

О НОВОМЪ ОБЪЕКТИВѢ — РЕФЛЕКТОРѢ ДЛЯ ТЕЛЕСКОПОВЪ.

(ПРОЕКТЪ)

Про. Платона Ив. Капустина.

Пользуюсь благоприятнымъ случаемъ сообщить достопочтенному собранію вашему, Мм. Гг., мои мысли и предположенія относительно устройства новаго объектива для телескоповъ, которое съ давняго времени меня занимало и занимаетъ. Объективъ этотъ — кусокъ стекла, ограниченный четырьмя различнаго вида правильными поверхностями, такими, что лучи свѣта падающіе на него параллельно оси и проходящіе чрезъ него, сопресѣкаются позади его въ одной точкѣ оси, ни разу не преломившись.

Теорію его устройства можно объяснить слѣдующимъ образомъ. Представимъ себѣ вѣтвь параболы Az (Черт. 1), и пусть будетъ xy ея ось, A — ея начало, F — фокусъ; поставимъ въ F перпендикулярную къ оси до пересѣченія съ параболою прямую BF , которая будетъ полупараметръ параболы. Отложимъ на немъ отъ B часть BC произвольной величины, чрезъ C и B проведемъ прямыя EG и BS параллельно оси; на BS отложимъ отъ B часть BD , равную BC , проведемъ DC , и чрезъ D — прямую параллельную BC до пересѣченія съ параболою въ H ; отложимъ на EG отъ C часть CK , равную CF , и изъ K радиусомъ CK опишемъ часть окружности до пересѣченія съ параболою въ L : получимъ четырехугольникъ $HLCD$, ограниченный съ одной стороны параболою, съ другой — дугою окружности, а съ прочихъ двухъ — прямыми линиями. Замѣтивъ, что этотъ четырехугольникъ лежитъ съ прямою EG въ одной плоскости, представимъ себѣ, что эта плоскость вмѣстѣ съ четырехугольникомъ обращается вокругъ прямой EG , какъ оси, при чемъ четырехугольникъ $HLCD$ опишетъ собою нѣкоторое тѣло вращенія $HBON$, ограничиваемое спереди поверхностями плоскою — кольцеобразною и вдавшеюся по срединѣ коническою, съ боковъ — параболическою а сзади — сферическою. Если представимъ себѣ это тѣло вращенія состоящимъ изъ прозрачной и совершенно однородной массы стекла: то это и будетъ проектируемый мною объективъ.

Легко удостовѣриться, что описанное тѣло будетъ имѣть свойства объектива зрительной трубы, или телескопа для разсматриванія весьма отдаленныхъ предметовъ. Для этого представимъ себѣ, что четырехугольникъ $HLCD$ есть разрѣзъ объектива плоскостью, проходящею чрезъ его главную ось EG , и пусть лучи, идущіе отъ свѣ-

тащейся точки весьма отдаленной, и падающие на объективъ въ этой плоскости параллельно оси, будутъ изображены прямыми PH , SD . Ясно, что оба они, падая на переднюю сторону стекла перпендикулярно къ ней, пройдутъ въ массу стекла не преломившись, и допустимъ на время, что, достигнувъ параболы въ точкахъ H и B , они отъ нея отразятся. По свойству параболы они могли бы отразиться только въ ея фокусъ, еслибы фокусъ находился въ массѣ того же стекла. Но отраженные въ фокусъ лучи на пути своемъ встрѣчаютъ разрѣзъ DC поверхности конуса. Допустимъ, что и прямая DC отразитъ отъ себя эти лучи. Соединивъ U и K прямою, увидимъ, что составятся треугольники UCF и UCK , въ которыхъ CK равно FC , уг. $UCK = \text{уг. } UCF = 1\frac{1}{2}$ прямыхъ уг., и UC — общая сторона, а потому будетъ и уг. $CUK = \text{уг. } CUF$. Но уг. $CUF = \text{уг. } DUH$, какъ вертикальный съ нимъ; слѣд. и уг. $CUK = \text{уг. } DUH$, и по проведеніи UW перпендикулярной къ CD будетъ также уг. $HUW = \text{уг. } WUK$. И какъ уг. HUW есть уг. паденія отраженнаго луча HF на DC : то ясно, что лучъ этотъ, отразившись подъ угломъ, равнымъ углу паденія, пойдетъ по сторонѣ UK треугольника UCK , а лучъ SB , по отраженіи въ точку F , падая на DC подъ угломъ, равнымъ половинѣ прямого, подъ такимъ же угломъ и отразится отъ нея, слѣд. приметъ положеніе, перпендикулярное къ прежнему, и точка F на немъ перемѣстилась бы въ точку K , еслибы эта послѣдняя точка находилась въ той же массѣ стекла. Нѣтъ сомнѣнія, что и всѣ параллельные лучи, падающіе между PH и SD , подобно двумъ разсмотрѣннымъ, отражаясь въ первый разъ въ ту же точку F , при вторичномъ отраженіи перемѣстились бы въ ту же точку K . Все сказанное нами о пути падающихъ лучей въ одномъ разрѣзѣ стекла въ точности можетъ быть приложено и ко всякому другому разрѣзу, или сѣченію проходящему чрезъ ось EG . Слѣдовательно всѣ падающіе на объективъ параллельно оси лучи должны сопресѣкаться въ массѣ стекла въ точкѣ K . Но ничто не препятствуетъ имъ сопресѣкаться въ этой же точкѣ и внѣ массы стекла, если только она ограничена, какъ въ этомъ объективѣ, сферической поверхностію, которой центръ находится въ K ; потому что всѣ они въ этомъ случаѣ пойдутъ по радіусамъ этой поверхности, и слѣд. не отклонятся отъ прежняго направленія и не преломятся.

Выше мы допустили, что лучи, параллельные оси EG , отразятся въ массѣ стекла отъ обѣихъ поверхностей, какъ параболической, такъ и конической. Въ совершенной справедливости этого мы убѣждаемся тѣмъ, что 1) лучъ SD въ точкѣ B паденія на параболическую поверхность въ плоскости паденія встрѣчается съ прямою BF , проходящею чрезъ фокусъ подъ прямымъ угломъ, какъ параллельный оси xu , а лучъ PH съ прямою FH — подъ тупымъ угломъ PHF , такъ какъ смежный съ нимъ уголъ FHP' прямоугольнаго треугольника есть острый; и какъ нормаль параболы дѣлитъ каждый изъ этихъ угловъ на двѣ равныя части, изъ которыхъ одна въ данномъ случаѣ будетъ уголъ паденія, а другая — отраженія, то уг. паденія PHR луча PH больше половины прямого, а уг. паденія луча SB равенъ половинѣ прямого, и

углы паденія всѣхъ параллельныхъ оси лучей, встрѣчающихся съ параболою между точками B и H будутъ также больше половины прямого; 2) такъ какъ уг. $UCF = 1\frac{1}{2}$ прямыхъ, то уг. $CFU +$ уг. $CUF = \frac{1}{2}$ прямого, такъ какъ всѣ эти углы суть внутренніе того же треугольника: слѣд. одинъ уг. $CUF <$ половины прямого, равно какъ и вертикальный съ нимъ уголъ DUH ; а потому дополнительный ему до прямого уг. HUW будетъ больше половины прямого. Но это есть уголъ паденія отраженнаго луча HU на отражающую линію CD ; также уг. BCn паденія луча BC на ту же отражающую линію CD равенъ половинѣ прямого. И такъ всѣ параллельные оси лучи будутъ падать на отражающія поверхности объектива подъ углами большими половины прямого, или подъ угломъ равнымъ половинѣ прямого. Но уголъ полного отраженія стекла, даже наименѣе преломляющаго (напр. такого, котораго показатель преломленія равенъ 1,525) не можетъ быть больше 41° . А потому всѣ лучи, падающіе подъ углами большими 41° на отражающія поверхности объектива, отразятся отъ нихъ, и отраженіе это будетъ *полное*.

Съ помощію геометрическихъ построеній, сопровождаемыхъ вычисленіемъ, не трудно убѣдиться также, что изображенія и другихъ точекъ разсматриваемаго предмета, лежащихъ внѣ оси объектива, составятся на противоположной сторонѣ оси въ той же плоскости, и что эти изображенія будутъ *обратныя*, какія даютъ и объективы рефракторовъ. — Лучи, слишкомъ наклонные къ оси объектива, исходящіе отъ постороннихъ предметовъ, могутъ проходить чрезъ объективъ, не отразившись ни отъ одной внутренней поверхности (напр. лучи подъ угломъ въ 45°), и освѣщать стѣнки трубы, во вредъ ясности составляющагося въ фокусѣ изображенія. Но это устранить легко продолженіемъ стѣнокъ трубы спереди объектива на величину его діаметра. Для той же цѣли нужно заграждать и основаніе конуса какимъ-нибудь непрозрачнымъ щиткомъ, для котораго по самому краю конической поверхности можно выточить углубленіе, равно какъ другое съ задней стороны, въ разрѣзѣ показанное при точкахъ L и O , для придержанія задней части объектива въ надлежащемъ положеніи утвержденною въ стѣнкахъ трубы діафрагмою. Эти углубленія сдѣланы будутъ въ мѣстахъ свободныхъ отъ паденія и отраженія свѣтовыхъ лучей.

Есть серьезное опасеніе, что параллельные между собою, но наклонные къ оси объектива лучи по выходѣ изъ него дадутъ aberrации сферическую и хроматическую. Дѣйствительно, такіе лучи при вступленіи въ объективъ должны преломиться, а по выходѣ изъ него — еще болѣе. Но какъ въ окулярѣ большой зрительной трубы, или телескопа разсматривается только центральная часть изображенія, составляемая только лучами ближайшими къ оси, то сферическая aberrация не болѣе можетъ быть значительна въ объективѣ какъ и въ другихъ объективахъ стеклянныхъ и параболическихъ зеркалахъ, когда на побочныхъ осяхъ составляются изображенія. Также не должна быть значительна и хроматическая aberrация объектива въ сказанномъ случаѣ, по причинѣ малой наклонности къ его оси лучей, входящихъ въ поле зрѣнія

окуляра. Уже при увеличеніи въ 200 разъ угловой радіусъ поля зрѣнія простирается только до $10',3$ *), или иначе, въ полѣ зрѣнія можетъ помѣститься предметъ, видимый простымъ глазомъ подъ угломъ въ $20',6$. Изъ этого видно, что и лучи входящіе въ поле зрѣнія окуляра, при сказанномъ увеличеніи, не могутъ быть преломлены болѣе какъ на $10',3$. Но уголъ составляемый крайними оптическими лучами спектра при преломленіи свѣта для данной среды можно принять за опредѣленный процентъ угла преломленія. Такъ въ кроунгласѣ, равно какъ и въ обыкновенномъ зеркальномъ стеклѣ, этотъ уголъ равенъ $\frac{1}{72}$ угла паденія; а если взять во вниманіе только особенно яркіе цвѣта спектра, то можно принять этотъ процентъ еще вдвое меньше. Поэтому, если положить, что крайніе лучи поля зрѣнія преломились подъ угломъ въ $10',3$, то они должны дать ширину спектра равную $\frac{10',3}{144}$, т.-е. почти въ $4''$. А такъ какъ еще спектръ, освѣчая бѣлый или свѣтящійся предметъ, дѣлится на двѣ дополнителныя цвѣтныя каймы по его краямъ, то каждая кайма выйдетъ шириною въ $2''$. Но при такой ширинѣ едва ли она можетъ произвести какое-либо впечатлѣніе на глазъ.

Мы не хотимъ впрочемъ этого своего мнѣнія выдавать за положительное доказательство и утверждать, что предметы видимые въ фокусѣ разсматриваемаго объектива во всемъ полѣ зрѣнія будутъ видимы безъ всякаго цвѣтнаго оттѣнка; напротивъ сами желали бы слышать объ этомъ мнѣніе людей, обладающихъ глубокимъ знаніемъ математическаго анализа и занимавшихся теоріею ахроматическихъ объективовъ и окуляровъ. Мы можемъ только утверждать за вѣрное, что за объективомъ, нами рекомендуемымъ, теоретически остается то преимущество предъ ахроматическими объективами, что изображеніе весьма отдаленной свѣтящейся точки, находящейся на оси его, онъ даетъ совершенно безцвѣтнымъ, чего теоретически же нельзя утверждать объ ахроматахъ, которые, по непропорціональности цвѣтныхъ пространствъ спектра въ различно-преломляющихъ средахъ, даже и въ изображеніяхъ, лежащихъ на ихъ оси, не могутъ уничтожить всѣхъ цвѣтовъ спектра. Потому еслибы въ разсматриваемомъ предметѣ, находящемся на краю поля зрѣнія окуляра, сдѣлался замѣтнымъ цвѣтныи оттѣнокъ, то всегда можно привести этотъ предметъ въ средину поля зрѣнія, гдѣ уже онъ будетъ видѣнъ безъ всякихъ цвѣтовъ.

Наконецъ, еслибы строжайшее изслѣдованіе предмета людьми спеціально съ нимъ знакомыми показало, что по какимъ-либо причинамъ, не принятымъ нами въ соображеніе, хроматическая aberrация предполагаемаго объектива, въ особенности при сильныхъ увеличеніяхъ, должна въ немъ быстро возрастать по краямъ поля зрѣнія и дѣлать чрезъ то объективъ для астрономическаго употребленія сомнительнымъ: то для избѣжанія преломленія лучей, наклонныхъ къ главной оси, можно оставить въ немъ только самое существенное, т.-е. отражающія поверхности, и совершенно исключить

*) См. Praktische Dioptrik v. Prechtl, S. 163.

изъ него преломляющую среду, т.-е. стекло. Иначе можно вылить изъ стекла или какого-нибудь металла пустой усѣченный конусъ $abcd$, (черт. 2) открытый съ обоихъ концовъ, выточить на внутренней сторонѣ его параболическую поверхность тою же частію образующей параболы, какою образована боковая поверхность разсмотрѣннаго нами стекляннаго объектива, сообщить ей зеркальную полировку, или навести на нее серебряный зеркальный слой; противъ нея и на оси ея помѣстить стеклянный или металлическій конусъ egh , имѣющій при вершинѣ g , въ разрѣзѣ по оси, прямой уголъ и зеркальную наружную поверхность *): тогда получится объективъ, такъ же и на томъ же разстояніи собирающій лучи свѣта, какъ и прежній, что доказывать излишне. При такомъ устройствѣ объективъ, не имѣя уже преломляющей среды, съ теоретической точки зрѣнія будетъ совершеннѣе предложеннаго прежде стекляннаго; но легко представить себѣ практическія его неудобства, состоящія въ тонкости и возможности погнутия его боковой поверхности, и трудности установить конусъ на какой-нибудь подножкѣ KL въ самой его срединѣ, такъ чтобы ось конуса совершенно совпадала съ осью параболической поверхности; наконецъ онъ отброситъ меньше лучей свѣта въ свой фокусъ, потому что часть свѣта при отраженіи зеркальными поверхностями теряется.

Впрочемъ, даже и въ томъ случаѣ, если боковая стѣнка объектива будетъ сдѣлана изъ металла, онъ имѣетъ то преимущество предъ извѣстными доселѣ параболическими зеркалами, что при немъ нѣтъ надобности наблюдателю становиться спереди зеркала для разсматриванія изображенія, заслоня собою при этомъ часть объектива, и что фокусное разстояніе, сравнительно, гораздо короче прочихъ извѣстныхъ объективовъ, въ особенности ахроматическихъ.

Въ самомъ дѣлѣ разсмотримъ, въ какомъ отношеніи діаметръ круга, равновеликаго свѣтопріемлющей поверхности проектируемаго объектива, будетъ находиться къ фокусному его разстоянію? Такъ какъ теорія предложенныхъ нами стекляннаго и зеркальнаго объективовъ одна и та же, то для рѣшенія вопроса обратимся къ стеклянному. Примемъ для этого за линейную единицу полупараметръ BF (черт. 1) параболы, и положимъ, что $BC = \frac{1}{5} BF = FQ$; будетъ $AQ = \frac{1}{10}$. Такъ какъ $QH^2 = 2BF \times AQ$, слѣд. $QH < 1,1777$, то отнявъ отъ него DQ , или единицу, получимъ ширину кольца равную $0,1777$; а взявъ ее вдвое и придавъ къ ней діаметръ основанія конуса $= \frac{2}{5}$, найдемъ $HN = 0,7544$; и какъ $DM = \frac{2}{5}$, то діаметръ круга, равновеликаго поверхности кольца, будетъ равенъ $0,63962$. Сравнивая его съ главнымъ фокуснымъ разстояніемъ объектива KC , равнымъ $\frac{4}{3}$ или $0,8$, получимъ отношеніе почти $64:80$ или $4:5$. Между тѣмъ въ рефракторахъ большихъ размѣровъ допускается діаметръ объектива только отъ $\frac{1}{14}$ до $\frac{1}{18}$ фок. разст. Сравнивая отноше-

*) Мы не описываемъ механизма установки конуса: онъ можетъ быть тотъ же самый, какой употреблялся для установки малаго зеркала въ Грегорианскихъ телескопахъ.

не 1: 14 какъ наименѣе выгодное для нашей цѣли, съ найденнымъ нами отношеніемъ (4: 5), находимъ, что, при одинаковомъ фокусномъ разстояніи, діаметръ круга, равновеликаго кольцу нашего объектива, въ $11\frac{1}{2}$ разъ больше діаметра объективовъ въ рефракторахъ; слѣд. поверхность его слишкомъ во 100 г) разъ больше поверхности ахроматическаго объектива какого угодно рефрактора, при томъ же условіи. Естественно, что такой объективъ, при полномъ внутреннемъ отраженіи свѣта соберетъ въ своемъ фокусѣ и лучей во 100 разъ больше; слѣд. и изображеніе предмета въ фокусѣ во столько же разъ должно быть яснѣе и очертательнѣе, такъ что, можетъ быть, вмѣсто окуляра можно будетъ разсматривать его въ микроскопъ. Можно надѣяться, что при такой силѣ объектива многія загадочныя туманности неба разрѣшились бы предъ нашими глазами на звѣздныя группы и мы могли бы гораздо ближе познакомиться съ тѣлами нашей солнечной системы и особенно съ нашимъ ближайшимъ спутникомъ.

И такъ проектируемый объективъ теоретически возможенъ въ двойной формѣ. Но возможно ли, и въ какихъ размѣрахъ, его осуществленіе при современныхъ средствахъ Механики и Оптики, это могутъ отчасти рѣшить люди, научно и практически знакомые со всѣми новыми ихъ усовершенствованіями и со всѣми подробностями дѣла. Выполненное въ наше время въ Англій параболическое зеркало лорда Росса, шести футовъ въ діаметрѣ, позволяеть думать, что есть возможность и значительной массѣ стекла сообщить параболическую поверхность; притомъ можно начать опыты съ небольшихъ размѣровъ б). Но еслибы современные специалисты-техники при-

г) Мы ограничиваемся здѣсь круглымъ числомъ; дѣйствительная же цифра есть $132\frac{1}{2}$. Нѣтъ сомнѣнія что можно для свѣтопріемлющей поверхности объектива допустить еще гораздо большую величину при томъ же фокусномъ разстояніи, если для опредѣленія его размѣровъ взять величину BC равную одной четверти, и еще большую, если принять ее за одну треть полупараметра параболы.

б) Какъ модель, могушую дать нѣкоторое понятіе о предложенномъ объективѣ, можемъ порекомендовать для жителей холодныхъ странъ замороженную въ формѣ объектива воду. Для этого можно устроить металлическую чашу $abcd$ (черт. 3) со внутреннею боковою параболическою поверхностью, которая бы накрывалась плоскою, металлическою же крышкою съ пустымъ конусомъ $efghk$, прямоугольнымъ въ разрѣзѣ по оси и плотно входящимъ частію g въ отверстіе сферическаго дна сосуда. Внутренняя — параболическую и сферическія поверхности можно выточить въ чашѣ стальнымъ лекаломъ вѣрно очерченнымъ. Когда въ чашѣ замерзнетъ вода, то прикасаясь слегка и однообразно нагрѣтыми непроводниками къ поверхностямъ чашки и крышки, можно легко отдѣлить отъ нихъ и вынуть лдяной объективъ приблизительной формы, который хотя будетъ имѣть ефемерную прочность, измѣняясь при всякой оттепели, за то легко можетъ быть и приготовленъ и восстановленъ въ своей формѣ. Такъ какъ уголъ полного отраженія въ массѣ льда $= 48^\circ$, то параболическая поверхность сосуда должна быть образована иною частью параболической вѣтви, нежели какою образована поверхность стекляннаго объектива, чтобы въ немъ имѣло мѣсто полное отраженіе всѣхъ лучей, падающихъ на объективъ. Эту часть вѣтви можно опредѣлить такимъ построениемъ. При F (черт. 4) на полупараметрѣ составьте уг. BFT , большій шести градусовъ, и сторону его FT продолжите до пересѣченія съ вѣтвью въ T , чрезъ точку T проведите прямую, параллельную оси до пересѣченія съ продолженною BF въ W , отложите отъ W какую-нибудь часть WC , равную напр. $\frac{1}{2}$ части BF , отложите WD равную WC , точки D и C соедините прямою, и чрезъ D про-

знали невозможнымъ сообщить большой массѣ стекла или упругаго металла такую правильность проектированныхъ поверхностей: плоской, параболической, и въ особенности конической (такъ какъ на нее отразится весь свѣтъ отъ гораздо бѣльшей параболической поверхности), и такую деликатную полировку, которая бы вполне соответствовала астрономическимъ требованіямъ объектива: то все-таки можно надѣяться, что высокій научный интересъ дѣла въ будущемъ всегда останется живымъ и сильнымъ побужденіемъ къ осуществленію предложеннаго объектива и что всѣ трудности, какія встрѣтятся на этомъ пути, рано или поздно будутъ побѣждены силою человѣческой мысли.

ОБЪ ОПРЕДѢЛЕНІИ ПОЛЮСОВЪ МАГНИТНЫХЪ СТРѢЛОКЪ.

Замѣтка К. А. Чеховича,

Препод. при Бѣлостокской Реальной Гимназіи.

Для опредѣленія полюсовъ большихъ магнитовъ было предложено нѣсколько способовъ болѣе или менѣе совершенныхъ. Въ этихъ способахъ употребляется вспомогательная магнитная стрѣлка, которая направляется однимъ концомъ къ соответствующему полюсу. Самое большое изслѣдованіе объ опредѣленіи полюсовъ въ магнитахъ принадлежитъ профессору Петрушевскому, которое можно найти въ Вѣстникѣ математическихъ наукъ, Вильна, и въ „Трудахъ 1-го Съѣзда Русскихъ Естествоиспытателей“. При опредѣленіи полюса надобно различать, какія силы дѣйствуютъ: если разстояніе такъ значительно, что силы могутъ почитаться параллельными, то мѣсто приложенія равнодѣйствующей называется *абсолютнымъ* полюсомъ; когда же силы не

ведите DH параллельную BC ; чрезъ C проведите прямую параллельную оси, отложите на пей $CK = CF$, B съ K соедините прямою и радіусомъ BK опишите дугу BO , наконецъ по начерченнымъ линиямъ вырѣжьте упомянутое лекало. Лдяный объективъ, устроенный описаннымъ способомъ, будетъ имѣть полное внутреннее отраженіе, потому что въ немъ всѣ внутренніе углы паденія на параболическую и коническую поверхность будутъ больше 48° , т.-е. угла полного отраженія льда. Съ особеннымъ вниманіемъ должно заботиться, чтобы образующая конической стѣнки на крышкѣ была наклонена къ оси аккуратно подъ угломъ въ 45° ; потому что если это условіе не будетъ выполнено, то въ фокусѣ зеркала вмѣсто точекъ будутъ получаться кружки. Можно помочь лдяному объективу еще такимъ образомъ. Снявъ съ замороженнаго льда крышку чаши съ коническимъ углубленіемъ, какъ сказано, наложите на переднюю поверхность объектива круглое полированное зеркальное стекло, равнаго, или нѣсколько бѣльшаго діаметра, и нагрѣвайте его слегка теплыми непроводниками сверху, пока подъ нимъ вездѣ начнетъ таять ледъ, тогда прекратите; стекло примерзнетъ и составитъ переднюю часть объектива; останется на средину его снаружи приклеить, или приморозить, противъ основанія конуса, кружокъ изъ картона. Можно думать, что эта лдяная модель объектива по причинѣ множества падающихъ лучей и общаго приблизительно правильнаго направленія поверхностей будетъ въ состояніи дать хотя самое несовершенное понятіе объ оптическихъ свойствахъ проектированнаго объектива.