эта проходитъ черезъ 2 другихъ блока и наворачивается раза два на третій малый блокъ, соединенный опять съ большимъ (рис. 77). На той же оси, на которой вращается этотъ послѣдній, одѣтъ реекъ, снабженный выступомъ, который при помощи винтового пробойника можетъ быть соединенъ съ большимъ блокомъ. Реекъ этотъ представляетъ собою, такъ сказать, одинъ только «радіусъ» еще одного, уже очень боль-

шого колеса. Ось, на которой расположенъ этотъ реекъ и оба блока, укрѣплены на подвижномъ шлицѣ, который можетъ двигаться вдоль средняго рейка наклоннаго треугольника штатива и зажимается въ любомъ мѣстѣ винтовымъ пробойникомъ. Къ нижнему концу этого «радіуса» привязана тонкая веревка, или лучше, гладкій шнурокъ, проходящій черезъ колечки пробойниковъ, ввинченныхъ въ нижнемъ треугольникѣ штатива по обѣимъ его сторонамъ, и концы этого шнурка находятся въ рукахъ у наблюдателя. Выведа этотъ «радіусъ» изъ вертикальнаго положенія и соединивъ его съ блокомъ зажимомъ-пробойникомъ, мы медленно тяня за одинъ конецъ шнурка, можемъ сообщить трубѣ очень медленное вращеніе вокругъ часовой оси больше, чѣмъ въ теченіе часа. Послѣ этого для дальнѣйшаго движенія «радіусъ» снова надо отвести въ сторону и закрѣпить. На меньшемъ плечѣ этого рейка у меня придѣланъ грузъ для противовѣса, такъ какъ безъ груза даже такой легкій реекъ, выведенный изъ вертикальнаго положенія, уже заставляетъ своей тяжестью трубу вращаться. Между прочимъ изъ этого видно, что если на нижній большой блокъ одѣть веревку съ привязаннымъ къ ней ведромъ наполненнымъ дробью, то можно такъ урегулировать этотъ грузъ, что достаточно будетъ малѣйшаго усилія, чтобы заставить трубу вращаться. Такъ уравновѣшенную трубу могутъ вращать уже обыкновенные часы съ будильникомъ цѣною въ 2 руб. Для того, чтобы закрѣпить неподвижно на часовой оси трубу, въ верхней упорной дощечкѣ имѣется пробойникъ, который, когда нужно, просто завинчивается, причемъ, чтобы онъ не упирался въ дерево блока, на послѣднемъ привинченъ жестяной кружокъ. рис. 76. Болѣе подробно весь штативъ и отдѣльныя его части изображены на рис. 78.

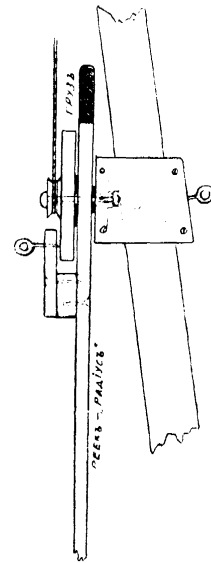


Рис. 77.

У меня часовая ось сдѣлана настолько короткой, что правильно установленный телескопъ не можетъ быть направленъ на полюсъ. И вообще цѣлый небесный треугольникъ, вершина котораго находится въ полюсѣ, а стороны образуютъ уголъ градусовъ въ 30—35, является недоступнымъ для обозрѣнія, т. е. труба не можетъ совершить полного оборота вокругъ часовой оси, не упираясь въ концѣ концовъ въ штативъ. Такой штативъ предназначенъ, главнымъ образомъ, для дневныхъ наблюденій. Тѣ, которые пожелали бы, чтобы труба могла совершать этотъ оборотъ полностью, должны сдѣлать часовую ось длиннѣе. Но тогда блокъ для микрометрическаго движенія часовой

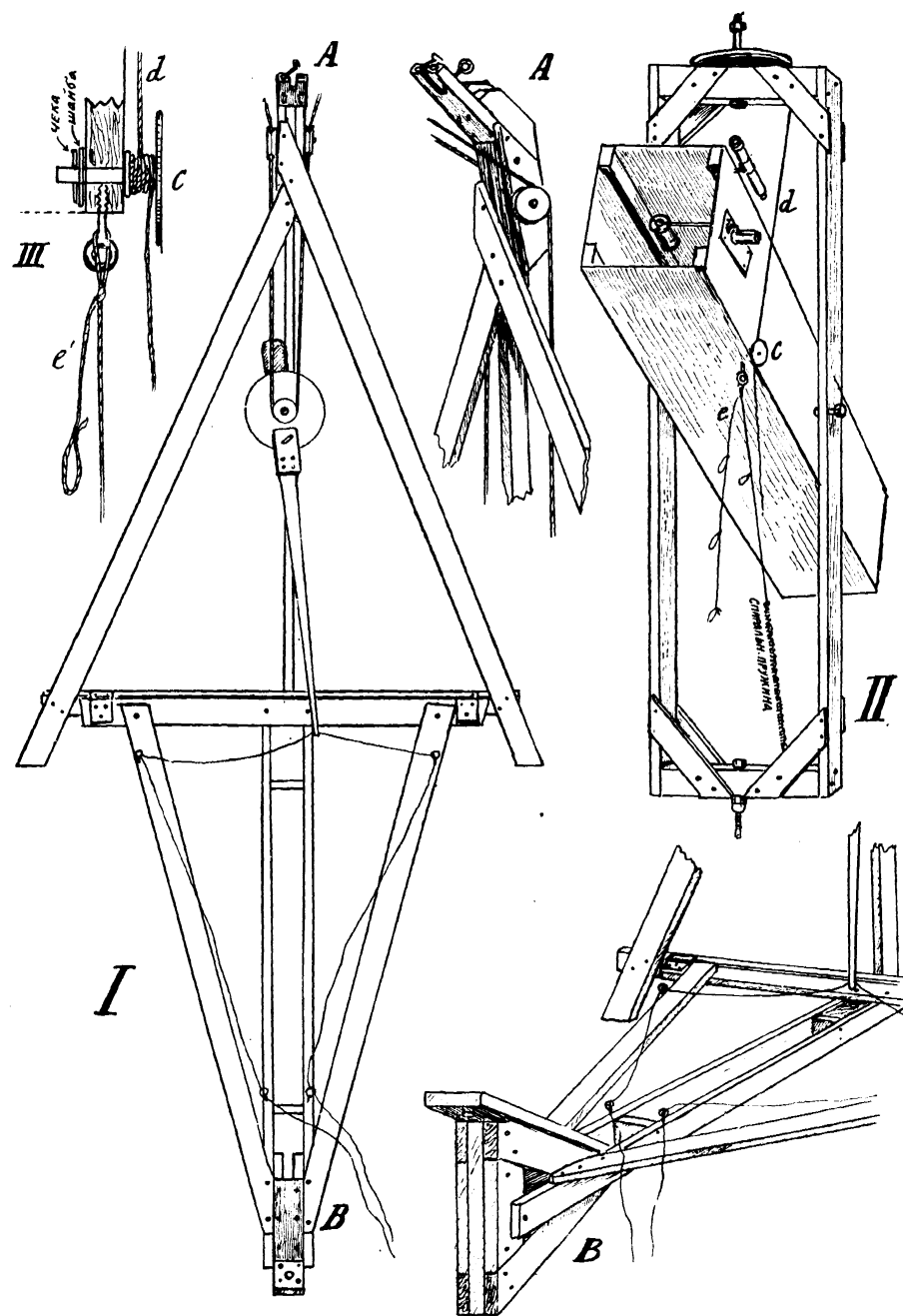


Рис. 78. Параллактический штативъ англійскаго типа.

I. Схематическій видъ треугольныхъ рамъ штатива. А—А) Вершина наклоннаго треугольника и видъ этой вершины отдѣльно сбоку В—В) Вершина горизонтальнаго треугольника и видъ этой вершины отдѣльно сбоку. II. Рама (часовая ось) съ телескопомъ, С) кнопка микрометрическаго движенія по оси склоненія, d) веревка, наматывающаяся

оси удобнѣе уже укрѣпить на нижнемъ брусѣ рамы, и индексъ часового круга привинтить къ этому блоку съ нижней стороны, чтобы онъ не мѣшалъ вращенію одѣтой на него веревки.

Установить такой штативъ для наблюденій весьма просто. Когда опредѣлена полуденная линія (при помощи солнца и часовъ) и имѣется на землѣ черта или лучше нить, натянутая между двумя вбитыми въ землю колышками, то изъ нижней втулки часовой оси и изъ верхней ея втулки опускаются отвѣсы на эту линію, для чего штативъ передвигается въ ту или другую сторону. Наклонъ же часовой оси исправляется, какъ уже было сказано, подкладываніемъ клина подъ переднюю ножку, когда труба расположена вертикально ¹⁾, пока индексъ точно не покажетъ широту мѣста. Для провѣрки же можно навести телескопъ на солнце и тогда индексъ долженъ показать склоненіе солнца, соответствующее таблицамъ, обыкновенно печатаемымъ въ «Нижегородскомъ Астрономическомъ календарѣ» или «Ежегодникѣ Р. А. О.». Ночью, вмѣсто солнца, контрольнымъ объектомъ можетъ служить какая-нибудь яркая звѣзда, склоненіе которой извѣстно.

XXIX.

Часовой механизмъ.

Хотя для переноснаго штатива часовой механизмъ представляетъ собственно говоря, роскошь, тѣмъ не менѣе при фотографированіи онъ чрезвычайно полезенъ. Настоящій часовой механизмъ, вращающій бесконечный винтъ при помощи передачи изъ коническихъ шестеренъ, конечно, очень дорогъ и вмѣсто него можно придѣлать часовой механизмъ отъ граммофона. Но и этотъ послѣдній стоитъ въ отдѣльной продажѣ отъ 15 до 30 руб. Можно, конечно, вмѣсто часового механизма примѣнить клепсидру, какъ это дѣлалъ Дреперъ для своего 15¼ д. рефлектора, но имѣя въ виду любителей, не обладающихъ особенными средствами и большимъ знаніемъ слесарномеханическаго мастерства, я позволю себѣ сказать лишь о самомъ примитивномъ часовомъ механизмѣ, устроенномъ Сальваторомъ Раурихомъ въ Барселонѣ, механизмъ, который довольно успѣшно вращалъ тяжелый 5 дюйм. рефракторъ. 6-ти дюйм. рефлекторъ на англійской установкѣ будетъ вращаться еще лучше. Этотъ часовой механизмъ—обыкновенные часы съ будильникомъ цѣною въ 2 р.—2 р. 50 к. Какъ извѣстно заводная пружина такихъ часовъ заводится вращеніемъ ключа влѣво

¹⁾ Къ числу достоинствъ этого штатива относится также и то, что придавая трубѣ при помощи груза вертикальное положеніе, мы тѣмъ самымъ устанавливаемъ ось склоненія горизонтально, чего на установкѣ нѣмецкаго типа сдѣлать, конечно, нельзя.

и, будучи заведена, пружина эта заставляет заводной ключъ обернуться въ теченіе сутокъ ровно 4 раза. Если вмѣсто ключа на винтъ заводной пружины одѣть колесо въ 4 раза меньшаго діаметра, чѣмъ колесо, которое одѣнемъ на часовую ось телескопа, и соединимъ затѣмъ оба эти колеса, то въ 24 часа часовая ось совершитъ полный оборотъ. Разумѣется такой часовой механизмъ самъ по себѣ слишкомъ слабъ для того, чтобы вращать телескопъ, онъ только регулируетъ вращеніе, которое совершаетъ грузъ одѣтый на колесо часовой оси, о которомъ мы уже упоминали на стр. 125. Для приданія колесу часовъ при соприкосновеніи съ колесомъ часовой оси наибольшаго тренія, чтобы это колесо не скользило одно по другому, Раурихъ обтягивалъ ихъ резиной, но я полагаю, этого же можно достигнуть, густо смазавъ ихъ мѣломъ или канифолью, если оба колеса деревянные.

Заключение.

Въ заключеніе для тѣхъ, кто не собирается собственноручно строить себѣ рефлекторъ, а желалъ бы выписать себѣ готовый инструментъ, или хотя бы лишь одно зеркало, мы позволяемъ себѣ привести ниже нѣсколько фирмъ, къ которымъ можно обратиться въ этомъ случаѣ. Такъ какъ вся техника изготовленія зеркалъ для рефлекторовъ цѣликомъ выработана въ Англіи, то мы и начнемъ съ англійскихъ оптиковъ.

На первомъ мѣстѣ слѣдуетъ поставить: *G. Calver*, Halesworth, Walpole, Manse. Затѣмъ: *D. Booth*, 339 Kirkstall Road, Leeds.—*Irving*, 1, Vale-Cottage, Kingston Vale, Putney, London.—*Newton & Co*, 73 Wigmore Str. London.—*Burnerd & Co*, Dryborough Works, Dryborough-road, Putney, London S. W. Это самый дешевый оптикъ, которому изготавляетъ зеркала *Wm. F. Ellison* (Fethard-on-Sea, Waterford).—*John Browning*, 146 Strand, London.

Изъ французскихъ оптиковъ можно указать: *Vion Fils*, 38 Rue de Turenne, Paris.—*Bardou*, 55 Rue Caulaincourt Paris.—*R. Mailhat*, 10 Rue Emile-Dubois, Paris.

Что касается приблизительной стоимости, то 6—6½ д. зеркало вмѣстѣ съ соотвѣтствующимъ ему плоскимъ у Кальвера—90 руб., у Ньютона—70 руб., у Бёрнерда—60 руб., у Цейсса же (одно вогнутое зеркало 15 сант. діаметр.)—132 руб., а у Штейнгеля (162 mm. діам.)—150 руб. Обѣ эти фирмы готовятъ зеркала только изъ оптического стекла.

Наилучшая фирма по изготовленію плоскихъ зеркалъ: *Adam Hilger*, 75a Camden Road, London, N. W.