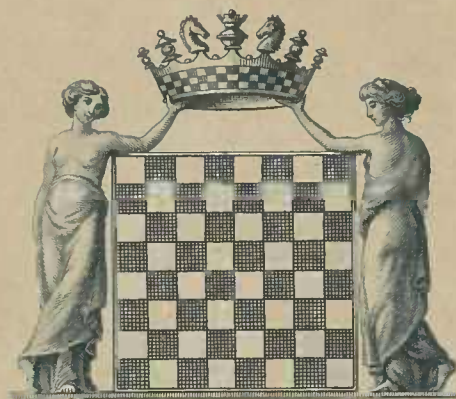




1853. 900. Vol. 65 / page



STERN GR.

A . RAMEL

N^o 2073

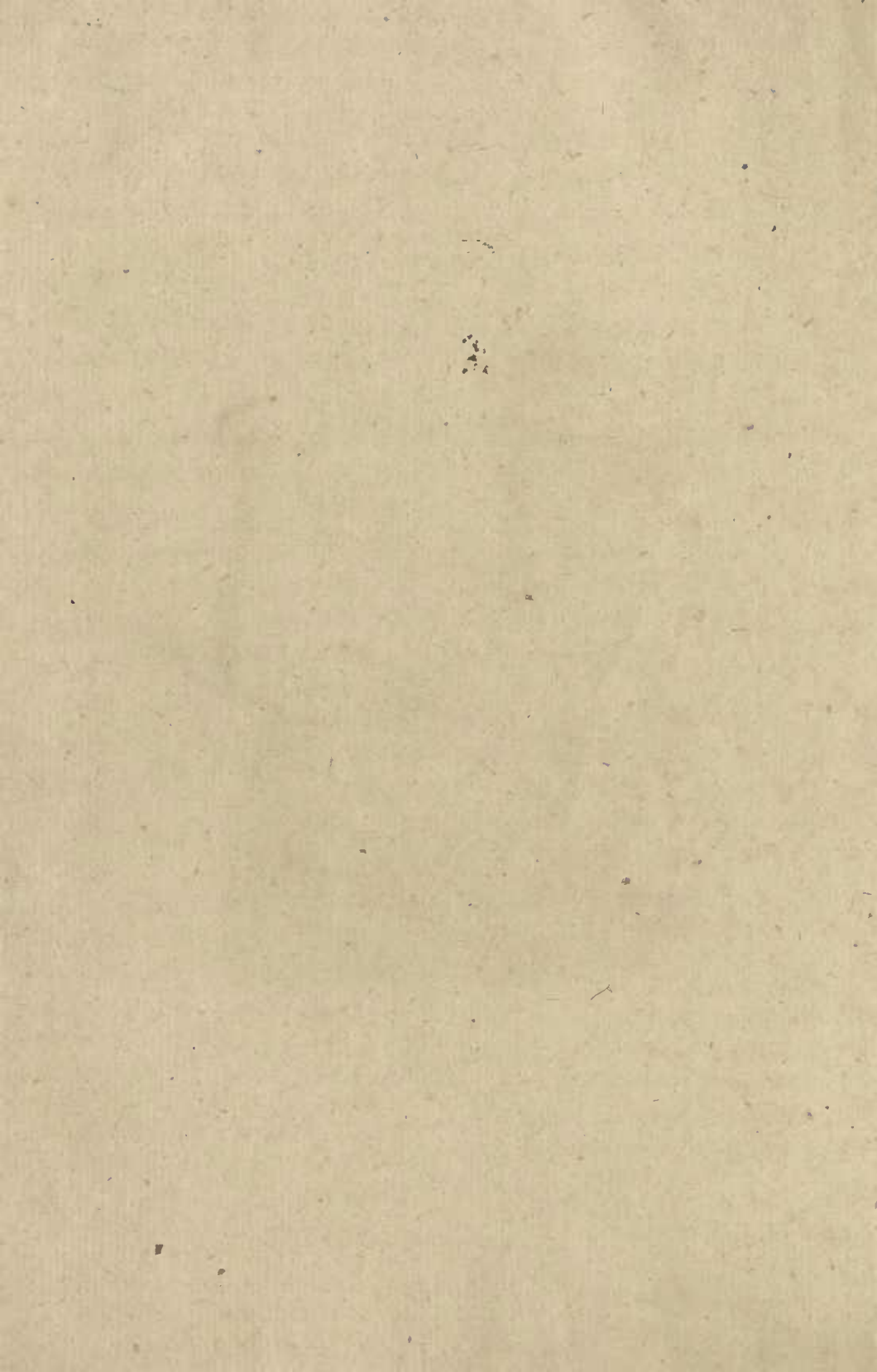
EX LIBRIS

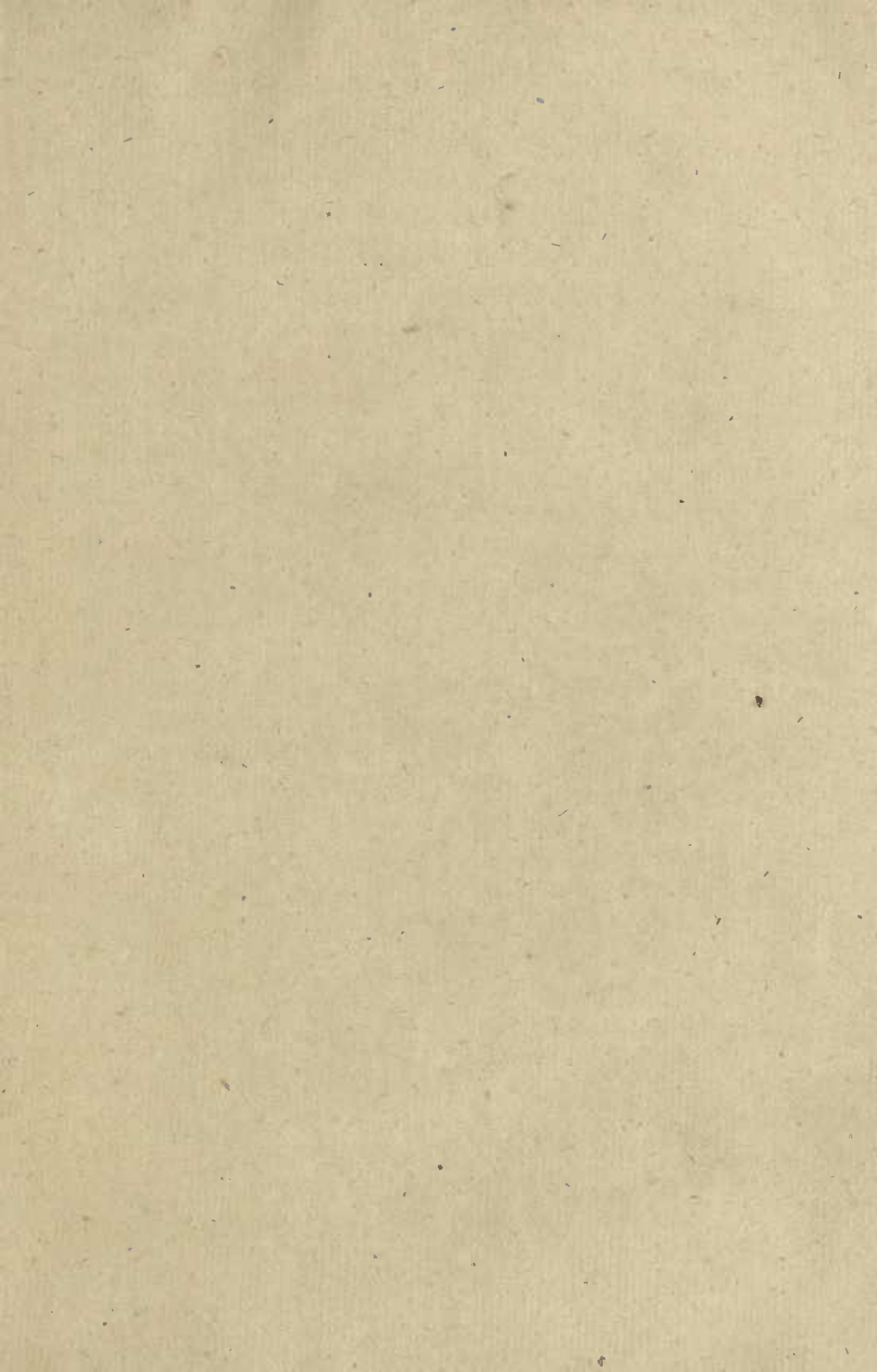


RUBENS BORBA
ALVES DE MORAES

H.S.C.

W.





TRATADO
DE OPTICA

POR

LA CAILLE

TRADUZIDO

SOBRE A NOVA EDIÇÃO DE 1802, COM AS CORRECÇÕES, E ADDICÇÕES DOS DISCIPULOS DA ESCOLA POLYTECHNICA.

Para uso da Real Academia Militar desta Corte.



RIO DE JANEIRO.

NA IMPRESSÃO REGIA. 1813.

Por Ordem de S. A. R.

ERRATAS.

Pag.	Lin.	Erros.	Emendas.
6	6	(Geom. L. 3. P.28)	(Geom. L. 3. P. 27)
24	13	15000	1500
51	18	1200	12000
<i>ibid.</i>	20	$\frac{1}{1200}$	$\frac{1}{12000}$
60	11		(58)
75	13	he real , ou inver- tida.	he real , e directa , ou invertida
78	3	da imagem	do objecto
91	10	ND = MO	ND = NO
99	4	$p : q :: K : etc.$	$p : q :: HG : etc.$
100	3	dr	dpr
102	6, e 17	$d = \frac{11}{20} r$	$d = \frac{20}{11} r$
103	6 *	e concava	a concava
107	1 *	$— 11d — 20r$	$— 11d — 31r$
111	3 *	e PBF	e PBT
<i>ibid.</i>	2 *	BF = etc.	BT = etc.
112	10 *	dado o arco I	dado o arco AI
116	4 *	a OD	a OL
118	11	$11d — 20r$	$11d — 10r$
119	6	$20 drK$	$20 drR$
120	2	$u = etc.$	$x = etc.$
121	3	$11d — 10r$	$11d + 10r$
23	7 *	decrecerá	crecerá
<i>ibid.</i>	3 *	decrecerá huma quantidade , etc.	decrecerá desde hu- ma quantidade etc.
127	2	fóra	fórra
131	6	(54)	(71)
132	4 *	(179)	(178)
133	2	(179)	(178)
137	7	(21)	(48)
139	10 *	(103)	(102)
<i>ibid.</i>	2 *	(23)	(9, e 205, 2º)

Pag.	Lin.	Erros.	Emendas.
160	3	ou $\frac{1}{9}$	ou $\frac{1}{5}$
166	6 *	$bB = F$, e $Cb = F$	$BC = F$, e $Cb = D$
167	4 *	$oK : oD$	$oD : oK$
ibid.	11 *	$Co : Ko$	$Do : Ko$
ibid.	ibid. *	$Co = F$	$Do = F$
ibid.	5 *	chamando oK F comprimento do fóco de PQ , e oD f	chamando oK f , comprimento do fóco de PQ , e oD F
168	3 *	$DAC = o'Cb'$	$DCA = o'Cb'$
169	10 *	$GF \times Fg$	$GF + Ff$
170	1 *	$(F + f)$	$f(F + f)$
ibid.	2	logo IS	logo $I f$
171	8 * bis	v	γ
178	1 *	no n.º 136	no n.º 135
179	9	(136, e 184)	(135, 184)
180	8 *	(15)	(51)
181	3	(50)	(26)
182	8	no fo	no fóco
189	2	351	331
199	7	o raio	ao raio
ibid.	9	aberrção	aberração

As linhas notadas com o signal * contão-se de-
baixo para cima.

~~~~~

# LICÇÕES ELEMENTARES DE OPTICA.

1. **A** Optica he huma sciencia Physico-mathematica, que trata da luz, e da visão.

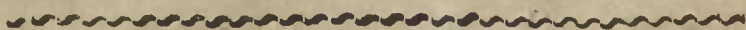
2. A luz póde vir do objecto ao olho por tres diferentes modos, 1.<sup>o</sup> ou directamente; 2.<sup>o</sup> ou depois de quebrada; 3.<sup>o</sup> ou depois de reflectida. Chama-se *Optica propriamente dita* a parte, que trata da visão feita pela luz directa. *Dioptrica* a que trata da visão feita pela luz quebrada, ou refracta. E *Catoptrica* a que trata da visão feita pela luz reflectida.

3. *A Perspectiva* tambem he huma sciencia Optica. He a arte de representar sobre huma superficie dada os objectos taes, quaes se mostrão quando são vistos de hum ponto dado.

4. Chama-se *meio* o espaço, que a luz atravessa. Este espaço póde ser, ou absolutamente vazio; ou cheio de huma materia tal, que não opponha obstaculo algum ao movimento da luz, e então chama-se *meio livre*; ou ainda póde ser cheio de qualquer materia, que lhe não dê passagem sem mais, ou menos difficuldade; e então chama-se *meio diafano*. Se esta materia he por toda a parte a mesma, chama-se *meio*

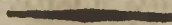
*homogeneo*; e se he composta de partes de differente natureza, *meio heterogeneo*.

Hum meio diafano he mais, ou menos denso, segundo contém debaixo de hum mesmo volume mais, ou menos materia capaz de impedir, ou de desviar a luz.



## PRIMEIRA PARTE.

*Da Optica propriamente dita.*



### ARTIGO PRIMEIRO.

*Dos principios, sobre que se fundão as demonstra-  
ções d'Optica.*

5. **O**s principios, que servem de fundamento à Optica, são tirados da experiencia. São factos, em que todos os Physicos convem. Podem-se deduzir examinando as circumstancias da experiencia seguinte.

Feche-se huma camara, de maneira que a luz não possa entrar, senão por huma muito pequena abertura. Se o tempo estiver sereno, ver-se-hão sobre as paredes da camara (que se suppõe polidas, e bran-

cas) todos os objectos externos, expostos á abertura pintados com todas as suas cores (ainda que fracas). As pinturas dos objectos fixos, como arvores, casas, etc. apparecerão fixas: as dos objectos em movimento, como homens, e outros animaes apparecerão em movimento. He certo que todos os objectos serão representados em huma situação inversa; o que provém do cruzamento dos raios de luz, quando passam pela pequena abertura, como se explicará na Dioptrica, e na Catoptrica. Se o Sol for ter directamente á pequena abertura, ver-se-ha hum raio luminoso hir em linha recta terminar-se na parede, ou no pavimento. Se se expõe o olho a este raio, achar-se-ha o olho, a abertura, e o Sol em huma mesma linha recta: o mesmo succederá aos outros objectos pintados na camara. As imagens dos objectos recebidas sobre hum plano serão tanto menores, quanto mais distantes estiverem os objectos da abertura. Mais adiante examinaremos as outras circumstancias desta experiencia, que representa o que se passa no nosso olho, quando vemos os objectos, que nos cercão; porém podem-se já deduzir os principios seguintes.

6. I. *A luz tende sempre a caminhar em linha recta.*

7. II. *Hum ponto qualquer de hum objecto luminoso poderá ser visto de qualquer lugar, huma vez que entre este e o dito ponto se possa tirar huma linha recta sem encontrar obstaculo algum.*

Porque he sempre visivel na camara escura a pintura de hum objecto em movimento, logo que esteja exposto á abertura.

8. III. *Segue-se daqui: que de hum ponto luminoso partem raios de luz em todo o sentido. Elle he o centro de huma esfera de luz, que se propaga, e estende indefinidamente para todos os lados. E se alguns destes raios de luz forem interceptados por hum plano, observar-se-ha huma pyramide de luz, cujo vertice he o ponto luminoso, o corpo o ajuntamento dos raios, e a base o plano, que os intercepta.*

9. IV. *A imagem da superficie de hum objecto, que se pinta sobre a parede, he tambem a base de huma pyramide de luz, que tem o vertice na abertura da camara: os mesmos raios, que formão esta pyramide, formão outra semelhante, e opposta, cruzando-se na abertura, que he o vertice desta segunda, e a base a superficie do objecto.*

10. V. *As particulas de luz são extremamente pequenas, e subtis: porque os raios, que vem de cada hum dos pontos visiveis dos objectos expostos á pequena abertura da casa, passam por ella sem se embaraçarem sensivelmente, nem se confundirem.*

## A R T I G O II.

*Das propriedades geraes da luz.*

11. I. **P**ROP. *Em hum meio livre a força, e a intensidade da luz, que se propaga por meio de raios parallellos, he sempre constante.* Porque em hum meio livre nada ha, que se opponha ao movimento da luz, nem que a embarace de obrar da mesma maneira; nada, que diminua a sua velocidade, nem que lhe mude a direcção.

12. II. PROP. *Em hum meio livre a força, e intensidade da luz, que se propaga por meio de raios, que partem de hum mesmo ponto, ou que concorrem em hum mesmo ponto, he sempre na razão inversa do quadrado das distancias a este ponto.*

Porque a divergencia de dois raios de luz, que partem de hum mesmo ponto, he sempre proporcional á sua distancia a este mesmo ponto, (pois que as divergencias dos dois raios são bases parallelas de triangulos isosceles, que tem por lados esses dois raios). Supponha-se então, que se intercepta por hum plano certo numero de raios a certa distancia do ponto de reunião, e que depois se faz o mesmo a huma distancia dupla, depois tripla, quadrupla, etc. As divergencias dos raios serão entre si, como 1.<sup>o</sup>

2, 3, 4, etc. (que he a relação das bases paralelas dos triangulos isosceles com os lados que são as distancias), e como vem á ser tambem huma dimensão da base de cada huma pyramide luminosa, que assim se formará successivamente, estará na mesma razão. Logo (Geom. L. 3. P. 2<sup>o</sup>) as superficies de cada huma destas bases estarão como 1, 4, 9, 16, etc. Assim achando-se distribuido successivamente o mesmo numero de raios sobre superficies, que são entre si como os quadrados das distancias ao ponto de reunião, a força da luz, que elles formarão, diminuirá na mesma razão. Porque, tomando-se sobre a superficie de cada huma destas bases huma área igual á superficie da primeira base, ver-se-ha que a quantidade de luz sobre esta área, ou porção tomada em qualquer base, he na segunda huma quarta parte da primeira, na terceira huma nona parte, na quarta huma decima sexta parte, e assim por diante.

13. Donde se conclue que, á medida que a luz se aparta de hum ponto luminoso, a sua força segue

esta serie 1,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{9}$ ,  $\frac{1}{16}$ , etc.

14. ADV. Ainda que a força da luz decresça tão rapidamente, apartando-se da sua origem, com tudo o resplendor de hum corpo luminoso, visto a huma distancia qualquer em hum meio perfeitamente livre, e com huma mesma abertura de pupilla, he constante. Porque este resplendor depende da densidade dos raios, que formão a imagem no olho, como



se explicará no Artigo IV. Porém se, tendo applicado o olho a huma certa distancia do objecto, se applica depois a huma distancia dupla, a imagem neste segundo caso occupa no fundo do olho hum espaço, que he metade do comprimento, e da largura daquelle, que occupava a primeira imagem, e que he por consequencia huma quarta parte: mas tambem o olho não recebe mais que a quarta parte da luz, que recebia no primeiro caso. Pelo que os raios de luz são tão densos nesta segunda imagem, como na primeira; logo o resplendor do objecto he constante.

15. He verdade que, segundo a experiencia, os mesmos objectos parecem tanto mais escuros, quanto elles estão mais apartados, e finalmente deixão de ser visiveis; mas elles se tornão escuros, porque não os podemos ver, senão a través do ar, que he hum meio assás denso, principalmente proximo á superficie da terra, e que faz dissipar huma grande quantidade de raios no intervallo do objecto ao olho; pois que, segundo as experiencias, e os calculos de Bouguer, 189 toezas de intervallo horisontal, que são  $\frac{1}{12}$  da legoa, fazem perder  $\frac{1}{100}$  da luz, e 7469, ou 3 legoas, e  $\frac{1}{4}$ , dissipão  $\frac{1}{3}$ . (*Ensaio d'Opt. pag. 76, e 80*). E assim, deixão de ser visiveis, porque as imagens, diminuindo de grandeza, abalão hum menor numero de fios nervosos do olho, e se tornão muito pequenos para fazer huma impressão sensivel.

16. III. PROP. *A densidade de hum meio diafano, e homoganeo faz decrescer segúndo huma progressão geometrica a intensidade da luz, que se propaga por meio de raios quaesquer.*

DEM. Supponha-se que a densidade uniforme de hum meio, v. g. de huma porção de gelo, he tal, que o numero das suas particulas solidas, que fazem desviar a luz na sua passagem, seja huma parte do volume do gelo representada por  $\frac{1}{n}$ . Supponha-se mais que este gelo está dividido na sua espessura em camadas, ou laminas iguaes, cada huma igual em espessura ao diametro daquellas particulas solidas, que eu supponho iguaes entre si; he claro que, se hum feixe de raios de luz, dispostos como se quizer, e que eu represento por 1, cahir sobre este gelo, huma parte destes raios representada por  $\frac{1}{n}$  será embargada na passagem da primeira camada, de maneira, que desta para a segunda só sahirá a differença destes raios  $1 - \frac{1}{n}$ , ou  $\frac{n-1}{n}$ ; e porque a segunda camada he homogenea, e igual á primeira, embargará da mesma sorte huma parte dos raios representada por  $\frac{1}{n}$  de  $\frac{n-1}{n}$ , que vem a ser igual a  $\frac{n-1}{n \cdot n}$ : logo a porção, que deve sahir, como no primeiro caso,

será  $\frac{n-1}{n} - \frac{n+1}{nu} = \frac{nn-2n+1}{nn} = \frac{(n-1)^2}{nn}$ ;

raciocinando do mesmo modo, se provará que da terceira camada deve sair humã porção igual a

$\frac{(n-1)^3}{n^3}$ ; da quarta  $\frac{(n-1)^4}{n^4}$ ; e assim por diante;

o que evidentemente está em progressão geometrica.

17. IV. PROP. *Em hum meio diafano, e de humã densidade uniforme, a intensidade da luz, que diverge de hum ponto luminoso, tomado neste meio, decresce segundo esta serie,*

$\frac{n-1}{n}$ ,  
 $\frac{(n-1)^2}{4n^2}$ ,  $\frac{(n-1)^3}{9n^3}$ ,  $\frac{(n-1)^4}{16n^4}$ ,  $\frac{(n-1)^5}{25n^5}$ , etc.,

na qual  $n$  exprime a porção de raios de luz, que a densidade do meio embarga a cada intervallo igual de distancia ao ponto luminoso.

Porque (13) no fim de cada intervallo igual de distancia, em consequencia da divergencia, a intensidade da luz he como 1,

$\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{9}$ ,  $\frac{1}{16}$ , etc., e em con-

sequencia da densidade uniforme do meio, como

$$\frac{n-1}{n}, \frac{(n-1)^2}{n^2}, \frac{(n-1)^3}{n^3}, \frac{(n-1)^4}{n^4}, \text{ etc.}$$

18. Por exemplo, visto que a 189 toezas de distancia a luz perde  $\frac{1}{100}$  dos seus raios por causa da densidade do ar, segue-se que a intensidade da luz, pela qual se vê hum objecto a  $\frac{1}{12}$  de legoa de distan-

cia, está para aquella, pela qual se vê a  $\frac{1}{3}$  de legoa,

ou a 756 toezas de distancia, reciprocamente como

$$\frac{96059601}{160300000} \text{ para } \frac{99}{100}, \text{ ou, pouco mais ou menos, co-}$$

mo 33 para 2.

19. ADV. I. Como a luz, que nos vem dos astros, atravessa a atmosfera d'ar, que cerca todo o globo terrestre, perde por isso tanto mais raios, quanto maior he o caminho, que tem a fazer; e este he realmente tanto maior, quanto o raio de luz vem mais obliquamente. Seja ABC (Fig. 1) hum arco da circumferencia da terra, abc hum arco concentrico, que vem a ser a extremidade da atmosfera d'ar, que se eleva algumas legoas acima de nós. Seja DB hum raio de luz, que vem do zenith perpendicularmente ao horisonte do observador, posto em B. Seja EB

hum raio, que vem obliquamente; vê-se com toda a evidencia que aquelle, que vem perpendicularmente, só tem de atravessar a porção *bB* da atmosfera; que o raio obliquo *EB* atravessa a porção *GB* maior que *bB*; e o raio horizontal *FB* a porção *HB* maior que qualquer das outras; donde se segue que a luz dos astros he mais fiaca, quando elles estão sobre o horisonte, que augmenta á medida que elles se elevão sobre o horisonte, e he a mais viva, quando passão pelo zenith.

20. Por hum calculo fundado sobre suas experiencias acha Bouguer, que de 10000 raios de luz, que partindo de hum astro, chegarião ao nosso olho, senão encontrassem a nossa atmosfera, sómente chegão tantos quantos se mostrão na taboa seguinte.

| Grãos<br>d'altura<br>apparente. | N.º<br>dos<br>Raios. | Grãos<br>d'altura<br>apparente. | N.º<br>dos<br>Raios. | Grãos<br>d'altura<br>apparente. | N.º<br>dos<br>Raios. |
|---------------------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------|
| 0                               | 5                    | 8                               | 2423                 | 30                              | 6613                 |
| 1                               | 47                   | 9                               | 2797                 | 35                              | 6963                 |
| 2                               | 192                  | 10                              | 3149                 | 40                              | 7237                 |
| 3                               | 454                  | 11                              | 3472                 | 50                              | 7624                 |
| 4                               | 802                  | 12                              | 3773                 | 60                              | 7866                 |
| 5                               | 1201                 | 15                              | 4551                 | 70                              | 8016                 |
| 6                               | 1616                 | 20                              | 5474                 | 80                              | 8098                 |
| 7                               | 2031                 | 25                              | 6136                 | 90                              | 8123                 |

21. ADV. II. *Fouguer* faz ver por experiencias ,  
 I. Que a luz do Sol he quasi trezentas mil vezes  
 mais forte , que a da Lua , quando he cheia , e es-  
 tá no meio entre a sua maior , e menor distancia  
 da terra. II. Que a luz do Sol não he sensivel ,  
 quando he diminuida 100000000000<sup>a</sup> vez ; de ma-  
 neira que hum corpo he verdadeiramente opaco , quan-  
 do só deixa passar a parte 100000000000<sup>a</sup> da luz do  
 Sol.

22. ADV. III. As observações Astronomicas tem  
 feito conhecer outra propriedade da luz , que he a  
 extrema velocidade , com que ella se propaga , de  
 maneira que não gasta mais que 8<sup>l</sup> de tempo a  
 chegar do Sol a nós , e a correr 27500000 legoas :

donde se segue que nada se pôde ver no Ceo actualmente no seu verdadeiro lugar ; porque cada Astro move-se na sua orbita em quanto a luz , que elle nos envia , corre o espaço comprehendido entre elle , e o nosso olho. E porque este tem tambem algum movimento em consequencia da revolução da terra em roda do Sol , vem por tanto a haver huma complicação d'apparencias , que nos fazem suppôr os astros em outro lugar differente daquelle , em que realmente estão. O tratado destes effeitos faz o objecto de huma parte consideravel da Astronomia moderna. Chama-se *theoria da aberração da luz.* \*

\* *Adição do Editor.* “ Pela observação dos satellites de Jupiter tem-se chegado a determinar a velocidade da luz. Notava-se que quanto maior era a distancia deste Planeta á terra , tanto maior era o intervallo entre o momento da immersão do satellite , dado pela observação , e o calculado pelas taboas. Observando-se o instante da immersão , quando se achava a terra entre o Sol , e Jupiter , e o Sol entre os dois Planetas , achou-se , que no segundo caso o instante da immersão acontecia 16' mais tarde , que no primeiro. Porém como no segundo , Jupiter achava-se mais distante , que no primeiro , de huma quantidade igual ao diametro da orbita da terra , concluiu-se que a luz empregava para chegar do Sol á terra precisamente metade deste tempo , i. e. , 8'.

„ Esta observação devida a Roemer subministrou

„ a Bradley a explicação tão engenhosa, como evidente, de hum movimento apparente, que tinha notado nas estrellas junto á sua posição media; movimento, que se chama *aberração*.

„ Para representar este phenomeno de huma maneira simples, imagine-se hum satellite no momento da immersão; a luz reflectida para a terra emprega hum certo tempo em chegar a ella. Ora, durante este tempo, a terra tem caminhado na sua orbita huma certa quantidade, e o ponto, em que se acha, quando a luz do satellite chega á sua superficie, não he o mesmo, em que se achava no momento da immersão. Para ter este ponto, e a direcção do raio de luz, pelo qual se perceberia o astro, se a terra estivesse immovel, ou se a immersão da luz fosse instantanea, he necessario tomar em sentido contrario o arco, que a terra tem descrito, tirar por este ponto, e pelo astro huma recta, que será a verdadeira direcção da terra, e do astro no momento da immersão. „

23. V. PROP. Se os raios de luz, partindo de hum ponto, vierem passar por huma abertura feita em huma camara escura, e forem recebidos sobre hum plano paralelo ao da abertura, formarão sobre este plano huma figura semelhante á da abertura, e tanto maior, quanto mais distante estiver della.

Porque então o ponto luminoso he o vertice de huma pyramide de luz, cujas faces são determinadas pelos raios, que tocão os lados da abertura da casa,



e cuja base he a superficie da mesma abertura: além da abertura caminhão os raios ainda divergentes; logo se se receberem em hum plano paralelo ao da abertura, cortar-se-ha a mesma pyramide assim prolongada por hum plano paralelo á sua base, e por consequencia a figura luminosa nelle pintada será semelhante á da abertura, e tanto maior, quanto mais distante estiver della.

24. He claro pela natureza da pyramide que, se se expozer o plano obliquamente ao da abertura, a figura luminosa terá sempre os mesmos lados, que ella; porém então não lhe será semelhante, mas sim hum pouco mais alongada.

25. Vê-se tambem que esta figura luminosa não he outra cousa mais, que huma multidão de tantas imagens do ponto luminoso, quantos são os pontos da superficie da abertura.

26. VI. PROP. *Se a luz do Sol, ou da Lua cheia passar por huma pequena abertura, que tenha humma figura qualquer, e se depois a recebermos sobre hum plano paralelo, e muito proximo á abertura, ter-se-ha humma figura luminosa semelhante a ella; mas se a recebermos a huma distancia consideravel, ver-se-ha humma figura luminosa sensivelmente circular.*

Porque a superficie da abertura he composta de humma infinidade de pontos, que são outras tantas pequenas aberturas contiguas, pelas quaes passam os raios de luz, que vem de todos os pontos do disco

do Sol. He logo cada ponto desta superficie o vertice de hum cône luminoso, cuja base vem a ser o disco do Sol, o eixo o raio, que vem do centro do disco a este ponto, e o angulo formado no vertice deste cône pelos dois apotémas oppostos he de  $32'$ ; os raios de luz, passando para a outra parte da abertura, e cruzando-se nella, formão outro cône luminoso, que tem o mesmo vertice, o mesmo eixo, e o mesmo angulo no vertice, mas que se estende indefinidamente além da abertura oppostamente ao Sol. E como a largura da abertura he infinitamente pequena em comparação da sua distancia ao Sol, os eixos de todos estes cônes são parallellos entre si. Porém, por causa da pequenez do angulo no vertice de cada pyramide, os apotémas se confundem sensivelmente com os seus eixos a pouca distancia da abertura. Logo hum plano posto muito perto da abertura recebe a luz do Sol, como se ahi houvessem só os eixos, os quaes, sendo parallellos entre si, são arrançados na mesma ordem, que todos os pontos da superficie da abertura; e por consequencia a figura luminosa, existente no plano, deve ser semelhante á abertura. Mas quando se affasta este plano, os apotémas dos cônes começam a apartar-se sensivelmente dos eixos; e então os cônes vem a fazer-se sensivelmente abertos de maneira, que a huma distancia consideravel a figura luminosa he composta de todas as bases destes cônes, que são circulos. Os centros destes circulos, determinados pelo encontro dos ei-

xos, são verdadeiramente arranjados sobre o plano da mesma maneira, e á mesma distancia huns dos outros, que os pontos da superficie da abertura; mas suas circumferencias são confundidas hmas com outras, e formão por consequencia hma figura pouco mais ou menos circular, como se vê na dos sete circulos, (Fig. 2) cujos centros são A, B, C, D, E, F, G, ou hum heptagono irregular.

27. ADV. I. Se as dimensões da abertura não differirem muito entre si, a figura luminosa será sensivelmente circular. Se for oblonga, como a de hum parallelogramo, a figura luminosa parecerá tambem hum parallelogramo redondeado, ou terminado em semicirculo pelas duas extremidades oppostas. Em geral todas as figuras luminosas, causadas pelo Sol, ou pela Lua, terão sempre os seus angulos alguma cousa redondeados á certa distancia.

28. II. Se o plano não for parallelo ao da abertura, a figura luminosa será oval, porque as bases de todos os cônes de luz deverão ser ellipses.

29. III Se se tapar huma parte da abertura, o que mudará a sua figura, a da imagem luminosa não se mudará; virá a ser sómente mais fraca, e menor.

30. IV. Por esta razão se observão debaixo d'altas arvores illuminadas pelo Sol, cuja sombra he assás espessa, circulos de luz, que correspondem aos lugares, que o Sol penetra.

31. COROLL. Se houver muitas pequenas aberturas, proximas humas ás outras, v. g. tres, por onde en-

tra o Sol na camara escura, ver-se-hão a huma certa distancia tres circulos luminosos; á medida que se afastar o plano, os tres circulos se augmentarão sem que os seus centros se approximem, ou afastem; depois se tocarão; e finalmente se confundirão tornando-se em hum só, que parecerá cada vez mais redondo, e maior.

### ARTIGO III.

#### *Das propriedades das sombras.*

32. I. PROP. *Hum corpo opaco, illuminado em parte, faz ver huma sombra terminada por linhas rectas, e precisamente opposta á luz.*

Porque a luz se propaga (6) sempre em linha recta, e os raios de luz, que tocão as extremidades dos corpos, terminão a sombra, que fica por detrás dos corpos.

33. II. PROP. *A sombra de hum corpo illuminado produz huma escuridade tanto mais sensivel, ou mais negra, quanto a luz, que illumina a parte opposta, he mais viva.*

Porque então o contraste da luz, que se approxima á sombra, deve ser tanto mais sensivel.

34. ADV. *Hum mesmo corpo, sendo illuminado por muitas luzes differentes, situadas todas do mesmo lado, apresenta outras tantas sombras differentes, as quaes se confundem em parte junto ao corpo: e*

vê-se por esta proposição , porque a obscuridade destas sombras he tanto maior , quanto ellas são em maior numero confundidas humas com as outras.

35- III. PROP. *A sombra formada pela interposição de hum corpo opaco em hum meio illuminado , e recebida sobre hum plano , he sempre terminada por huma penumbra , tanto mais extensa , quanto o corpo luminoso he maior , quanto o corpo opaco está mais distante do plano , que recebe sua sombra , e quanto esta sombra he recebida mais obliquamente. A intensidade desta penumbra diminue á proporção , que se affasta da verdadeira sombra.*

Seja AB o Sol (fig. 3) ; ED hum objecto posto sobre o terreno DI : he claro que , tendo tirado os raios BF , CG , AH , hum olho caminhando de I para H , verá o Sol todo inteiro ; em H principiará o olho a não ser illuminado pelo limbo inferior A do Sol ; continuando a adiantar-se veria huma porção do disco do Sol cada vez menor ; em G sómente veria a metade superior , e em F já nada veria , e entraria na sombra pura FD. Donde se segue 1.º que o olho vê o Sol tanto menos claro , quanto mais se aproxima da verdadeira sombra ; de sorte que o espaço HF he coberto de huma penumbra , tanto mais forte , quanto ella he mais visinha da verdadeira sombra , a qual principia em F. 2.º Que no triangulo FEH o lado FH , que mede a penumbra , he tanto maior , quanto o angulo opposto FEH (que mede o

diametro apparente AB do objecto luminoso) he maior, quanto a distancia ED da extremidade E do corpo ao plano DI, que recebe a sombra, he maior, e quanto as rectas EH, EF são mais obliquas.

36. ADV. Do que se tem dito vê-se que o termo da sombra dos corpos illuminados pelo Sol he sempre confuso, principalmente quando a sombra está distante do corpo, que a causa. É porque o diametro do Sol he visto debaixo de hum angulo de  $32'$ , he evidente (Tr. XLIV.) que a grandeza FH da penumbra de hum objecto está para a distancia da extremidade E do objecto ao principio F da sua verdadeira sombra, como o seno de  $32'$  para o seno do angulo EHD da altura apparente do limbo inferior do Sol acima do plano DI, que recebe a sombra. Finalmente o que se tem dito do Sol, deve-se entender tambem da Lua, e em geral de todos os corpos illuminantes, que tem hum diametro sensivel, que dá origem á penumbra, e nelle só haverá hum ponto luminoso, que a não formará.

37. IV. PROP. Os comprimentos das verdadeiras sombras do Sol, ou da Lua, são na razão inversa das tangentes das alturas apparentes do limbo superior destes astros acima do plano, que recebe suas sombras.

Porque no triangulo rectangulo EDF, tomando (Trig. XLIII.) o objecto ED pelo raio, a grandeza DF da sombra será a tangente do angulo DEF, complemento de DFE, altura do limbo superior do Sol

acima do plano DI. Logo as sombras verdadeiras estão como as cotagentes destas alturas, ou (Tr, XVIII.) na razão inversa das tangentes das alturas do limbo superior do Astro, que as causa.

38. COROLL. Sendo dadas duas destas tres cousas, o angulo da altura do limbo superior do astro, a altura perpendicular de hum objecto acima do plano, relativamente a quem se avalia a altura do astro, e o comprimento da verdadeira sombra deste objecto, medida do ponto, a que corresponde a perpendicular ao plano, tirada da extremidade do objecto, pôde-se conhecer a terceira pelo calculo de hum simples triangulo rectangulo, como EDF.

39. V. PROP. Se hum globo luminoso illuminar hum globo obscuro maior, que elle, a parte illuminada será tanto menor, e a parte da superficie illuminante tanto maior, quanto o globo illuminante for menor. E succederá o contrario, se o illuminante for maior, que o illuminado; e se forem iguaes, a parte illuminante será igual á illuminada.

Seja B (fig. 4) hum globo luminoso menor que C, globo illuminado. He claro que a parte do globo C illuminada he determinada pelos ultimos raios de luz, que a elle podem chegar, e por consequencia da mesma sorte os ultimos raios do globo B, que podem illuminar o globo C, não podem ser, senão raios tangentes: por tanto as tangentes LP, KO determinão os ultimos pontos illuminantes L,

K, e os ultimos illuminados P, O. Se sobre a recta BC se tirarem os diametros perpendiculares HI, MN, elles dividirão as circumferencias dos globos B, C, em duas partes iguaes: e se dos mesmos pontos B, C se abaixarem sobre as tangentes as perpendiculares BL, BK, CP, CO, ellas determinarão os pontos do contacto. Logo o arco LRK (maior que  $180^\circ$ ) representará a parte illuminante, e o arco PSO (menor que  $180^\circ$ ) a parte illuminada. Pelo contrario se C fosse o globo luminoso, e B o obscuro, o arco PSO representaria a parte illuminante, e o arco LRK a illuminada. Finalmente se fossem iguaes os globos, as tangentes serão paralelas, e passarão pelas extremidades dos diametros HI, MN; e por consequencia os arcos illuminante, e illuminado, serão cada hum de  $180^\circ$ .

40. COROLL. I. He facil de ver que pela semelhança dos triangulos rectangulos LBH, PMC, KBI, OCN, os arcos LH, PM, KI, ON são de igual numero de grãos, e que por consequencia o arco de hum globo, que mede a largura da sua parte illuminante, he o supplemento para  $360^\circ$  do arco, que mede a largura da parte illuminada do outro globo.

41. COROLL. II. Pela mesma razão, o arco obscuro do globo illuminado tem o mesmo numero de grãos, que o arco illuminante do globo luminoso, e tambem o arco illuminado tem o mesmo numero de grãos, que o arco, que não illumina, do globo luminoso.



42. COROLL. III. E pela semelhança dos triangulos rectangulos ABL, BLH, o angulo  $BAL = LBH$ ; donde se vê que o excesso do arco illuminado sobre o arco obscuro, ou a differença entre a parte illuminante, e illuminada he medida pelo angulo LAK dos raios tangentes.

43. COROLL. IV. Hum globo illumina metade de outro, que lhe he igual, a qualquer distancia que elles estejam hum do outro; porém se illumina hum globo menor que elle, a parte illuminada he tanto maior, quanto hum estiver mais proximo do outro, e reciprocamente.

Porque quanto mais proximos estão os globos tanto maior he o angulo PAO das tangentes, e por consequencia mais excederá a parte illuminada á obscura.

44. Por esta razão se não pôde ver com hum olho só a metade de hum globo, cujo diametro seja maior, que a abertura da pupilla. O Sol illumina mais, que metade de cada hum dos Planetas; a Lua sendo cheia, menos de metade da terra D.

45. COROLL. V. A sombra de hum globo illuminada por outro igual he cylindrica, e infinita; porque a terminão raios, que são todos parallelos entre si, e que formão huma circumferencia de circuito. A sombra de hum globo illuminado por outro maior he hum cône finito, como KAL; e a sombra QPOV de hum globo C, illuminado por hum menor B, se estende ao infinito em cône truncado.

46. COROLL. VI. Sendo dados os semidiametros BK, CO, e a distancia BC dos centros de dois globos, determina-se facilmente o comprimento do eixo BA do cône de sombra do mais pequeno globo. Porque, tirando-se KD paralela a BC, por causa das parallelas BK, CO, tem-se  $BK = CD$ , e  $BC = KD$ , e porque são semelhantes os triangulos KDO, ACO, teremos  $DO : OC :: DK : CA$ ; ou  $CO - BK : CO :: CB : CA$ . Logo, tirando CB de CA, temos BA, que se procura. Seja B a terra, C o Sol,  $BK = 1$ ,  $CO = 80,5$ , e  $BC = 17189$ : acha-se com facilidade  $BA = 216$ , que valem quasi 324000 legoas, a razão de 15008 para o semidiámetro BK da terra.

47. ADV. He verdade que a parte illuminada, de que se trata nesta proposição, contém a penumbra, e só termina na sombra verdadeira.

#### ARTIGO IV.

*Da natureza, e propriedades da luz, relativas á visão, e ás cores.*

48. **O** Olho produz relativamente a nós, com algumas excepções, o mesmo effeito, que a camara escura. A pupilla he huma abertura, por onde passam os raios de luz, e onde se cruzão para irem pintar sobre a membrana, que fórra o fundo do olho, as imagens invertidas de todos os objectos expostos á

nossa vista ; de maneira que os diametros das imagens nella pintados são , pouco mais ou menos , proporcionaes aos angulos formados na entrada da pupilla pelos dois raios , que partem das duas extremidades do objecto , com tanto que estes angulos sejam pequenos ; ou antes , que vem a ser o mesmo , os diametros das imagens de hum mesmo objecto são tanto maiores , quanto he menor a sua distancia : e ainda que estas imagens se pintem invertidas no nosso olho , não deixamos com tudo de ver os objectos direitos ; porque cruzando-se os raios á entrada do nosso olho , aquelle , que vem da parte superior de hum objecto , deve logo formar a parte superior da imagem , e reciprocamente . Ora como não podemos julgar da posição dos objectos , senão pela impressão , que fazem os raios sobre o nosso orgão , nós os devemos suppôr na direcção , segundo a qual se faz esta impressão : mas a impressão do raio , que vem do vertice de hum objecto tocar a parte inferior do orgão , deve pela sua reacção fazer apparecer este ponto em huma recta , que vá debaixo para cima ; logo este ponto deve effectivamente apparecer na parte superior do objecto .

49 Ainda que senão possa dar huma explicação completa do modo , pelo qual a luz fórna no olho as imagens dos objectos , senão pelas regras da Dioptrica ; exporemos com tudo o que a experiencia tem ensinado sobre a maneira , porque a luz obra sobre o orgão da vista , e sobre as idéas , que resultão .

50. A luz he hum composto de huma quantidade prodigiosa de particulas de materia, ou de corpusculos distinctos huns dos outros, de huma grandeza infinitamente pequena, muito elasticos, e que se movem com huma extrema velocidade, de maneira que; chegando ao orgão da nossa vista, o tocão com huma força proporcionada á densidade, á sua massa e á sua velocidade, e causão movimentos, e impressões differentes, as quaes em consequencia da união intima do nosso corpo com a alma, occasionão idéas differentes sobre a presença dos objectos, dos quaes dimanão.

51. Os atomos luminosos são de differente especie, ou pelo menos tem propriedades particulares, que são como invariaveis em cada hum, e independentes das differentes modificações, que póde soffrer a luz na sua derrota.

52. Chamaremos *raio de luz* o caminho de hum atomo, ou ponto luminoso, ou antes hum fio d'atomos luminosos, contiguos, e homogeneos. Ha tantas especies de raios luminosos, quantos são os atomos luminosos. Estas differentes especies se distinguem pelas differentes sensações, que o orgão experimenta: e são estas sensações a que chamamos *côres*.

53. Ainda que seja impossivel fazer huma divisão exacta de todas as especies de raios, com tudo distinguem-se ordinariamente sete, que formão outras tantas côres, que se chamão *primitivas*. Vão dispostas na mesma ordem, em que se observão no arco

celeste ; vermelha , laranja da , amarella , verde , azul , purpurea , e roxa . E por isto diremos algumas vezes , fallando dos raios de luz , raios vermelhos , raios azues , etc . , para designar os atomos luminosos , que causão no nosso olho huma sensação particular , que nos faz suppôr que aquillo , que vemos , he vermelho , ou azul .

54. Hum objecto pôde ser visivel , ou porque envia directamente ao nosso olho particulas de luz , e neste caso chama-se *objecto luminoso* , como o Sol , huma tocha , etc . , e a sua luz *directa* ; ou porque cahindo sobre elle raios , que vem de hum objecto luminoso , os pôde enviar ao nosso olho , e occasionar a idéa da sua presença , da maneira que se vai explicar ; e então chama-se *objecto illuminado* ; a luz comprehendida entre elle e o olho chama-se *luz reflectida* . Como o Sol he relativamente a nós o objecto mais luminoso , que conhecemos , explicaremos o modo , porque elle nos faz ver os mais objectos . E o mesmo se entenderá de todos os outros corpos luminosos .

55. O Sol lança (1) de todos os pontos da sua su-

(1) Não se pertende aqui decidir , se a luz se faz por huma emissão real , e continua de particulas luminosas destacadas do corpo luminoso , ou se isto he effeito de hum movimento de undulação , ou de oscillação em huma materia elastica , que occupa todo o universo , a quem o Sol , ou os outros corpos

perficie a huma distancia immensa huma quantidade prodigiosa de raios de todas as especies promiscuamente, de maneira que huma não he mais sensivel que outra, e em todo o espaço do universo, que nos he conhecido, não ha ponto algum, que não seja occupado pela sua luz, ou que não se ache então na verdadeira sombra de qualquer corpo impenetravel a ella.

56. Os raios, que o nosso olho recebe directamente de todos os pontos da superficie do Sol, exposta á nossa vista, formão hum cône, cuja base he está mesma superficie, e o vertice a entrada, ou a pupilla do olho. O prolongamento destes raios para dentro da pupilla (fazendo abstracção de qualquer desvio, de que se fallará adiante) fórma outro cône, que se termina no fundo do olho, e que por consequencia faz huma impressão em hum espaço circular deste fundo, que occasiona a idéa da presença actual de hum objecto redondo, e luminoso, que chamamos *Sol*.

57. Chamaremos mais adiante *imagens dos objectos no olho* os espaços do fundo deste orgão, onde os raios de luz são demorados, e onde por consequencia se fazem sentir as impressões. Dá-se-lhes este nome, porque com effeito quando se expõe hum olho

---

luminosos por si mesmos dão o movimento. Deixamos aos Fisicos a solução desta questão.

despido de todas as suas tunicas exteriores a hum objecto luminoso, ou fortemente illuminado, vê-se huma imagem deste objecto pintada com todas as suas cores no fundo deste olho.

Quando os raios do Sol chegam a nós depois de reflectidos, ou mais geralmente, depois de terem encontrado qualquer corpo, podem acontecer quatro casos.

58. I. CAS. Se as partes solidas deste corpo (que se suppõe impenetraveis á luz) são dispostas entre si tão regularmente no lugar da superficie, em que toca a luz, que tornão a enviar seus raios (1) na mesma ordem, em que vierão, he claro que hum olho, que se achasse na direcção destes raios reflectidos, receberia huma impressão, que seria precisamente a mes-

(1) He huma questão entre os Fisicos, se a reflexão da luz he a mesma que a dos corpos elasticos, por huma simples decomposição de movimento no encontro das partes sólidas dos corpos; ou (o que he mais verisimil) se pelo encontro de huma materia elastica espalhada pela superficie dos corpos; ou antes se he effeito de huma repulsão produzida por hum poder activo, que se exerce sobre a luz na acção de tocar os corpos. Sem tomarmos parte na questão, nem pertendermos decidi-la, fallaremos da reflexão da luz, como se ella se fizesse sobre as partes sólidas dos corpos.

ma, que se estes raios viessem directamente do Sol. O olho perceberia logo só a presença do Sol; e no fundo deste órgão se formaria huma imagem; e o corpo, que tivesse enviado estes raios, seria hum verdadeiro espelho, invisivel ao olho. Sómente, porque os raios reflectidos se podem desviar do verdadeiro caminho, o lugar, em que parecer estar o Sol, não será o mesmo, que se elle fosse visto directamente; porque nós julgamos que os objectos estão situados na linha recta, que he a direcção dos raios no instante, em que elles chegão ao nosso órgão; da mesma sorte que, quando recebemos hum golpe de huma pedra sem a vermos, julgamos, pela impressão da pancada, que a pedra veio pela linha recta, e do lado donde se sentio a impressão, ainda que a pedra nos venha por hum salto, ou por huma curva, da qual a recta, que supomos ser a sua verdadeira direcção, não he, senão huma tangente ao ponto, onde ella nos tocou.

59. Sabe-se por experiencia, que quanto mais perfeitamente polida he a superficie de hum corpo opaco, exposto ao Sol, tanto mais perfeitamente faz o effeito de hum espelho; *i. e.* vem a ser tanto menos visivel, mas que despede huma imagem tanto mais viva; e porque a superficie de todos os corpos, que conhecemos, não tem este polido em hum gráo de perfeição, mas sim as particulas sólidas, que a terminão, estão dispostas irregularmenre, *i. e.* differentemente inclinadas, elevadas, figuradas, etc. nós



supporemos na continuação deste artigo, que as superficies dos corpos não podem ser espelhos perfeitos.

6o. II. CAS. Se as partes sólidas de hum corpo são de tal sorte dispostas no lugar da superficie, em que toca a luz, que envião todos, ou quasi todos os raios do Sol, ou que pelo menos não absorvem sensivelmente mais de huma especie, que de outra, de maneira que estes raios sejam reflectidos confusamente hums de hum lado, outros de outro, segundo a posição da superficie da pequena parte sólida, que os tiver recebido, o olho, que se achar exposto á passagem desta luz confusamente reflectida, receberá raios, que virão de todas as partes da superficie reflectente. Todos estes raios formarão huma especie de pyramide, cuja base será a mesma superficie, e o vertice a pupilla do olho; seu prolongamento formará dentro do olho huma nova pyramide, que se terminará no fundo deste orgão por huma base, pouco mais ou menos, semelhante á da pyramide exterior. Ora cada particula sólida da superficie reflectente vem a ser hum pequeno espelho, que não póde enviar ao olho, senão huma muito pequenez parte da imagem do Sol; a situação irregular de todas estas particulas sólidas as torna em outros tantos pequenos espelhos differentemene postos; o que causa outras tantas posições differentes na apparencia de cada porção da imagem do Sol. Donde se segue que a impressão total, que se faz em toda a extensão da base da pyramide, que está no olho, deve

ocasionar a idéa de hum ajuntamento de partes luminosas, terminado por humia figura semelhante á desta base.

61. Mais facilmente se conceberá isto por meio do exemplo seguinte. Sabe-se que o diametro do Sol subtende no Ceo hum arco de quasi 32'. Logo se se faz dirigir por meio de hum espelho plano, exposto ao Sol, humia imagem deste astro a hum olho, esta imagem parecerá occupar humia porção assás consideravel do espelho. Supponhamos que se cobre quasi toda esta porção, e que só se deixa descoberta humia pequena parte, he claro: 1.º Que se deve so ver humia pequena parte da imagem do Sol; 2.º Que esta parte da imagem terá a figura da porção descoberta do espelho. Seria a mesma cousa, se em lugar de hum grande espelho, quasi todo coberto, tomássemos hum pequeno igual, e semelhante a esta parte descoberta. Isto posto, imagine-se que se tomão muitos pedaços de vidros de espelhos, cada hum delles muito pequeno para fazer ver humia imagem inteira do Sol; supponha-se mais que se dispõe cada hum destes pedaços em humia figura qualquer, regular, ou irregular, v. g. em hum hexagono, de sorte que cada hum envie para hum mesmo olho a parte competente da imagem do Sol, (ver-se-ha mais adiante que para este effeito não devem os pedaços de espelhos estar em hum mesmo plano); he claro, que neste caso verá o olho tantas porções de imagens do Sol, quantos forem os espelhos, e que todas estas porções de

imagens formarão huma figura luminosa semelhante á que resulta do ajuntamento dos espelhos, (por exemplo, hum hexagono) de maneira que, se se ajuntar, ou tirar hum pedaço de espelho, ver-se-há apparecer, ou desapparecer huma porção da imagem, o que mudará a figura luminosa; assim como também mudará de figura o ajuntamento das porções de espelhos.

62. Vê se tambem : 1.º Que por tal modo se podem dispor estes pedaços de vidros, que não haja intervallo sensível entre as porções das imagens do Sol, que elles envião, e que deste modo a figura luminosa apparecerá continua, e sem interrupção. 2.º Que segundo for cada pedaço de vidro mais, ou menos claro, mais, ou menos polido, a parte da figura luminosa, que formar, será tambem mais, ou menos brilhante. 3.º Que a figura luminosa deverá fazer a mesma impressão no orgão, como se os raios viessem directamente do Sol ao olho, e que por consequência deve ser da mesma côr, que o Sol.

63. Logo, se se contempla a superficie de hum corpo, que reflecte huma grande quantidade de raios do Sol de todas as especies, sem absorver sensivelmente mais de huma, que de outra, como terminada por particulas sólidas, que sejam polyédros isolados, ou separados huns dos outros, de maneira que suas faces sejam outros tantos pequenos espelhos, postos irregularmente, e em planos differentes, he claro que este corpo deve parecer branco, e terminado por

huma figura semelhantê á da sua imagem, que está no olho; e as partes da superficie deste corpo são de huma côr branca mais, ou menos brilhante, segundo o maior, ou menor, tecido dos pequenos polyedros, que deixa por consequencia mais, ou menos intervallos obscuros, e segundo seu polido, e a posição das suas faces a respeito do olho, e do Sol.

64. Segundo esta hypothese conclue-se, que os *corpos brancos são aquelles, que reflectem para o nosso olho raios de todas as especies promiscuamente.*

65. III. CAS. Se as partes sólidas do corpo forem de tal sorte situadas a respeito do olho, e do Sol, ou forem de natureza tal, que só possam reflectir mui poucos raios, de maneira que sejam quasi todos absorvidos pelos poros, ou intersticios das particulas sólidas dos corpos, soffrendo differentes modificações, ou accidentes, que os desviem, ou impidão de serem recebidos por hum olho; então o olho receberá tão poucas, e pequenas porções de imagens do Sol, que não farão impressão alguma sensivel, senão quanto for necessario para se perceber que ha algumas partes no corpo, que possam reflectir alguma luz. Por esta razão não será o corpo quasi visivel, e não se terá idéa da sua presença, e da sua figura, senão quanto forem mais brilhantes os objectos visinhos, e mais contraste com elles fizerem. Chamão-se a estes *corpos pretos.*

66. Donde se segue, que nesta hypothese os cor-

pos pretos são aquelles , que não reflectem , ou reflectem muito poucos raios de luz.

67. IV. CAS. Se as partes sólidas , que terminão a superficie de hum corpo , forem de natureza tal , que absorvão quasi todos os raios de luz , á excepção dos de huma certa especie , os quaes sejam quasi todos reflectidos , o olho , que se achar nesta direcção receberá tantas pequenas porções de imagens do Sol , quantas forem as particulas sólidas , que lhe enviarem os raios de luz ; mas estas porções de imagens serão todas de huma mesma côr , e a sua união suscitará a idéa da presença de hum corpo de huma certa côr , determinada pela especie dos raios reflectidos , e de huma figura semelhante á desta união.

68. Donde se conclue : I. *Que os corpos de huma cor são aquelles , que absorvem quasi todas as diferentes especies de raios , e que só reflectem os de huma certa especie.*

69. II. *Que as differenças , e misturas de cores , dependem da combinação das diferentes especies de raios reflectidos.*

70. III. *Que pintar hum corpo , isto he , dar-lhe huma tintura , he arranjar as suas partes interiores , ou sómente as que terminão a sua superficie , ou introduzir em todos os seus póros huma materia heterogenea , ou cobrir sua superficie de hum verniz , de maneira , que , por quaesquer meios semelhantes , os raios reflectidos sejam quasi todos da*

*mesma especie, ou pelo menos que esta especie domine sobre as outras.*

71. Segue-se tambem da explicação precedente da visão, e das côres, que hum atomo de luz leva com sigo a imagem do ponto luminoso, donde partio. Se hum raio amarello, vindo do Sol, encontra hum corpo vermelho, ou tinto para parecer vermelho, este raio não será reflectido: elle penetrará o corpo, e será demorado, ou antes não hirá senão depois de sofrer muitos desvios, e modificações, que o impedirão de chegar ao olho. Porém, se encontrar hum corpo amarello, será reflectido sem o penetrar. Não se deve com tudo tomar isto em tão grande rigor, que não possa hum raio amarello ser absorvido por hum corpo amarello, ou reflectido por hum vermelho, mas sómente que de hum grande numero de raios, v. g. amarellas, que cahirem sobre hum corpo vermelho, serão muito poucos reflectidos em comparação daquelles que o não forem.

## A R T I G O V.

*Das idéas, que a vista suscita na nossa alma.*

72. **T**EMOS visto que não podemos perceber a presença, e figura dos objectos, senão pela impressão, que suas imagens fazem no fundo do nosso olho, quando ahi se pintão; não conhecemos igualmente a

sua mesma grandeza , posição , movimento , e distancia , senão pela natureza desta impressão , ou por certos juizos , a que estamos acostumados , ainda que sejam muitas vezes falsos , e que venha a ser necessario emenda-los por meio de raciocinios.

73. Ha certo alcance ordinario da nossa vista , que he a distancia , a que estamos acostumados a conversar , e achar-nos no commercio da vida. Logo que os objectos estão a este alcance , acontece , que , ainda que as dimensões das suas imagens variem prodigiosamente no nosso olho , por pouco que se approxime , ou affaste destes objectos , não percebemos que mudem sensivelmente de grossura. Fóra deste alcance com tudo vemos os objectos diminuir á medida que nos affastamos , e reciprocamente , v. g. se se põe hum olho successivamente a 2 , 4 , ou 6 pés de distancia de hum mesmo homem , he claro que as dimensões da sua imagem serão successivamente entre si , pouco mais ou menos , como 1 ,  $\frac{1}{2}$  ,  $\frac{1}{3}$  , e por consequencia este homem deverá parecer diminuir nesta mesma razão ; pois que não deveriamos julgar da sua grandeza , senão pela de suas imagens. Sabe-se com tudo que senão percebe esta diminuição. E para fazer ver , que isto provém do habito , basta ponderar , que , se vemos diante de nós hum homem na distancia de 120 pés , elle não nos parece de huma pequenez tão extraordinaria , como succede , se do plano da base de huma torre de 120 pés d'altura a

vemos no vertice. O que provém sem duvida da falta de habito em applicar a nossa vista perpendicularmente aos objectos; e não podendo nós conhecer por experiencia estas sortes de distancias, não estamos por tanto nas circumstancias de ajuizar dellas; e então determinamos a relação de suas grandezas, principalmente pela de suas imagens no olho.

74. Logo, todas as vezes que hum objecto está ao alcance ordinario da nossa vista, parece que não julgamos da sua grandeza, e distancia, senão pelo conhecimento, que temos adquirido por hum grande, e continuado uso das dimensões de tudo, que vemos entre o nosso olho, e este objecto; e que este juizo não depende das dimensões das suas diferentes imagens no nosso olho, ou, que vem a ser o mesmo, dos angulos, debaixo dos quaes vemos as dimensões deste objecto; que fóra deste alcance, ou quando qualquer obstaculo nos occulta absolutamente os objectos intermedios, como quando vemos hum objecto a través de hum telescopio, ou microscopio, ou sómente de huma pequena abertura em hum plano opaco, a grandeza, e distancia deste objecto nos parece depender das diferentes dimensões da sua imagem no nosso olho, de maneira que, se esta imagem se augmenta, ou diminue por qualquer artificio optico, o objecto, ainda que fixo, nos parece mudar de grandeza, e distancia, augmentar-se, e diminuir-se, approximar-se, e affastar-se, como se explicará no artigo seguinte.



75. Smith refere hum facto, copiado de Mr. Chesselden, famoso Anatomico Inglez, que illustrará melhor o que temos dito.

Chesselden, depois de mostrar que aquelles, que tem huma verdadeira catarata nos olhos, podem distinguir o dia da noite, e os corpos córados de preto, branco, e encarnado vivo, estando elles muito illuminados, sem com tudo poder assignar sua figura, afirma que tinha curado hum mancebo de 13 annos, que padecia huma semelhante catarata; que depois desta cura não pôde este mancebo reconhecer estes corpos córados, quando os vio; as falsas idéas, a que antes estava habituado, não são bastantes para isto. Não podia persuadir-se, que certas cousas, que elle antes tinha conhecido pelo seu nome, fossem as mesmas. Quando principiou a ver claramente, estava tão pouco em estado de ajuizar da distancia dos objectos, que os suppunha ver todos sobre seus olhos; não podia conceber huma linha d'intervallo entre elle, e as paredes da sua camara; os objectos lhe parecêrão extraordinariamente grandes; não podia conceber como toda a casa podesse ser maior, que a sua camara, posto que comprehendesse muito bem que ella era huma parte da casa. Não podia fazer juizo algum sobre a figura dos corpos, ainda que fossem muito diferentes huns dos outros, pela sua fórma, e grandeza; não dizia qual era o prazer, que sentia, quando via os objectos. Embaraçava-se, e confundia-se muito com a vista das pinturas, e gastou dois mezes

em se convencer, que ellas servião para representar corpos sólidos. Não voltava ao principio os olhos para os objectos ; pouco a pouco ao depois se foi habituando. Por tanto parece, que este mancebo não pôde julgar da distancia, e figura dos corpos, senão depois de ter notado muitas vezes, e mesmo depois de ter adquirido o habito de observar, não só a differença das impressões causadas pelas mudanças da figura, e lugar das imagens no olho, mas ainda a relação constante entre as idéas causadas por certas impressões, e as idéas occasionadas por certos movimentos nos órgãos do tacto ; não aprendeo a voltar os olhos para os objectos, senão depois de ter observado que a exactidão desta relação era mais sensível, quando o olho se achava em huma certa situação a respeito destes objectos,

Finalmente he facil de imaginar, que elle não pôde chegar a fazer uso de seus olhos, senão depois de contrahir o habito de julgar em hum instante, que aquillo, que affectava actualmente a sua vista, devia affectar os outros sentidos de tal, e tal maneira.

## ARTIGO VI.

*Das differentes apparencias dos objectos, vistos de longe.*

76. **C** Hama-se *angulo optico* aquelle, que he formado na pupilla do olho pelos dois raios, que vem de cada extremidade de huma das dimensões de hum objecto.

77. I. PROP. *Os objectos iguaes, ou desiguaes, vistos debaixo do mesmo angulo, parecem iguaes, ao menos quando não ha alguma cousa particular, que mude as apparencias.*

Porque, sendo tudo o mais igual, não podemos julgar da igualdade, ou desigualdade dos objectos, senão pelas das imagens, que elles formão no olho: mas se as dimensões de dois objectos quaesquer formão na pupilla do nosso olho angulos iguaes, devem tambem formar no fundo do olho imagens iguaes. Logo devem parecer iguaes.

78. II. PROP. *Os objectos, expostos do mesmo modo á nossa vista, parecem diminuir de grandeza, á medida que se apartão do nosso olho.*

Porque as dimensões destes objectos são bases constantes de hum triangulo, cujos lados são as distancias das suas extremidades ao olho; como estes lados augmentão á medida que o objecto se affasta, os angulos oppostos devem tambem augmentar, e por consequencia o angulo no olho opposto ao lado constan-

te, deve diminuir, e formar imagens cada vez menores.

79. COROLL. I. *As grandezas apparentes, ou os angulos opticos dos objectos estão em razão inversa das suas distancias ao olho, quando estes angulos são pequenos.*

80. COROLL. II. *As partes iguaes de hum objecto muito grande, e fóra do alcance ordinario da vista, não parecem iguaes.*

Porque as que estão mais distantes do olho devem subtender angulos opticos menores, e reciprocamente.

81. COROLL. III. *Póde-se fazer que a menor de duas partes de hum objecto pareça a maior; expondo-a ao olho, de maneira que subtenda hum maior angulo optico.*

82. III. PROP. *As linhas parallelas, sendo prolongadas a huma grande distancia, parecem concorrer, e formar hum angulo nas suas extremidades.*

Porque as linhas, que medem seus intervallos, que são sempre iguaes, subtendem angulos opticos, que veem a ser cada vez menores, e ultimamente insensiveis, quando elles estão a huma distancia infinita: logo então o intervallo das linhas parallelas parece nullo nas suas extremidades, e as parallelas parecem concorrer.

83. ADV. *Daqui se vê a razão porque; 1.º Huma torre muito alta parece inclinada sobre aquelle, que do fundo olha para o vertice.*

Porque se a torre está a prumo, o observador, que olha para cima, a compara á linha de prumo, que passa pelo seu olho. Estas duas linhas de prumo são paralelas, que parecem concorrer; logo o prumo da torre, que se imagina estendido pela sua parede, parece approximar-se na parte superior ao prumo do olho; e por consequencia a torre parece inclinada sobre o observador. 2.<sup>o</sup> Porque o mar parece elevar-se tanto mais, quanto mais se affasta das costas, e quanto mais alto he o lugar donde se observa? A razão he a mesma; compara-se á sua superficie, que he o nivel com a linha de nivel, que passa pelo olho do observador; estas duas linhas são paralelas, e parecem approximar-se á medida que se affastão do olho; e ellas se affastão tanto mais, quanto maior he a extensão do mar, que se avista; e esta tanto maior, quanto mais alto he o lugar, de que se observa. 3.<sup>o</sup> Porque em hum longo corredor o forro parece hir sempre abaixando-se, e o pavimento sempre elevando-se? Porque comparão-se as duas linhas do forro, e do pavimento á do nivel, que passa pelo olho, e que se acha entre ambas. 4.<sup>o</sup> He a mesma razão; porque quando se caminha parallelamente a hum muro, as partes, que estão á direita, parecem approximar-se á esquerda; ou tambem se se está entre dois muros, ou duas fileiras d'arvores, estes objectos parecem apartar-se hum do outro á medida que o observador se aproxima delles, etc.

84. COROLL. Huma linha de nivel, que está

tambem ao nivel do olho , v. g. hum cordão de muralha, parece sempre de nivel, de qualquer maneira que seja dirigida a respeito do olho ; porém outras quaesquer linhas de nivel, que estiverem acima, ou abaixo destas, parecerão sempre inclinadas ao horisonte.

85. PROP. A figura apparente de hum objecto he determinada pela situação dos pontos deste objecto, que podem enviar raios ao olho : o que he evidente.

86. COROLL. I. Huma linha recta disposta de maneira que, sendo prolongada, passe pelo centro da pupilla perpendicularmente á superficie do olho, parecerá hum ponto.

Porque só o ponto da sua extremidade, pôde reflectir hum raio de luz.

87. COROLL. II. Hum plano exposto de maneira, que o eixo do olho, sendo prolongado, assente todo sobre elle, parecerá huma linha.

Porque então só a linha, que fórma a parte do contorno do plano, exposto á vista, pôde enviar ao olho raios de luz.

88. COROLL. III. Hum sólido, que apresenta ao olho só huma de suas faces, parece huma simples superficie.

89. V. PROP. Hum olho, que está no plano de huma grande linha qualquer, muito distante, regular, ou irregular, a vê como hum arco de circulo, de que elle he o centro.

Porque, como os pontos  $G, F, A, B, C, D, E$  (Fig. 5.) da curva irregular  $GFAE$  estão no plano, que passa pelo olho posto em  $O$ , e também estão além do alcance ordinario da vista, o olho não pôde julgar quaes são os pontos mais proximos, nem tão pouco distinguir a differença entre  $OP$ , e  $OD$ , porque he muito pequena em comparação de huma destas duas rectas, e por consequencia, não podendo julgar da desigualdade destes dois raios he obrigado a suppô-los iguaes, e assim dos outros. Logo deve suppôr-se no centro de hum circulo, do qual todos aquelles pontos formão a circunferencia.

90. ADV. Se as differenças forem extremamente desiguaes, poder-se-ha descobrir quaes são as partes mais proximas pela vivacidade da luz, ou pela sua grossura. E se o olho estiver muito distante do plano desta curva, poderá também conhecer as suas desigualdades, se as linhas  $DP, BL, FI$ , não forem infinitamente pequenas relativamente a  $OD, OB, OF$ , e se além disto forem expostas mais directamente á vista, do que quando o olho estava no seu plano.

91. COROLL. *Huma pequena linha irregular, vista de longe, como  $ABCDE$ , deve parecer recta, porque deve parecer hum arco de mui poucos grãos.*

92. He a razão porque : 1.º Quando nos achamos em huma grande planicie terminada irregularmente, supponmos estar sempre no centro de hum circulo, e os objectos elevados, e distantes nos parecem estar na

circumferencia : 2.º Supponmos que nada avançamos ,  
ainda que caminemos muito ; porque nos vemos  
sempre no centro : 3.º O Ceo nos parece huma es-  
fera , em cujo eixo está situado o nosso olho , e to-  
dos os astros como pregados na sua circumferencia :  
4.º As grandes cidades , e florestas parecem termina-  
das em amphitheatro , quando as vemos de longe , etc.  
5.º Huma esfera muito distante , como o Sol , e a  
Lua , parece-nos huma superficie plana circular : 6.º  
Hum polyedro cortado em faces visto a huma distan-  
cia mediocre , parece hum globo , e de longe hum  
circulo : 7.º Huma torre quadrada , ou polygona pa-  
rece redonda , ou mesmo plana , se a observamos de  
huma grande distancia : 8.º Não percebemos se hum  
globo , ainda visto de perto , gira sobre o seu eixo , se  
se move uniformemente , sem que haja pelo menos  
alguma mancha na sua superficie , e que não gire mui-  
to lentamente.

93. VI. PROP. *Hum olho , posto em hum eixo  
levantado perpendicularmente sobre hum plano , e  
pelo centro de hum polygono regular ; vê que este  
polygono he regular : porém , se está situado fóra  
deste eixo , o vê irregular.*

Porque os raios , tirados de todos os angulos do  
polygono para o olho , posto no eixo , formarão huma  
pyramide recta de base regular , por consequencia to-  
dos os angulos , que compõe o angulo sólido , serão  
iguaes , e os apotémas tambem iguaes ; logo os lados  
do polygono serão vistos debaixo de angulos iguaes .



e postos todos da mesma maneira. Mas, se o olho estiver situado fóra do eixo, os lados iguaes do polygono regular estarão desigualmente distantes, e portanto parecerão desiguaes, e differentemente postos.

94. COROLL. *Hum polygono regular, visto obliquamente, parece alongado, e hum circulo huma figura oval.*

Porque as partes mais distantes do olho parecem menores, e mais estreitas, e as mais proximas, mais largas, e extensas: logo as diagonaes parecerão mais curtas em hum sentido, e mais compridas em outro.

95. ADV. O objecto da Perspectiva he representar geometricamente todas as apparencias explicadas nas proposições precedentes.

96. VII. PROP. *Os objectos situados sobre hum terreno, exposto á nossa vista, parecem tanto mais sombrios, e confusos, quanto elles estão mais distantes. Pelo contrario, representão-se com côres tanto mais vivas, e distinctas, quanto elles estão mais proximos.*

A principal razão desta apparencia he, porque a vista distiucta, e a vivacidade das côres dependem da intensidade da luz, a qual decresce á medida que o objecto se affasta pela interposição do ar comprehendido entre elle, e o olho.

97. He por esta razão. 1.º Que os objectos algum tanto elevados acima do terreno, taes como aquelles, que se achão no vertice das altas montanhas, se vêm mais distinctamente, do que aquelles, que estão no

fiudo dellas; porque o ar he tanto mais puro, e livre de vapores, quanto está mais acima do terreno: 2.º Que por meio do claro, e do escuro destra nente applicados, os pintores fazem sahir os objectos, e lhes dão todo o realce.

98. VIII. PROP. *Os objectos, que parecem sombrios, e confusos, parecem tambem mais distantes.*

Porque, como estamos acostumados a ver confusamente os objectos distantes, julgamos por tanto longe de nós todos aquelles, que vemos confusamente.

99. ADV. Se por qualquer causa acontece, que hum objecto, fóra do alcance ordinario da vista, mas á cuja grandeza, e grossura os nossos olhos estão acostumados, venha a parecer sómente mais sombrio, e confuso, nós julgamos logo que está tambem mais distante; e como elle existe na mesma distancia, e por consequencia fórma no olho huma imagem, que senão torna menor, julgamos então necessario, que se tenha tornado maior.

100. Daqui se vê facilmente porque: 1.º A' noite os fogos claros parecem mais proximos, do que realmente estão: 2.º Os objectos proximos áquelles, que viajaõ de noute, como arvores, e casas, parecem maiores, e mais distantes, do que estão: 3.º O Ceo nos parece huma aboheda abatida; porque sendo a luz dos astros tanto mais fraca, (25) quanto elles estão mais perto do horizonte, os astros parecem tanto mais distantes de nós, quanto elles estão mais proximos ao horizonte; assim achou-se por experiencia

que a distancia apparente do nosso olho ao horizonte he , pouco mais , ou menos , tripla da distancia apparente ao Zenith. Este abatimento apparente faz que , querendo nós assignar por estimativa hum ponto no Ceo , que esteja entre o horizonte e o zenith , tomemos huma altura de 23 , ou 24<sup>o</sup> , quando , se o Ceo nos parecesse perfeitamente hemispherico , este ponto deveria estar a 45<sup>o</sup> d'altura. 4.<sup>o</sup> He tambem por esta razão que o Sol , e a Lua , quando nascem , parecem á vista muito maiores , e diminuem á medida que se elevão sobre o horizonte , ainda que , medindo os seus diametros com instrumentos astronomicos , se acha o contrario. Seja AE o horizonte , (Fig. 6) , O o lugar do observador ; o Sol a differentes grãos d'altura no Ceo em BC , DH , FG ; AMRE a figura apparente do Ceo ; he claro que em qualquer lugar , que esteja o Sol no circulo AHGE , do qual O he o centro , o seu diametro he visto debaixo dos angulos iguaes BOC , DOH , FOG. Mas por causa da figura abatida do Ceo , o Sol apparece em KI , quando elle está realmente em BC ; e em PN , e em TS , quando se acha em DH , e em FG ; e nestes lugares apparentes parece ser muito menor , ainda que o seu diametro seja medido pelos angulos IOK , PON , TOS iguaes aos verdadeiros angulos BOC , DOH , FOG.

101. IX. PROP. *Os objectos parecem tanto mais distantes , e maiores , quanto maior he o numero d'elles , e a extensão de terreno entre elles e o olho ; e reciprocamente.*

Porque esta grande quantidade de objectos, e de terreno intermediario dá idéa de huma grande distancia, e por consequencia de huma grandeza tanto mais nos deravel, e reciprocamente.

102. He por isto 1.º que o horizonte parece contiguo ao Ceo; porque nada se vê entre elles; 2.º Que, quando se não vê hum grande valle, que se achá em huma planicie, os objectos, que estão além d'elle, parecem estar perto de nós; e só se vê a sua distancia, quando chegamos á sua margem: 2.º Que á noite os objectos hum pouco elevados, e bem expostos á nossa vista, parecem muito distantes, e maiores; porque, impedindo a noite de julgar da sua distancia pela quantidade de terreno comprehendido entre elles e o olho, julgamos estes objectos no horizonte, e por consequencia maiores, e mais distantes.

103. X. PROP. *Se dois objectos desigualmente distantes do olho correrem espaços parallelos, e iguaes no mesmo tempo, o mais distante parecerá caminhar mais lentamente, e o mais proximo mais velozmente: o que he evidente; porque o espaço corrido pelo objecto mais distante subtenderá no olho hum angulo menor.*

104. ADV. Se as direcções das velocidades não forem parallelas, poderá acontecer, que o corpo mais proximo pareça caminhar mais lentamente, ainda que realmente caminhe mais velozmente; porque o espaço, que elle corre, poderá ser tão obliquo aos raios visuaes, que forme no olho angulos menores, do que

Os espaços menores corridos pelo corpo mais distante, porém expostos mais directamente á vista.

105. XI. PROP. *Hum objecto, movendo-se com huma velocidade qualquer, parecerá immovel, se á cada segundo de tempo descrever hum espaço, que forme no olho hum angulo de 15 a 20".*

A experiencia nos prova isto com toda a evidencia; porque os astros parecem não ter movimento algum sensível á vista, ainda que a cada segundo de tempo descrevão espaços, que formem no olho angulos de 15".

He tambem a razão, porque sobre o mostrador de hum relógio d'algibeira o movimento do ponteiro das horas, e ainda mesmo o dos minutos parece insensível.

106. ADV. Póde-se avaliar a relação do espaço real para a distancia do olho, para que o movimento seja insensível, como de 1 para 12000; isto he hum corpo, que descrever em hum segundo de tempo hum espaço, que seja  $\frac{1}{12000}$  da sua distancia ao olho, parecerá immovel; porque este espaço fórma no olho hum angulo de 17", e 12".

107. Por huma razão contraria, o objecto, que se mover com huma extrema velocidade, como huma bala de canhão, virá a ser insensível; porque não ha tempo, para que a vista se demore, e possa avaliar os espaços corridos.

108. XII. PROP. *Dois, ou mais objectos, que se*

*movem no mesmo sentido, e com igual velocidade apparente, parecem immoveis, quando se comparão a hum objecto fixo; e este parece mover-se em sentido contrario com huma velocidade igual á destes objectos em movimento.*

Porque dois, ou mais objectos, que se movem no mesmo sentido, e com huma mesma velocidade apparente, parecem não mudar de lugar hum a respeito do outro; e como, mudando realmente de lugar, mudão de situação relativamente ao objecto fixo, e correspondem successivamente a diferentes partes deste objecto, parece por tanto que este he que se move em sentido contrario, e com a mesma velocidade.

109. Daqui vem 1.º que em huma carruagem, ou em hum navio, nos supponmos parados, e os objectos visinhos em movimento em sentido contrario: esta illusão he tanto mais sensivel, quanto maior he o navio; porque então todas as suas partes, que se achão em torno do observador em grande numero, e em differentes distancias do seu olho, a respeito de quem guardão sempre a mesma posição, não devem parecer mudar de lugar, nem mover-se. Com effeito não movendo o observador a cabeça, as imagens, que todas as partes do navio, expostas á sua vista, formão no seu olho, não mudão de lugar, e occupão sempre no fundo delle os mesmos espaços; por consequencia devem não só parecer realmente fixas, mas ainda proprias a comparar os outros objectos vi-

siveis, para se saber se são também fixos. Mas por causa do movimento real do navio, todos os objectos externos fixos devem á todo o momento mudar de distancia, e de situação em relação ao olho do observador; logo as imagens destes objectos correm successivamente diferentes lugares nelle; por consequencia são estes, que devem parecer ter todos os movimentos do navio.

110. Por huma semelhante illusão nos parece que o Sol, e todos os astros girão em roda da terra em 24 horas, e que a sua revolução annual se faz realmente também em roda da terra.

111. 2.<sup>o</sup> Quando as nuvens caminham com muita velocidade, a Lua parece hir muito velozmente em sentido opposto, e ellas nos parecem estacionarias, porque caminham todas juntamente do mesmo lado, e com a mesma velocidade.

112. PROB. Sendo dados de posição o lugar  $S$ , (Fig. 7), onde o observador se julga immovel, e tantos pontos  $A, B, C$ , quantos se quizerem, do caminho real de hum movel em hum plano qualquer, com os pontos  $a, b, c$ , onde se acha realmente nos mesmos instantes: o olho do observador, determinar o caminho apparente deste movel.

Tendo tirado as rectas  $Aa, Bb, Cc$ ; tira-se do ponto  $S$  as parallelas, e iguaes  $Sa, S\beta, S\gamma$ , os pontos  $a, \beta, \gamma$  marcarão o caminho apparente do movel. Porque a recta  $Sa$  sendo igual, e parallela a  $Aa$ , o ponto  $a$  está situado do mesmo modo, e na mes-

ma distancia do ponto  $S$ , que o ponto  $A$  relativamente ao ponto  $a$ . Logo o observador, que suppõe ter o olho em  $S$ , deve consequentemente suppôr o objecto em  $a$ . O mesmo raciocinio tem lugar para os outros pontos  $\beta$ ,  $\gamma$ , etc.

113. COROLL. I. O verdadeiro, e o imaginario lugar do olho, o verdadeiro, e o apparente do objecto formão sempre hum parallelogrammo.

O verdadeiro lugar do objecto, e o imaginario do olho são sempre angulos oppostos; e lugar apparente do objecto, e o verdadeiro do olho, são tambem outros dois angulos oppostos: o que faz que o objecto appareça sempre em huma situação opposta á do verdadeiro lugar do olho do observador.

114. COROLL. II. Se o objecto está immovel em  $A$ , seu caminho apparente  $a$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  (Fig. 8) he huma linha igual ao caminho real do olho, e situado em hum plano parallelo.

Porque por causa dos parallelogrammos  $aa$ ,  $b\beta$ ,  $c\gamma$ , de quem  $SA$  he huma diagonal commum, e ao mesmo tempo huma intersecção commum de seus planos, e cujas bases  $Sa$ ,  $Sb$ ,  $Sc$  estão situadas em hum mesmo plano, que he o do verdadeiro caminho do olho, suas parallelas, e iguaes  $Aa$ ,  $A\beta$ ,  $A\gamma$  devem estar tambem em hum mesmo plano parallelo ao do caminho do olho do observador, e formar os angulos  $aA\beta$ ,  $\beta A\gamma$ , iguaes aos angulos  $aSb$ ,  $bSc$ . Logo os pontos  $a$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  devem formar huma linha igual a  $abc$ , e em hum plano parallelo, porém em



hum situação inversa. Ou, se o objecto está posto no Plano do caminho do olho, seu caminho apparente deve estar tambem neste plano.

115. COROLL. III. Se o objecto está immovel, e posto no lugar, em que o observador supõe o olho, o objecto apparecerá na extremidade de hum raio igual, e na mesma direcção, que o raio tirado do verdadeiro lugar do olho ao seu lugar imaginario. Assim, se o olho gira em hum circulo, cujo centro he occupado pelo objecto, e onde o observador se supõe estar, o objecto parecerá descrever o mesmo circulo; mas em hum ponto diametralmente opposto á aquelle, em que está o olho do observador, e por consequencia ter a mesma velocidade que o olho.

116. ADV. Os objectos terrestres, que nos cercão de todos os lados, e que são fixos relativamente a nós, ainda que sejam levados com nosco em roda do Sol, nos obrigão a suppor-nos em repouso no centro do mundo, e que o Sol gira em roda de nós, ainda que seja verdadeiramente fixo; e que os Planetas, que girão em torno do Sol, descrevem curvas muito singulares, nas quaes caminão humas vezes do Oriente para o Occidente; e outras do Occidente para o Oriente; ainda que o seu movimento real seja sempre do Occidente para o Oriente. Ora pelo problema precedente pôdem-se representar sobre hum plano todos estes movimentos apparentes. Porque, se se descrevem dois circulos concentricos, hum

para representar a orbita da terra, outro a de hum Planeta, como, por exemplo, de Jupiter; se os raios destes circulos estão na razão das distancias do Sol á terra, e ao Planeta, que neste caso são como 1 para 5: finalmente, se estes dois circulos são divididos na razão das velocidades da terra, e do Planeta, que neste exemplo são de 12 para 1, como se se dividisse o circulo da terra de 12 em 12 grãos, e o de Jupiter de grão em grão: então marcando as divisões consecutivas da orbita da terra por *a, b, c*, etc., e as da orbita de Jupiter por *A, B, C*, etc. (princiando pelos pontos, que se quizer) pondo *S* no centro commum dos dois circulos, seria facil achar todos os pontos da curva apparente descripta por Jupiter, e por consequencia dar a razão de todas as variedades apparentes dos seus movimentos.

117. XIII. PRÓP. *Os objectos, cujas imagens se pintão sobre as partes do fundo de cada olho, que não são homologas, parecem duplos.*

Os objectos parecem simples, ainda que vistos com dois olhos, porque as duas impressões iguaes feitas sobre duas fibras homologas, e com igual grão de tensão, não são sensivelmente, senão huma mesma impressão, ou o que parece estabelecido por hum grande numero de experiencias, a alma só dá attenção a huma destas impressões iguaes, e simultaneas. Se as duas imagens se fazem sobre fibras, que não são homologas, as duas impressões serão diferentes, e darão por consequencia idéa de dois objectos.

118. ADV. As duas imagens se fazem sobre fibras homologas, todas as vezes que se olha para hum objecto com dois olhos por meio de raios, que são sensivelmente parallelos, ou quando se voltão os dois olhos da mesma maneira para o objecto. Daqui acontece, que, se está hum objecto muito perto dos olhos, parece duplo; porque não se póde olhar, senão inclinando muito os eixos da visão; o olho esquerdo vê este objecto á direita, e o direito á esquerda; porque estes dois eixos são inclinados destes lados. Da mesma sorte, se se voltão os olhos de hum modo differente, os objectos parecem duplos; porque as impressões dos objectos se fazem em differentes lugares. As pessoas embriagadas vêem muitas vezes os objectos duplos; porque todas as fibras dos seus nervos, e musculos estão de tal sorte relaxadas, que não podem soffrer os mesmos movimentos, que quando não estão neste estado; e por consequencia não podem ter muitas vezes os olhos dirigidos da mesma maneira para hum objecto. O que se conhece tambem observando os seus olhos.

119. Nas paixões excessivas, como no furor, vêem-se algumas vezes os objectos duplos; porque não se está em estado de mover os olhos, como se quer.

---

## SEGUNDA PARTE.

*Que contém a Catoptrica, e a Dioptrica.*

---

### CAPITULO PRIMEIRO.

*Noções geraes sobre a Catoptrica, e a Dioptrica.*

---

#### ARTIGO PRIMEIRO.

*Das imagens, e dos Focos.*

120. **V**isto que he extremamente pequena a grandeza dos atomos luminosos, he claro que hum unico raio, ou ainda mesmo hum pequeno numero delles, não podem fazer sobre o orgão da vista huma impressão sensivel, cujas fibras são pouco delicadas em comparação dos raios de luz. Porém como os raios de luz, vindos de hum mesmo ponto, vão sempre afastando-se huns dos outros (8), tem sido preciso

imaginar meios de os approximar, e reunir em hum ponto dado, e mesmo de os afastar á nossa vontade: são estes meios, que a Dioptrica, e Catoptrica ensinão: empregão-se para este fim os vidros, e os espelhos.

121. Póde-se por tanto, com soccorro dos vidros, e dos espelhos, reunir em hum mesmo ponto sensível hum grande numero de raios, vindos de hum mesmo ponto de hum objecto: e porque cada raio traz com sigo a imagem do ponto, donde partio (71), sendo todos estes raios reunidos, não podem deixar de formar huma imagem do ponto do objecto, donde partirão; esta imagem he tanto mais viva, quanto maior for o numero dos raios reunidos, e tanto mais distincta, quanto melhor for conservada na sua reunião a ordem, com que partirão; ella he tão sensível, que, pondo hum plano polido, e branco no lugar, onde se faz esta reunião, vê-se pintada com todas as suas côres, principalmente se o lugar, onde se faz a experiencia, não recebe outra luz.

122. O ponto de reunião dos raios de luz, formado por meio de hum vidro, ou de hum espelho, chama-se *fóco* deste vidro, ou deste espelho. Se esta reunião he real, o fóco chama-se *real*, ou simplesmente *fóco*: he o lugar, onde se faz a imagem do objecto, que envia a luz, e no qual parece realmente estar o objecto, se muitos destes raios, que se cruzão passando por este fóco, vem a entrar em hum

olho. Se este ponto de reunião he aquelle, a que tendem todas as novas direcções, que se tem feito tomar os raios espalhados por meio de hum vidro, ou de hum espelho, chama-se então *fóco imaginario*. He tambem o lugar, no qual parece realmente estar o objecto, quando muitos raios, que tem sido espalhados, eutrão em hum olho em muito grande quantidade para formar huma imagem sensivel do objecto. Porque hum objecto parece estar sempre no lugar, donde se suppõe vir a sua luz ao nosso olho (55).

123 Por quanto cada raio traz com sigo a imagem do objecto, donde vem, segue-se que, se os raios, depois de se haverem cruzado, e formado huma imagem na sua intersecção, se acharem ainda reunidos por alguma refração, ou reflexão, elles formarão huma nova imagem; e assim por diante huma vez que a sua ordem não seja confundida, logo pôdem-se formar tantas imagens de hum mesmo objecto, quantas vezes se poderem reunir os raios, que delle vierem sem os confundir.]

124 Segue-se tambem que, tratando-se sómente da marcha dos raios luminosos, pôde-se contemplar a imagem como objecto, e o objecto como imagem; e mesmo huma segunda imagem, como se a primeira fosse o objecto, que a produzio, e assim por diante.

125. Se os raios de hum feixe de luz tem alguma inclinação, huns a respeito dos outros, cha-

mão-se *divergentes*, ou *convergentes*, segundo se contemplão, como afastando-se de hum ponto de reunião, ou approximando-se para se reunirem: donde se vê que hum fóco he a passagem da convergencia para a divergencia, e reciprocamente.

## ARTIGO II.

*Leis, ou principios tirados da experiencia, sobre os quaes se fundão as demonstrações da Dioptrica, e da Catoptrica.*

126. I. LEI. **T**odo o raio luminoso, que atravessando hum meio, encontra outro de diferente densidade, ou natureza, muda de direcção: se o não pôde penetrar, elle se reflecte ao tocar a superficie; e se o pôde penetrar, elle se quebra, ou se refrange.

Seja AC (Fig. 9) hum raio, que depois de atravessar o ar, toca a superficie PQ de huma porção de vidro PS: pelo ponto C (onde a superficie do novo meio he encontrada pelo raio AC, e que por isto se chama *ponto de incidencia*) tire-se a recta MD perpendicular á superficie do vidro, (chama-se *catheto de incidencia*, e o angulo AGM, ou o seu igual DCB *angulo de incidencia*). Se o raio incidente AC acha algum obstaculo, que o não deixa penetrar o novo meio, muda de direcção reflectindo-se, e segue a de

CI: e então o angulo MCI chama-se *angulo de reflexão*. Mas se o raio incidente pôde penetrar o meio, em lugar de seguir sua primeira direcção CB, se desvia, ou se refrange, tomando a nova direcção CT. Então o angulo DCT chama-se *angulo quebrado*, e o angulo TCB *angulo de refiacção*; CT raio *quebrado*, ou *refracto*, BE *seno do angulo de incidencia*, e TH *seno do angulo quebrado*.

127. II. LEI. Hum ponto luminoso, que ao encontro de diferentes superficies, ou meios tiver soffrido todas as reflexões, refrações, inflexões, etc., que exigem a natureza destes meios, e a posição das suas superficies, retrocederá precisamente pelo mesmo caminho, e com a mesma velocidade, se achar obstaculo, que o obrigue a tomar huma direcção inteiramente opposta.

Assim hum raio TC, que, atravessando o vidro PS, encontrasse a sua superficie PQ, tomaria a direcção de CA: ou, que vem a ser o mesmo, hum raio AC, que fosse quebrado tomando a direcção CT, e que fosse repellido em T, na direcção TC, sairia do vidro pela direcção CA.

128. III. LEI. O angulo de reflexão, ou de refração, está no mesmo plano, em que está o de incidencia, e este plano hê perpendicular á superficie do meio: porque sua posição he determinada pelo catheto de incidencia, que he perpendicular a esta superficie.

129. IV. LEI. O seno do angulo de reflexão, ou



*de refração de hum raio está em huma razão constante com o seno do angulo de incidencia.*

Na reflexão esta razão he a de igualdade. Segundo todas as experiencias a differença he insensível.

130. A relação do seno do angulo quebrado para o seno do angulo de incidencia he , quando o ponto luminoso passa do ar para a agoa da chuva , pouco mais , ou menos , como 3 para 4 , ou mais exactamente como 3 para 4,0076 : do ar para o vidro , como 2 para 3 , ou mais exactamente , como 20 para 31 : do vidro para agoa , como 8 para 9 , etc. , e reciprocamente o seno do angulo quebrado está para o seno do angulo de incidencia , na passagem d'agoa para o ar , como 4 para 3 : do vidro para o ar , como 3 para 2 , etc.

131. COROLL. I. *Quando hum raio incidente he perpendicular á superficie do meio , que encontra , ou elle se reflecte sobre si mesmo , ou o atravessa sem se quebrar. Porque então , sendo o angulo de incidencia = 0 , o seno do angulo de reflexão , ou do angulo quebrado he = 0 : ou que he o mesmo , o raio sempre se confunde com o catheto de incidencia.*

132. COROLL. II. *Debaisso de qualquer angulo de incidencia , com que hum raio encontre hum meio penetravel á luz , elle poderá ser sempre reflectido , se o não penetrar : mas todas as vezes que o seno do angulo de incidencia , pela naturea do meio , for menor que o seno do angulo quebrado ,*

o raio o não poderá sempre penetrar, refrangendo-se: ou, que he a mesma cousa, ha sempre certos limites nos angulos de incidencia, além dos quaes hum raio não poderá mais ser refracto, nem por consequencia sahir do meio, em que se acha, para entrar naquelle, que encontra. Porque se hum ponto luminoso vem do ar tocar huma superficie d'agoa com hum raio incidente de quasi  $90^\circ$ , o angulo de refacção será de quasi  $48^\circ \frac{1}{2}$ : pois que então o seno total, ou o seno de incidencia está para o seno do angulo quebrado, como 4 para 3; o que dá este angulo de quasi  $48^\circ \frac{1}{2}$ . Logo se hum raio passar d'agoa para o ar debaixo de hum angulo de incidencia de  $48^\circ \frac{1}{2}$ , elle deverá sahir d'agoa, razando-lhe a superficie, e debaixo de hum angulo quebrado de quasi  $90^\circ$ : mas se este raio passar debaixo de hum angulo de incidencia de mais de  $48^\circ \frac{1}{2}$ , o seno do seu angulo quebrado deverá ser maior, do que o seno total; o que he impossivel. He por tanto impossivel que o raio saia, e a experiencia mostra que elle se reflecte sobre a superficie commum do ar, e d'agoa, e existe n'agoa. Póde-se fazer o mesmo raciocinio para os outros meios, e determinar os limites das refrações possiveis pela relação dada dos senos dos angulos de incidencia, e refacção.

*Da medida da refracção.*

\* *Adição do Edit.* “ A refracção se mede pela  
 „ relação do seno do angulo de incidencia para o  
 „ seno do angulo de refracção , relação indepen-  
 „ dente da incidencia , e constante para hum mesmo  
 „ corpo.

„ São differentes os methodos para determinar a  
 „ refracção dos corpos terminados por superficies pla-  
 „ nas ; o mais engenhoso he o seguinte de Newton ,  
 „ que o apresentou nas suas *Lições Opticas*.

„ Sabe-se que , fazendo passar hum raio de luz  
 „ a través das faces contiguas de hum prisma de ma-  
 „ teria susceptivel de refranger a luz , e cujas are-  
 „ tas sejam perpendiculares á direcção de seus raios ,  
 „ experimentará á entrada , e sahida do prisma huma  
 „ refracção , que a desviará da sua direcção primi-  
 „ tiva ; e por causa da diversa refrangibilidade dos  
 „ seus raios homogeneos formará huma imagem alon-  
 „ gada , e matizada das côres do Iris.

„ Se se faz girar o prisma em roda do seu eixo  
 „ com hum movimento lento , e continuado , e se se  
 „ observa a marcha da imagem , durante a sua rora-  
 „ ção , vê-se que ella se avança de huma certa quan-  
 „ tidade , que depois pára de repente , e torna a vir  
 „ para a sua posição primitiva ; quando a imagem se  
 „ acha estacionaria , a posição do prisma a respeito do  
 „ raio incidente he tal , que o incidente , e emer-

„ gente fazem angulos iguaes com as superficies lateraes do prisma.

„ Ora , neste caso póde-se ter facilmente a grandeza dos angulos de incidencia , e de refracção , e por consequencia os seus senos , cuja relação he a mesma para cada incidencia , e he a medida da refracção.

„ Seja  $NS$  (Fig. 97) o raio incidente ,  $ba$  o raio refracto , e  $bl$  o emergente ; seja  $ABC$  huma secção transversal do prisma , que encerra o raio de luz ; o angulo de incidencia será  $PaS$  , e o de refracção  $NaR$  ; por hypothese  $NaR = NbR$ . Seja  $BH$  huma perpendicular , que dividirá em dois igualmente o angulo  $ABC$  , seja  $Pa$  a perpendicular á face ; ter-se ha  $RaM = RBa = \frac{1}{2} ABC$  , como complemento do mesmo angulo  $RaB$  , o que faz ver que o angulo de refracção he igual á metade do angulo refrangente do prisma.

„ O angulo de incidencia  $PaS = NaR + RaM = NbR + \frac{1}{2} ABC$  , isto he , o angulo de incidencia he igual ao angulo de refracção , que he conhecido , mais ao angulo  $NbR$  , que se póde medir immediatamente , ou por meio do quarto de circulo , ou tomando a altura de dois de seus pontos acima do horizonte. Este methodo he evidentemente applicavel a todo o corpo terminado por faces planas , operando sobre hum angulo plano , como sobre as faces do prisma.

„ O Cidadão Hauy fez huma applicação enge-  
 „ nhosa deste processo na determinação da refração  
 „ dos cristaes. (Veja-se o tratado de Mineralogia,  
 „ publicado por este Sabio).

„ O methodo precedente suppõe a propriedade,  
 „ pela qual a refração he igual de huma, e de ou-  
 „ tra parte do prisma, quando a imagem se acha  
 „ estacionaria. Newton a demonstrou pela synthese  
 „ nas suas *Liç. Opt.* A demonstração seguinte he  
 „ puramente analytica, e dá como consequencia o va-  
 „ lor dos angulos de incidencia, e de refração.

„ Observaremos que, como a imagem está sem-  
 „ pre sobre a direcção do raio emergente, á medida  
 „ que elle se affastar do raio incidente, ou que o  
 „ angulo formado pelos dois raios augmentar, du-  
 „ rante a rotação do prisma, a imagem se affastará  
 „ no mesmo sentido, e se approximar á medida que  
 „ o angulo diminuir; logo a imagem será estaciona-  
 „ ria, quando o angulo for hum maximo. Supposta  
 „ esta condição, he necessasio determinar os angulos  
 „ de incidencia, e de refração. „

Seja EDF (Fig. 98) o angulo do prisma, HA a  
 direcção do raio incidente, HC a do raio refracto,  
 BC a do emergente, HG, CG as perpendiculares,  
 $n:m$  a relação da refração do meio em roda do pris-  
 ma,  $AHG = u$  ao angulo de incidencia sobre a pri-  
 meira face  $= u$ ;  $CHG = x$  ao angulo de refração  $= x$ ;  
 $HCG = x'$  ao angulo da segunda refração  $= x'$ ;  $BCG$   
 $= u'$  ao angulo emergente  $= u'$ . Seja  $f =$  ao angulo

refrangente do prisma. O ângulo HBC deve ser hum maximo, ou, que vem a ser o mesmo, ABC hum minimo. Por quanto a somma dos angulos  $x + x'$  junta á somma dos angulos DHC + DCH vale dois rectos, e estes angulos são supplemento de HDC, teremos  $HDC = f = x + x'$  (1). Além disto  $ABC = BHC + BCH = u - x + u' - x'$ , donde se tira  $ABC = u + u' - f$ , (2), que deve ser hum minimo.

$$\text{Temos tambem } \text{sen. } u = \text{sen. } x \frac{m}{n}, \quad (3)$$

$$\text{sen. } u' = \text{sen. } x' \frac{m}{n}, \quad (4)$$

Differenciando as equações (1), (2), (3), (4), deve-se ter

$$du + du' = 0.$$

Da mesma fórma  $dx + dx' = 0$ .

Substituindo por  $dx'$ , e  $du'$  seus valores, teremos

$$\frac{m}{n} \cos. x. dx = \cos. u. du.$$

$$\frac{m}{n} \cos. x'. dx = \cos. u'. du.$$

Dividindo hum pelo outro tem-se  $\frac{\cos. x}{\cos. x'} = \frac{\cos. u}{\cos. u'}$ .

$$\text{Quadrando temos } \frac{1 - \text{sen. } x^2}{1 - \text{sen. } x'^2} = \frac{1 - \text{sen. } u^2}{1 - \text{sen. } u'^2}.$$

Reduzindo ao mesmo denominador, e ordenando,

tem-se  $\text{sen. } u'^2 (\text{sen. } x^2 - 1) - \text{sen. } x^2 = \text{sen. } u^2 (\text{sen. } x'^2 - 1) - \text{sen. } x'^2$ .

Eliminando  $\text{sen. } u'$ , e  $\text{sen. } u$  por meio das equações (3, e 4), e multiplicando por  $n^2$ , virá  $\text{sen. } x'^2 \cdot m^2 (\text{sen. } x^2 - 1) - n^2 \text{sen. } x^2 = \text{sen. } x^2 \cdot m^2 (\text{sen. } x'^2 - 1) - n^2 \text{sen. } x'^2$ .

Donde reduzindo, e ordenando, vem

$$m^2 \cdot \text{sen. } x'^2 + n^2 \cdot \text{sen. } x^2 =$$

$$m^2 \cdot \text{sen. } x^2 + n^2 \cdot \text{sen. } x'^2.$$

Donde  $\text{sen. } x'^2 (m^2 - n^2) = \text{sen. } x^2 (m^2 - n^2)$ .

Logo  $\text{sen. } x' = \text{sen. } x$ , e  $x = x'$ .

De mais a equação  $\frac{\cos. x}{\cos. x'} = \frac{\cos. u}{\cos. u'}$ : dá  $\cos. u = \cos. u$ , e  $u = u'$ .

„ Donde se segue que os angulos HCG, e CHG, são iguaes, assim como tambem os angulos BCG, e BHG, isto he que as incidencias, e as refrações são iguaes em cada lado do prisma.

„ Se se substitue  $u' = u$ , e  $x' = x$  nas equações (1, e 2), tira-se  $x = \frac{f}{2}$ , e  $u = \frac{f}{2} + \frac{ABC}{2}$ ,

„ isto he, que o angulo de refração,  $x = \frac{f}{2}$ , he igual á metade do angulo refrangente do prisma, etc., como tinha-mos já demonstrado.

---

## CAPITULO II.

*Da Catoptrica.*

---

### A R T I G O I.

*Das imagens, ou focos pela reflexão.*

---

#### DEFINIÇÃO DE FÓCO PARA AS CURVAS CAUSTICAS.

\* *A*ddição do Editor. “ Quando muitos raios so-  
 ,, lares tocão huma superficie concava , a serie das inter-  
 ,, secções formada pelos raios reflectidos , e infinita-  
 ,, mente proximos , formão curvas luminosas (Fig. 41),  
 ,, que se chamão *causticas pela reflexão*. Nas superfi-  
 ,, cies de revolução todas as curvas generantes tem  
 ,, causticas iguaes , e que se tocão em hum mesmo  
 ,, ponto do eixo , que se chama *fóco*. Vê-se daqui que  
 ,, o *fóco* não he hum ponto mathematico , mas sim  
 ,, hum ponto physico , que he a união de muitos



„ raios. Quando porém a superficie he convexa, as  
 „ causticas são imaginarias. Estas curvas, assim como  
 „ as suas evolutas, tem a propriedade de serem re-  
 „ ctificaveis, quando se derivão de curvas algebrí-  
 „ cas. „

133. PROBL. Sendo dado hum ponto, ou hum  
 objecto qualquer  $O$ , situado sobre o eixo  $AO$  de  
 hum espelho esferico qualquer  $MAB$  concavo (Fig.  
 10, e 11), ou convexo (Fig. 12), e hum raio in-  
 cidente  $OM$  infinitamente proximo do eixo, achar  
 o ponto  $F$  do eixo, por onde passa o raio refle-  
 ctido do ponto  $M$ .

Solução. Tire-se para o centro  $C$  da superficie  
 esferica a recta  $MC$ , a qual, sendo perpendicular á  
 superficie do espelho no ponto de incidencia  $M$ , vem  
 a ser o catheto de incidencia. O angulo  $OMG$ , ou  
 $CME$ , he por tanto o angulo de incidencia; e fazen-  
 do-se  $CMF \equiv OMG$ , o raio reflectido será  $MD$ , que  
 encontra o eixo  $OA$  em  $F$ .

Para achar huma expressão analytica de  $AF$ , ou  
 da recta  $MF$ , sua igual, (pois que  $OM$ , e  $OA$  são  
 infinitamente proximas) seja  $OA$ , ou  $MO$  a distan-  
 cia do objecto ao espelho  $\equiv \pm d$ ; ( $+d$  quando o es-  
 pelho he concavo, e  $-d$  quando he convexo: estes  
 signaes são tambem determinados pela posição do  
 raio incidente  $OM$  a respeito do semidiametro  $AC$   
 do espelho): seja  $AC \equiv r$ ;  $FA$ , ou  $FM \equiv f$ . Te-  
 remos logo  $FC \equiv r - f$  (Fig. 10, e 12), ou  $\equiv$   
 $f - r$  (Fig. 11), e  $CO \equiv d - r$  (Fig. 10), ou  $\equiv$

$r - d$  (Fig. 11), ou  $= r + d$  (Fig. 12). Mas (Geom. L. 3. p. 17)  $CO : CF :: MO : MF$ ; ou (Fig. 10, e 11)

$\overline{+r} \overline{-d} : \overline{+r} \overline{+f} :: d : f$ ; logo a formula geral para os espelhos concavos será  $f = \frac{dr}{2d - r}$ . E no

triangulo (Fig. 12) CMO temos (Trig. XLIV)  $CO : MO :: \text{sen. CMO}$ , ou  $FMC : \text{sen. MCO}$ ; mas no triangulo FMC temos tambem  $CF : MF :: \text{sen. FMC} : \text{sen. MCF}$ ; logo  $r + d : r - f :: d : f$ ; será por tanto a formula dos espelhos convexos  $f = \frac{dr}{2d + r}$ .

De maneira que a formula geral para todos os espelhos esfericos será  $f = \frac{dr}{2d \pm r}$ .

\* *Add. do Edit.* " Seja (Fig. 99) AA' hum espelho convexo de forma esferica, e de hum raio igual a AC; DD' hum objecto, cujas extremidades se suppõe igualmente distantes do centro C; FF' o foco dos raios reflectidos por D, e D'; FF' será a grandeza da imagem do objecto. Mas, sendo os pontos F, e F' semelhantemente situados a respeito dos eixos AC, A'C, darão a proporção: FF' : DD' :: CF : CD; ora CD = AC + AD =

$$d + r; CF = AC - AF = r - f = r - \frac{dr}{2d + r} =$$

$$\frac{r(d + r)}{2d + r}; \text{ logo } \frac{FF'}{DD'} = \frac{r(d + r)}{(2d + r) \cdot d + r} = \frac{r}{2d + r};$$

vê-se daqui, que no espelho convexo a relação da

„ grandeza da imagem para a do objecto he igual  
 „ ao raio dividido pelo dobro da distancia do obje-  
 „ cto augmentado do raio.

„ Semelhantemente teremos na (Fig. 100) relativa  
 „ ao espelho concavo;  $FF' : DD' :: CF : CD$ ; mas nes-  
 „ te caso  $CD = AD - AC = d - r$ ;  $CF = AC -$

„  $AF = r - f = r - \frac{dr}{2d - r} = \frac{r(d - r)}{2d - r}$ ; lo-

„ go  $\frac{FF'}{DD'} = \frac{r(d - r)}{2d - r} \cdot \frac{1}{d - r} = \frac{r}{2d - r}$ . Quer di-

„ zer que no espelho concavo a relação da grandeza  
 „ da imagem para a do objecto he igual ao raio  
 „ dividido pelo dobro da distancia do objecto dimi-  
 „ nuído do raio.

„ Podem-se representar estes dois casos em hu-

„ ma só formula  $\frac{r}{2d \mp r}$ , sendo o signal superior

„ relativo ao espelho concavo, e o inferior ao con-  
 „ vexo. Examinemos a grandeza da imagem segundo  
 „ as diversas posições do objecto, e principiemos pelo  
 „ caso do espelho convexo.

„ I. Neste raso a relação da grandeza da ima-  
 „ gem para a do objecto he  $\frac{r}{2d \mp r}$ ; suppondo-se

„  $d = 0$ , reduz-se á unidade; o que mostra que,  
 „ quando o objecto está sobre o espelho, a imagem  
 „ he igual ao objecto. Porém se se attribue a  $d$  to-  
 „ dos os valores positivos desde zero até o infinito,  
 „ vê-se que esta relação decresce desde 1 até zero,

„ isto he que a imagem diminue desde huma quan-  
 „ tidade igual ao objecto até huma infinitamente pe-  
 „ quena.

„ Além disto os raios , que chegam divergentes ,  
 „ se reflectem mais divergentes , e não tem senão hum  
 „ ponto de concurso ficticio , e o olho suppõe o seu  
 „ prolongamento pela parte posterior do espelho , on-  
 „ de tambem suppõe a posição apparente do obje-  
 „ cto ; logo estes raios chegam ao olho na mesma or-  
 „ dem , que a sua incidencia , o que se exprime di-  
 „ zendo , que a imagem he directa , e imaginaria.

„ II. Consideremos a grandeza da imagem no  
 „ caso do espelho concavo ; a formula  $\frac{r}{2d} - r$  , que  
 „ exprime a relação da grandeza da imagem para a  
 „ do objecto neste ultimo caso , mostra que , sup-  
 „ pondo-se  $d = 0$  , a relação se reduz a  $-1$  , isto he ,  
 „ que a imagem he igual ao objecto , porém situada  
 „ pela parte posterior do espelho , quando o objecto  
 „ se acha sobre o espelho.

„ Desde  $d = 0$  até  $d = \frac{r}{2}$  , esta relação he sem-  
 „ pre negativa , e cresce desde  $-1$  até o infinito , isto  
 „ he , que a imagem cresce desde huma quantidade  
 „ igual ao objecto até huma infinitamente grande :  
 „ entre estes dois limites  $d = 0$  , e  $d = \frac{r}{2}$  , os raios,  
 „ que chegam divergentes , se reflectem menos diver-  
 „ gentes , sem com tudo virem a ser convergentes ; a

„ imagem está logo situada pela parte posterior do  
 „ espelho, como mostra o calculo, e tendo hum só  
 „ ponto de concurso ficticio os raios reflectidos, a  
 „ imagem he directa, e imaginaria.

„ Desde  $d = \frac{r}{2}$  até  $d = \infty$ , a relação he sem-  
 „ pre positiva, e decresce desde o infinito até zero;  
 „ isto he, que a imagem está situada por diante do  
 „ espelho, e diminue desde huma quantidade infini-  
 „ tamente grande até huma infinitamente pequena.  
 „ Além disto os raios, que chegão divergentes, se  
 „ reflectem convergentes desde  $d = \frac{r}{2}$  até  $d = \infty$ ,  
 „ e tem hum ponto de concurso real diante do espe-  
 „ lha; logo a imagem he real, <sup>e directa</sup> ou invertida, segundo  
 „ o olho está posto entre o espelho, e o ponto de  
 „ concurso dos raios reflectidos, ou além deste  
 „ ponto. „

134. ADV. I. Esta formula só dá exactamente o  
 valor de AF, quando o raio incidente OM está muito  
 proximo do eixo AO, ou quando a superficie AM do  
 espelho comprehendida entre o raio incidente, e o  
 eixo AO, que passa pelo objecto O, he huma muito  
 pequena parte da superficie total da esfera: assim sen-  
 do (Fig. 10, e 12) MF sempre maior do que AF,  
 quanto mais longe do ponto A cahir o raio inci-  
 dente OM, tanto mais perto do mesmo ponto o raio  
 reflectido MF encontrará o eixo AF.

135. ADV. II. Póde-se por meio da Trigonometria

rectilinea calcular rigorosamente o valor de  $AF$ , conhecendo o do arco  $AM$ . Porque, conhecendo-se no triangulo  $OCM$  os lados  $OC$ ,  $CM$ , e o angulo  $MCO$ , medido por  $AM$ , podem-se logo concluir os angulos  $COM$ ,  $CMO$ , e o lado  $MO$ . Depois disto no triangulo  $FMO$  temos  $MO$ , o angulo  $FOM$ , e  $FMO$ , dobro (ou supplemento do dobro, Fig. 12) do angulo  $CME$ ; logo ter-se-ha o lado  $OF$ , e por consequencia  $AF$ .

Se o raio incidente  $OM$  fosse paralelo ao eixo  $OA$ , isto he, se o objecto estivesse a huma distancia infinita, o angulo  $EMC$  seria igual ao angulo  $FCM$ , e o triangulo  $CMF$  seria isosceles, e seus angulos iguaes medidos pelo arco  $AM$ . Seja por exemplo  $CM = 6$  pés, e o arco  $AM$  de  $1^\circ$ , achar-se-ha  $FA$  de  $2,99964$  pés. Se  $AM$  for de  $10^\circ$ , será  $AF$  de  $2,95372$  pés: se de  $30^\circ$ , será então  $AF$  de  $2,53589$  pés.

136. COROLL. I. Visto que toda a luz, que vem do objecto  $O$ , e que toca o espelho em pouca distancia do ponto  $A$ , vai nos espelhos concavos passar pelo ponto  $F$  do eixo, ou ao menos muito proximo deste ponto, segue-se que se deve formar neste ponto huma imagem sensivel do objecto  $O$ . Nos espelhos convexos a reflexão espalha os raios, que partem do ponto  $O$ , e os dirige de maneira, que concorrem no ponto  $F$ , e a luz reflectida, que entra no olho, faz ver o objecto em  $F$ .

137. COROLL. II. Como a imagem do objecto

O está posta sobre o eixo da esfera , que passa por este ponto ; segue-se que , havendo algum obstaculo , que impida tirar huma recta do objecto ao centro da esfera , não se poderá formar imagem do objecto O. Da mesma sorte em qualquer lugar , que esteja hum olho para ver a sua imagem em hum espelho , não a poderá ver senão em huma linha , que passa pelo centro do espelho.

138. ADV. III. Se o objecto O envia raios de luz em quantidade sufficiente para excitar hum calor sensivel sem que sejam reunidos , taes como os do Sol , de huma braza , etc. : he claro que , sendo reunidos por meio de hum espelho concavo , devem produzir hum calor proporcional á sua densidade , e ao calor particular dos raios incidentes. Daqui vem o nome de fóco ao ponto de reunião

## A R T I G O II.

*Do lugar , da situação , e da marcha das imagens pela reflexão.*

139. **F**Azendo-se differentes hypotheses sobre as differentes distancias , em que hum objecto exposto á superficie reflectente de hum espelho esferico se póde achar , conhecer-se-ha facilmente o lugar da sua imagem por meio da formula geral do artigo precedente. Supponhamos por tanto que hum objecto , que

sendo posto sobre a superficie de hum espelho, se affasta depois até o infinito. . . . *objecto*

140 I. Sendo a distancia do ~~objecto~~ *objecto* ao espelho infinitamente pequena, a imagem se achara infinitamente proxima, por detrás do espelho.

Porque, substituindo-se  $\frac{+d}{\infty} = \frac{1}{\infty}$  na formula ge-

ral  $f = \frac{dr}{2d \pm r}$ ; virá a ser  $f = \frac{1}{\pm \infty}$ . O signal

— mostra que no espelho concavo a imagem está do lado opposto á direcção do semidiametro da concavidade, que se suppôz  $= +r$ ; e por consequencia acha-se pela parte posterior do espelho: e o signal + mostra que no espelho convexo a imagem está da parte do centro da convexidade, cujo semidiametro se suppôz  $= +r$ . E como he evidente que para qualquer valor, que se supponha a  $d$  na formula

$f = \frac{dr}{2d \pm r}$ , o valor de  $f$  nunca pôde vir a ser ne-

gativo, segue-se que no espelho convexo a imagem está necessariamente ao lado do centro da convexidade, em qualquer distancia, que se supponha o objecto: o que convem attender na continuação deste artigo.

141. II. A medida que a distancia do objecto ao espelho cresce desde zero até huma quantidade igual a hum quarto do eixo da esfericidade, ou á metade do semidiametro, a imagem se affasta pela parte posterior do espelho. No concavo se



afasta desde zero até o  $\infty$ , e no convexo desde zero até  $\frac{1}{8}$  do eixo.

Porque 1.º suppondo  $d < \frac{1}{2}r$ , ou  $2d < r$ , vê-se que  $2d - r$  he huma quantidade negativa; logo no espelho concavo,  $f$  he tambem negativo, e a imagem situada pela parte posterior do espelho. 2.º Se se faz  $d = \frac{1}{2}r$ , a formula do espelho concavo

se torna  $f = \frac{\frac{1}{2}r^2}{0} = \infty$ , o que mostra, que achando-se o objecto em huma distancia igual a hum

quarto do eixo, a imagem se acha infinitamente distante; ou, que he a mesma cousa, os raios de luz, que vão do objecto ao espelho, se reflectem parallelamente entre si; e por tanto só se poderão reunir a huma distancia infinita do espelho. Porém, porque não ha mais razão de suppôr, que as parallelas se reunão no infinito, antes em huma do que em outra extremidade, e por consequencia podemos suppôr que, sendo prolongadas ao infinito de huma, e outra parte, se reunão em huma; e outra extremidade, segue-se que no caso, de que se trata, isto he, quando o objecto se acha situado a huma distancia igual a  $\frac{1}{4}$  do eixo do espelho conca-

vo, a imagem acha-se infinitamente distante tanto de huma, como de outra parte do espelho.

142. No espelho convexo vê-se que, suppondo-se  $d = \frac{1}{2}r$ , tem-se  $f = \frac{1}{4}r$ .

143. III. *Augmentando-se a distancia do objecto ao espelho desde  $\frac{1}{4}$  até  $\frac{1}{2}$  do eixo, isto he até huma distancia igual ao semidiametro da esfericidade, a imagem no espelho concavo acha-se da parte da concavidade; e se approxima ao espelho desde o infinito ate o centro: e no convexo, a imagem se affasta pela parte posterior desde  $\frac{1}{8}$  até  $\frac{1}{6}$  do eixo.*

Porque vê-se que, em quanto  $d > \frac{1}{2}r$ , ou  $2d > r$ , a formula do espelho concavo nunca virá a ser negativa; por tanto a imagem estará sempre do lado da concavidade: e se se põe a formula em proporção  $d : 2d - r :: f : r$ , como  $d > \frac{1}{2}r$ , e  $< r$ , acha-se o antecedente  $d$  maior que o consequente  $2d - r$ ; logo  $f > r$ ; logo a imagem está situada além do centro. Se  $d = r$ , então  $2d - r = d$ , e  $f = r$ . Logo no espelho concavo, achando-se o objecto no centro, ahi deverá estar tambem a

imagem; quando no convexo, fazendo  $d = r$ , he  
 $f = \frac{1}{3} r$ .

144. Daqui se vê, porque, pondo-se hum olho  
 diante de hum espelho concavo entre  $\frac{1}{4}$  do eixo, e o  
 centro, não se pôde ver a imagem por modo algum:  
 ella então acha-se pela parte posterior do olho, e  
 existe no infinito, quando o olho está a  $\frac{1}{4}$  do eixo;  
 e vem do infinito ao centro, onde se confunde com  
 elle, logo que se affasta de  $\frac{1}{4}$  do eixo até o centro;  
 e então fica confundida com a imagem.

145. IV. *Augmentando-se a distancia do objecto  
 no espelho desde o semidiametro da esfericidade até  
 o infinito, a imagem se avança no espelho concavo  
 desde o centro até  $\frac{1}{4}$  do eixo, e se affasta pela parte*

*posterior do convexo desde  $\frac{1}{6}$  até  $\frac{1}{4}$ .* Porque, sendo  
 $r < d$  na proporção  $d : 2d - r :: f : r$ , he o ante-  
 cedente  $d < 2d - r$ , consequente: logo  $f < r$ . E se  
 $d = \infty$ , a formula geral dá  $f = \frac{1}{2} r$ .

146. THEOR. *Se hum arco de circulo OPQ,*  
 (Fig. 13, e 14) *concentrico a hum espelho esferico*  
*BAD, servir de objecto a este mesmo espelho. 1.º A*  
*imagem opq será tambem hum arco de circulo con-*

centrico; 2.º O raio desta imagem circular será maior ou menor, e por consequencia (Geom. L. IV. P. 11) a mesma imagem maior, ou menor, segundo es:iver mais, ou menos distante do centro  $C$  do espelho. 3.º Esta imagem achar-se-ha direita, isto he, sua situação será a mesma, que a do objecto, huma vez que a imagem, e o objecto estejam do mesmo lado em relação ao centro do espelho: pelo contrario será invertida, ou estará em huma situação opposta á do objecto, se o centro  $C$  se achar entre o objecto, e a imagem.

Porque, sendo  $OPQ$ , e  $BAD$  concentricos, as rectas  $OB$ ,  $PA$ ,  $QD$ , que passam pelo centro  $C$ , e sobre as quaes estão situadas as imagens  $o$ ,  $p$ ,  $q$  dos pontos  $O$ ,  $P$ ,  $Q$ , serão iguaes entre si: logo  $d$ , que exprime seu valor na formula geral, he huma quantidade constante, assim como tambem  $r$ : logo  $f$  he tambem huma quantidade constante; isto he as rectas  $oB$ ,  $pA$ ,  $qD$  são iguaes. Logo  $opq$ ,  $OPQ$ , e  $BAD$  são arcos concentricos.

147. Isto posto, he evidente 1.º que, quando a imagem, e o objecto estão do mesmo lado relativamente ao centro, como na (Fig. 14), a imagem se acha situada da mesma maneira que o objecto; por quanto cada ponto da imagem está sobre o mesmo semidiametro, que passa pelo ponto correspondente no objecto. Porém se a imagem está além do centro em relação ao objecto (Fig. 13), as rectas, sobre que se achão as imagens de cada parte do objecto, passão

necessariamente pelo centro do espelho, aquellas, que vinhão de hum ponto tomado acima do eixo, que passa pelo meio do objecto, se achão pela parte inferior, depois de ter passado pelo centro, e reciprocamente. Logo, se huma destas rectas, que estão acima deste eixo, vem da parte superior do objecto, o qual por consequencia se acha situado acima do eixo, a imagem desta parte deve estar pela parte inferior; porque ella só se forma sobre esta recta depois que passa pelo centro: logo esta imagem he invertida a respeito do objecto.

148. 2.º He tambem evidente que a imagem total de hum objecto, sendo encerrada entre linhas, que concorrem no centro, deve ser tanto menor, quanto mais proximo estiver do centro do espelho, e reciprocamente.

149. COROLL. I. No espelho convexo a imagem de hum objecto, formada em arco concentrico, he sempre direita; por quanto se acha sempre da parte de cá do centro, como tambem o objecto; e diminue á medida que elle se affasua; pois que então se aproxima cada vez mais do centro. No espelho concavo a imagem he direita, e se augmenta á medida que o objecto caminha da superficie do espelho

ao  $\frac{1}{4}$  do eixo; diminue, e he invertida logo que o

objecto vai de  $\frac{1}{4}$  do eixo para o centro; augmenta-se depois, e he ainda invertida desde que prin-

*cipia a afastar-se do centro ate o infinito.* He necessario notar , principalmente neste ultimo caso , que , se o objecto não se augmenta , mas só toma huma figura concentrica , á medida que se affasta , a sua imagem deve diminuir proporcionalmente.

150. COROLL. II. *Quanto menor for o raio da esfericidade do espelho, tanto menores serão as imagens, sendo tudo o mais igual.*

151. ADV. Este theorema não se póde rigorosamente applicar a todos os differentes objectos , expostos a hum espelho esferico : porém , suppondo-se os objectos assás pequenos , para que se possa tomar sua largura por hum arco concentrico , poder-se-ha , por meio dos principios dados neste artigo , fazer entender. 1.º Porque razão as imagens dos objectos , expostos a hum espelho esferico , são humas vezes maiores , outras menores do que os objectos. 2.º Porque são humas vezes direitas , e outras invertidas. 3.º Porque parecem approximar-se aos objectos , quando elles se affastão do espelho concavo , etc.

152. Vê-se tambem , que as imagens dos objectos , cuja superficie não he esferico-concentrica , devem ser tanto mais desfiguradas , ou tanto menos semelhantes aos objectos , quanto sua superficie for maior , e quanto o semidiametro da esfericidade do espelho for menor. Porque v. g. huma linha recta , exposta a hum espelho esferico , deve ter huma imagem curva ; pois que , achando-se os pontos desta recta a distancias desiguaes do espelho , suas imagens deverão achar-se da

mesma maneira ; mas estas desigualdades não estão em huma mesma relação. Estas imagens são tambem tanto mais desfiguradas , quanto os objectos estão mais proximos do quarto do eixo do lado do espelho concavo ; porque então as imagens são muito grandes , e hum pouco mais , ou menos distantes do espelho nas diferentes partes dos objectos , causa grandes differenças de distancia , e de grandeza em suas imagens.

### A R T I G O III.

*Appliação da theoria precedente aos espelhos planos.*

153. **H**E facil deduzir da formula geral as propriedades dos espelhos planos , suppondo que são esfericos , e que o semidiametro da esfericidade he infinito , isto he fazendo  $r = \infty$ . Então a formula  $f = \frac{dr}{2d - r}$  se torna em  $f = -d$ . O que faz ver que as imagens , vistas por meio de espelhos planos , se achão tão distantes pela parte posterior do espelho , quanto o objecto pela parte anterior , e que são sempre direitas. E porque nos espelhos esfericos a imagem de cada ponto de hum objecto está na recta , que passa por este ponto , e pelo centro , a qual he por consequência perpendicular á superficie do espelho ; a imagem de cada ponto de

hum objecto, posto diante de hum espelho plano, está na perpendicular tirada deste ponto sobre sua superficie. Finalmente, porque as perpendiculares, tiradas das extremidades do objecto sobre o espelho, são parallelas entre si, e não podem por consequencia reunir-se, senão a huma distancia infinita, onde se acha o centro da esfericidade, as imagens comprehendidas entre estas rectas são iguaes ao objecto em todas as suas dimensões.

\* *Add. do 2.ª Ed.* “ Seja  $DD'$  (Fig. 101) hum objecto,  $AB$  hum espelho plano, e  $O$  o ponto, onde se acha hum olho: sendo o angulo de incidencia igual ao de reflexão, será  $DMA = FMA$ ; logo os triangulos  $AMF$ , e  $AMD$  são iguaes; por consequencia  $AF = AD$ , isto he, os raios reflectidos ao olho, ou seus prolongamentos se encontram a huma distancia do espelho igual á do objecto sobre a mesma perpendicular do objecto ao espelho: he a mesma cousa a respeito dos raios vindos de  $D'$ : logo a imagem está situada pela parte posterior do espelho a huma distancia igual á do objecto; e he direita, pois que os raios se reflectem na mesma ordem, em que chegam á superficie do espelho.

„ Ora, sendo  $DF$ , e  $D'F'$  iguaes, e parallelas, he evidente que  $DD' = FF'$ , isto he que a imagem he igual ao objecto. Se o objecto tivesse alguma inclinação a respeito do espelho, ainda isto teria lugar, pois que teriamos de huma, e outra



„ parte trapezios perfeitamente iguaes, em lugar dos  
 „ rectangulos ADD'N, e AFF'N' „

154. Poderíamos semelhantemente deduzir outras propriedades geraes dos espelhos planos; porém, como elles são de hum grande uso familiar, convem muito entrar aqui em algumas indagações particulares.

155. THEOR. I. *Em hum espelho plano, posto horizontalmente, os objectos direitos parecem invertidos, e reciprocamente. Se o espelho tem alguma inclinação, os objectos tambem a tem em sentido contrario. Se a inclinação he de 45.º os objectos postos verticalmente parecem horizontalmente, e reciprocamente.*

Tudo isto se conclue, logo que se observe, que as partes de hum objecto, as mais proximas do espelho, tem suas imagens pela parte posterior tambem as mais proximas; e as mais distantes igualmente tem suas imagens pela parte posterior tambem mais distantes. Fazendo-se figuras particulares para todos os casos enunciados no theorema, achar-se-hão facilmente as suas demonstrações.

156. THEOR. II. *A direita da imagem de hum objecto, visto em hum espelho, parece a esquerda, e reciprocamente.*

Tambem facilmente se conclue; pois que as imagens são postas da mesma maneira, que os objectos: as imagens das partes da direita ficão á direita, etc. Ora, quando vemos a huma pessoa pela frente, sua

direita fica defronte da nossa esquerda, e reciprocamente. Estando assim acostumados a ver os objectos, quando queremos levar a mão á esquerda, vendo-nos em hum espelho, a levamos á direita; de maneira que he necessario hum habito particular para nos servirmos de hum espelho.

157. THEOR. III. *A imagem de hum objecto, posto parallelamente á superficie de hum espelho plano, parece occupar nelle hum espaço igual á metade daquelle, que o objecto occupa.*

DEM. Seja AB (Fig. 15) huma dimensão qualquer de hum objecto, parallello ao espelho IG; *ab* a imagem de AB; de hum ponto qualquer P, tomado sobre AB, tire-se *Pa*, e *Pb*: he claro que IE he a parte do espelho occupada pela imagem *ab*, e que, visto estar IG precisamente em igual distancia de AB e *ab*, he a parte IE metade de AB, ou *ab*.

158. SCHOLIO. Assim para nos vermos todos, em hum espelho, posto verticalmente, he necessario que este espelho tenha ao menos metade da altura, e largura daquelle, que se pertende ver; de maneira que, se hum observador, estando em pé, não poder ver senão huma parte da sua imagem, porque o resto lhe seja occulto pelas extremidades do mesmo espelho, não poderá já mais ver-se todo, ainda que se affaste, ou approxime delle.

159. THEOR. IV. *Se hum espelho girar sobre hum eixo, o movimento angular das imagens será duplo daquelle do espelho.*

DEM. Seja AB (Fig. 17) a posição do espelho, OE hum raio incidente, EF o reflectido; gire depois o espelho sobre hum eixo, que passe pelo ponto E, e tome a nova posição CD; então EG seria o raio reflectido. Digo que o angulo FEG, que exprime o movimento angular, ou a quantidade, de que o raio reflectido se apartou da sua primeira posição EF, he duplo de AEC, quantidade de movimento angular do espelho. Porque o catheto de incidencia está sempre a igual distancia do raio incidente, e reflectido, e como he sempre perpendicular ao espelho, tem o mesmo movimento angular, que elle. Logo se o movimento angular aproxima o espelho do raio incidente, deste se deve apartar outro tanto o catheto; e ao mesmo tempo o raio reflectido se affastará do catheto da mesma quantidade, para que elle exista sempre a igual distancia dos raios, incidente, e reflectido. Logo o raio incidente se achará affastado do reflectido de huma quantidade dupla do movimento angular do espelho.

160. SCHOLIO. Se a quantidade angular do movimento de hum espelho for igual a hum quarto de circulo, o raio reflectido descreverá hum semicirculo. E he por esta razão, que se dá hum movimento tão rapido ás imagens do Sol, apresentadas a hum espelho. Igualmente as imagens do Sol, reflectidas por huma agoa quasi estagnada, parecem sempre muito agitadas, principalmente quando ellas são recebidas hum pouco longe do ponto de incidencia, etc.

161. THEOR. V. *Os espelhos de vidro, estanhados pela parte posterior, apresentam duas imagens de hum mesmo objecto, huma anterior, e fraca, e outra mais affastada, e mais vivo, e a distancia destas imagens he igual ao dobro da espessura do vidro.*

Sendo a superficie anterior do vidro solida, e polida, he ella mesma hum espelho, que enviando todos os raios, que não atravessão o vidro, forma huma fraca imagem do objecto. Esta imagem he tanto mais sensivel, quanto mais obliquamente he observada, porque, quando he vista perpendicularmente, fica oculta, e confundida com a imagem viva, formada pela superficie estanhada. Se  $d$  exprimir a distancia do objecto á superficie anterior, e  $e$  a espessura do vidro, a distancia do objecto á imagem viva será  $(153) = 2d + 2e$ , e a da imagem fraca ao objecto  $= 2d$ .

162. THEOR. VI. *Postos tantos espelhos planos, como se quizer, em hum mesmo plano, elles não poderão mostrar de hum mesmo objecto mais do que huma imagem.*

Porque todos estes espelhos produzem o seu effeito, como se fossem hum só; e porque a imagem he vista sempre sobre o catheto de incidencia, tirado do objecto, e como senão póde tirar de hum ponto sobre hum plano mais do que huma recta perpendicular (Geom. L. 5. P. 4. Cor. 2), não se póde logo formar mais do que huma imagem.

163. THEOR. VII. *Se estiver hum olho em hum ponto I (Fig. 16) dentro de hum angulo qualquer ABC, formado por dois espelhos planos AB, IC, verá tantas imagens de hum mesmo objecto O, quantas perpendiculares se poderem abaixar successivamente do objecto, e de cada huma de suas imagens sobre cada espelho pela parte anterior do angulo B.*

DEM. I.º Tendo abaixado do objecto O o catheto OD sobre o espelho BC, e tomado a parte  $ND = NO$ , o ponto D será o lugar de huma imagem: porque, se do olho I se tira a recta ID, e se por  $g$ , onde ella encontra o espelho, se tira  $gO$ , será este o raio incidente, e  $Ig$  o reflectido, pelo qual o olho vê a imagem, que está em D, por causa dos triangulos rectangulos iguaes  $DgN$ ,  $OgN$ , que dão  $OgN = DgN = BgI$ . 2.º Se do ponto D se abaixa sobre o espelho AB a perpendicular DE, fazendo-se  $kE = kD$ , o ponto E será o lugar de huma segunda imagem, cujo objecto será a imagem D. Porque, sendo  $ON = ND$ , e os triangulos  $ONf$ ,  $DNf$  iguaes, o raio incidente  $Of$  se reflectirá por  $fi$ ; e por causa dos triangulos rectangulos iguaes  $Dki$ ,  $Eki$ , o raio  $fi$  se reflectirá por  $li$ , e chegará por consequencia ao olho em I. 3.º Se do ponto E se abaixa sobre o espelho BC o catheto EQ, e se se faz  $QF = QE$ , o ponto F será o lugar de huma terceira imagem, cujo objecto será a segunda imagem E. Porque, sendo os triangulos rectangulos iguaes  $OdN$ ,  $NDd$ ,  $Drk$ ,  $rkE$ ,  $FQb$ ,

*bQE*, vê-se que o raio incidente *Od* se reflecte em *dr*, depois em *rb*, e ultimamente em *bl*, onde toca o olho. 4.º Se do ponto *F* se abaixa a perpendicular *FG* sobre o espelho *AB*, ver-se-ha que ella passa além do ponto *B*, e que por consequencia não ha mais catheto de incidencia, nem imagem.

164. Semelhantemente se poderá fazer ver, que em *H* ha huma imagem do ponto *O*, vista pelo raio *Ih*, reflectido do incidente *Oh*: que em *K* ha huma segunda imagem, vista pelo raio *eI*, reflectido de *ct*, reflectido do incidente *Ot*: que em *L* ha huma terceira, vista pelo raio incidente *Ol*, reflectido em *la*, depois em *ak*, e ultimamente em *kl*. E que finalmente não ha mais imagem, porque a perpendicular *LM*, abaixada da ultima imagem, passa além do ponto *B* do espelho *CB*.

165. COROLL. I. He facil de ver pela construcção, que a primeira he vista por hum raio reflectido, a segunda por dois, a terceira por tres, etc.

166. COROLL. II. A distancia de cada imagem ao olho he igual á somma do seu raio incidente, mais a de seus raios reflectidos. Por exemplo,  $IF = Od + dr + br + bl$ . Porque  $IF = Ib + bF$ ,  $bF = bE = br + rE$ , e  $rE = rD = dr + dD$ , em fim  $dD = dO$ : logo  $IF = Od + dr + br + bl$ . Assim as imagens se repetem á medida que se affastão.

167. COROLL. III. A primeira imagem he mais viva do que a segunda, a segunda mais do que a terceira, e assim por diante; não só porque a

intensidade da luz decresce em toda esta marcha , mas ainda porque se perde huma quantidade considerável de raios em cada reflexão.

168. COROLL. IV. *Quanto maior for o angulo dos dois espelhos, tanto menor será o numero das imagens.* Porque , afastando-se os cathetos de incidencia , huns dos outros , por hum movimento angular igual ao dos espelhos , elles se approximarão cada vez mais do vertice do angulo , e passarão successivamente por fóra , onde não podem já mais formar imagens. Assim quanto maior he o angulo dos espelhos , tanto mais as imagens parecem approximar-se delle para se confundirem , e depois occultarem-se pela parte posterior ; de maneira que , quando o angulo se faz recto , não póde haver mais do que duas imagens , a saber , huma sobre cada espelho ; e quando se torna em hum angulo infinitamente obtuso , não póde haver mais do que huma , porque (162) o numero dellas depende sempre do numero das perpendiculares , que se podem abaixar do objecto , ou das imagens sobre os dois espelhos.

169. COROLL. V. *Se dois espelhos forem parallelos , e infinitamente extensos , o objecto terá huma infinidade de imagens ; porém ellas hirão sempre afastando-se , e enfraquecendo , e se tornarão insensíveis.*

## ARTIGO IV.

*Dos espelhos cylindricos , conicos , etc.*

170. **O**S espelhos cylindricos , conicos , prismaticos , e pyramidaes só servem de puras curiosidades ; elles desfigurão os objectos , que se lhes apresentam , e fazem parecer regular a imagem de hum objecto todo desfigurado.

171. Os espelhos prismaticos , e pyramidaes , sendo espelhos planos , verticaes , e inclinados , não necessitão de huma explicação particular. Os cylindricos devem ser considerados , como huma reunião de espelhos em parte planos , e rectos , e em parte esfericos ; e os conicos , como em parte planos , e inclinados , e em parte esfericos ; de sorte que , combinando-se as propriedades dos planos com a dos esfericos , se conceberão facilmente as razões das desfigurações das imagens regulares ; e reciprocamente.

172. Por exemplo , apresentando-se verticalmente hum objecto regular a hum espelho , posto tambem verticalmente , vê-se que todas as suas dimensões verticaes não devem ser desfiguradas , a qualquer distancia do espelho , em que esteja o objecto ; pois que ellas são apresentadas a espelhos planos , e verticaes ; porém que as dimensões horisontaes devem ser desfiguradas á proporção que ellas deixão de ser mais , ou



menos concentricas ao espelho, e que estão a distancias mais desiguaes (152), pois que ellas são apresentadas a espelhos esfericos. Assim as imagens das diferentes partes deste objecto, sendo humas regulares, e outras não, o seu ajuntamento faz hum figura muito irregular, e desconhecida.

173. Eis-aqui hum methodo de desenhar sobre hum plano hum objecto desfigurado, de sorte que, pondo-se verticalmente hum espelho cylindrico em hum lugar notado neste plano, pareça direito, e regular, visto de hum ponto dado.

Sobre hum plano separado faça-se o desenho deste objecto regularmente, e com todas as dimensões, que deve ter; porém de maneira, que a sua maior largura não exceda ao comprimento da corda de hum arco de  $130$  a  $140^\circ$  do cylindro. Encerre-se este desenho em hum parallelogrammo (Fig. 18) rectangulo  $AFKa$ , (que os Francezes chamão *Ponsif*.) Divida-se este rectangulo em muitos pequenos quadrados, ou outros rectangulos iguaes, a fim de dividir o desenho em muitas pequenas partes. Sobre o plano dado descreva-se o lugar, onde deve estar posta a base do cylindro; que vem a ser hum porção do circulo  $FTK$  (Fig. 19), cujo raio deve ser igual ao da base do cylindro, e tire-se hum corda  $FK$ , igual ao lado do rectangulo, que corresponde á base da figura desenhada. Divida-se tambem a corda  $FK$  do mesmo modo que a recta  $FK$  do rectangulo. Pelo ponto  $H$ , meio da corda  $FK$ , tire-se hum perpendicular  $HO$ ,

que se termine em O, ponto acima do qual se pertende, que esteja posto o olho para ver o cylindro. Do ponto O pelas divisões da corda FK tirem-se as rectas [indefinidas OA', Og', Oh', Oi', Ok', sobre humas quaes, como OF, se eleve hum perpendicular OV, igual á altura, em que se pertende que esteja o olho acima do ponto O, isto he, acima do plano do desenho desfigurado. Sobre a mesma recta OF, e do ponto F, onde ella corta KF, se eleve hum perpendicular AF, igual ao lado AF do *Ponsif*, e dividida do mesmo modo. Por V, e pelos pontos de divisão de AF se tirem as rectas indefinidas VF, VE', VD', VC', VB', VA', que vão encontrar a recta AO' em certos pontos, pelos quaes se tirem parallelamente a FK as rectas E'e', D'd', C'c', B'b', A'k', e ter-se-ha, segundo as leis da Perspectiva, hum trapezio KFA'k', que he a perspecriva do rectangulo AK, visto do ponto, onde deve estar posto o olho para ver o objecto no cylindro, isto he, visto de hum ponto elevado acima de O de huma quantidade igual a OU.

Pelo centro Q do arco FTK da base do cylindro, e pelos pontos de incidencia F, S, T, K, onde as rectas, ou raios reflectidos OF, OG, OI, OK encontrão este arco, tirem-se os cathetos de incidencia QL, QP, QR, QX, depois as rectas indefinidas Fa, Sg, Ti, Kk, que fação os angulos  $aFL = OFL$ ,  $gSP = OSP$ ,  $iFR = OTR$ ; e  $kKX = OKX$ , e que vem a ser (133) os raios reflectidos. Sobre estas rectas fação-se as divisões das rectas correspon-

dentes do trapesio perspectivo, isto he, das rectas  $FA'$ ,  $Sg'$ ,  $Mh'$ ,  $Ti'$ ,  $Kk'$ ; e por todos os pontos, assim achados, fação-se passar curvas, que são quasi arcos de circulo concentricos, cujo centro he  $H$ , e que representão as rectas  $Aa$ ,  $Bb$ ,  $Cc$ ,  $Dd$ ,  $Ee$ ,  $FK$  do rectangulo, do mesmo modo que  $Fa$ ,  $G'g$ ,  $H'h$ ,  $I'i$ ,  $Kk$  representão os lados  $FA'$ ,  $Gg$ ,  $Hh$ ,  $Ii$ ,  $Ka$ , e que finalmente cada hum dos espaços, ou trapesios mixtilineos, representão pequenos quadrados, ou rectangulos do Ponsif. Logo se se põe o cylindro sobre o arco  $FTK$ , e o olho no ponto de vista determinado, ver-se-ha huma imagem regular do rectangulo.

Por consequencia referindo sobre cada trapesio mixtilineo as partes da figura desenhada em cada quadrado, ou rectangulo correspondente no Pontif, ter-se-ha a figura, que se procurava.

## CAPITULO III.

*Da Dioptrica.*

## ARTIGO PRIMEIRO.

*Das imagens , ou dos fôcos por huma simples refracção.*

174. PROB. *S*endo dados hum objecto O (Fig. 20 , e 21) de posição a respeito de huma superficie refrangente-esferica BAI, o raio da esfericidade AK, e a relação do seno de incidencia para o do angulo quebrado, on refracto , achar o lugar P da imagem , formada pela refiacção.

Seja a relação dada como a de  $p : q$ . Pelo objecto O , e pelo centro K tire-se huma recta indefinida OA, que vem a ser o eixo da esfericidade , que passa pelo objecto O. Seja OI hum raio incidente , infinitamente proximo do eixo OA; tire-se do centro K ao ponto de incidencia I hum semidiametro KI, que será o catheto de incidencia. Sobre o raio incidente

OI, prolongado, se for necessario, abaixe-se do centro à perpendicular KG, que será o seno do angulo de incidencia OIN, ou KIG: faça-se a proporção  $p : q :: HG$  hum quarto termo, com o qual, como semi-diametro, descreva-se do centro K hum arco, ao qual se possa do ponto I tirar huma tangente IH, que hirá cortar o eixo OA no ponto procurado P. Porque, abaixando-se huma recta KH ao ponto de contacto, vê-se que ella he o seno do angulo KIP, o qual por consequencia he o angulo quebrado do raio incidente OI. E porque se tem a mesma construcção para todos os raios, que vem do ponto O sobre a superficie do vidro, infinitamente perto do ponto A, segue-se que elles se quebrão de sorte, que são dirigidos todos ao ponto P, onde se acha por consequencia o fóco, ou a imagem.

175. Para termos huma expressão analytica de AP (Fig. 20), seja AO, ou OI =  $d$ , o raio da esfericidade KI, ou KA =  $r$ , AP, ou IP =  $f$ . Pela construcção precedente temos  $p : q :: KG : KH$ ; logo

$$KG = \frac{p \cdot KH}{q}.$$

Ora suppondo-se a recta OI infinitamente proxima de AO, o arco AI vem a ser huma

recta perpendicular ao eixo AO; os triangulos rectangulos AOI, OKG são semelhantes, assim como tambem PAI, PKH; logo  $OK : OI :: KG : AI = \frac{OI \cdot p \cdot KH}{OK \cdot q}$ . Temos mais  $KH : AI :: PK : PI$ , ou

PA. Logo  $PA = \frac{OI. p. PK}{OK. q}$ . Substituindo-lhe os va-

lores analyticos, temos  $f = \frac{dpr}{dp - q(d + r)} =$

$\frac{dpr}{d(p - q) - rq}$ ; formula, que convem a hum obje-

cto perto do lado da convexidade. Para reduzir ao outro caso (Fig. 21), basta notar, que o raio se deve tomar em sentido contrario, e que por consequencia se deve fazer  $r$  negativo nas formulas antecedentes, que

darão  $f = \frac{dpr}{d(q - p) - rq} = \frac{dpr}{q(d - r) - dp}$ .

176. Pódem-se fazer sobre estas formulas as mesmas reflexões, que acima (135). E ainda mesmo applicar o theorema do n.º 146 com a sua demonstração, e seus corollarios, o que se supporá para diante.

## ARTIGO II.

*Da marcha das imagens, correspondentes a hum objecto, na passagem da luz, do ar para o vidro, e reciprocamente.*

Como o uso mais importante da Dioptrica he o conhecimento das leis, que segue a luz na passagem do ar para os vidros, e reciprocamente; para termos huma idéa, exacta do effeito das Lunetas, Telescopios, e Microscopios, applicaremos aqui, para exemplo, as duas formulas precedentes.

177. Na passagem do ar para o vidro  $p = 31$ , e  $q = 20$ ; as duas formulas se reduzirão logo a  $f =$

$$\frac{31 dr}{11 d - 20 r} \text{ para as superficies convexas, e } f =$$

$$\frac{31 dr}{- 11 d - 20 r} \text{ para as concavas.}$$

178. Seção dois meios infinitamente extensos, hum d'ar, e outro de vidro, homogeneos cada hum na sua especie, separados sómente por huma superficie esférica. Supponha-se tambem que esta seja convexa do lado do ar, e que ahi se acha hum pequeno objecto luminoso, o qual se vai affastando até o infinito, atravessando o ar em huma direcção perpendicular a

esta superficie; pela formula  $f = \frac{31 dr}{11 d - 20 r}$  se

determinará, como se fez para os espelhos esféricos (n.º 140, etc.), todas as circunstanCIAS da marcha da imagem deste objecto, segundo os diferentes valores de  $d$ , que se exprimirão em partes, das quaes  $r$  se tomará por unidade.

Assim desde  $d = \frac{1}{\infty} r$  até  $d = \frac{20}{11} r$ ,  $f$  será sempre negativo; e seu valor crescerá até o infinito; por consequencia a imagem estará sempre fóra do vidro, do mesmo lado, que o objecto; por quanto no calculo desta formula se suppôz, que  $f$  positivo exprimia a distancia da superficie refrangente á imagem, posta dentro della: esta imagem será tambem direita (149), e hirá affastando-se desta superficie até o infinito, e os raios, que penetrão o vidro, determinarão o seu lugar pelo concurso das suas direcções, e serão cada vez menos divergentes, até se fazerem parallellos. Desde  $d = \frac{20}{11} r$  até  $d = \infty r$ ,  $f$  será sempre positivo; a imagem se formará dentro do vidro, e invertida; ella virá do infinito para a superficie refrangente até á distancia de  $\frac{31}{11} r$ , e será formada pelos raios, que penetrão o vidro, os quaes passarão do parallelismo a huma emergencia cada vez maior.

179. Sendo a superficie, que separa os meios, concava da parte do ar, então a formula  $f =$



$\frac{31 \cdot dr}{-11d - 20r}$  fará ver, que, qualquer que seja a distancia do objecto a esta superficie, ou qualquer que seja o valor de  $d$ , sempre será  $f$  negativo; logo a imagem estará sempre fóra do vidro, e será direita; que crescendo  $d$  desde  $\frac{1}{\infty} r$  até  $\infty r$ ,  $f$  crescerá desde o infinitamente pequeno até  $\frac{31}{11} r$ ; logo a imagem hirá affastando-se desde a superficie refrangente até a distancia de  $\frac{31}{11} r$ , e os raios, que penetrão o vidro, serão cada vez mais divergentes.

180. Se tivéssemos supposto o objecto dentro do vidro sobre a superficie, que separa os dois meios, e que sua marcha se fazia tambem interiormente, então  $p = 20$ , e  $q = 31$ ; por tanto a formula para a superficie convexa seria  $f = \frac{20 \cdot dr}{-11d - 31r}$ , e para a concava  $f = \frac{20 \cdot dr}{11d - 31r}$ .

Logo, se se suppõe o objecto perto sobre huma superficie convexa, he claro que, por hum calculo semelhante aos precedentes, huma vez que o objecto se aparte ao infinito, a imagem será direita, existirá dentro do vidro, e se affastará da superficie commum

até á distancia  $\frac{20}{11} r$ , de maneira que os raios, que passarem para o ar, virão a ser cada vez mais divergentes.

181. Finalmente, se o objecto estiver posto sobre huma superficie concava, a formula  $f = \frac{20 dr}{11 d - 31 r}$  fará ver, que  $f$  he negativo em todos os valores de  $d$ , desde  $d = \frac{1}{\infty} r$  até  $d = \frac{31}{11} r$ ; que a imagem he direita, que existe dentro do vidro, e que se affasta da superficie refrangente até huma distancia infinita; que os raios, passando para o ar, são cada vez menos divergentes até que vem a ser parallellos: porém desde  $d = \frac{31}{11} r$  até  $d = \infty r$ ,  $f$  he positivo, a imagem invertida, e se aproxima da superficie refrangente desde o infinito até á distancia  $\frac{20}{11} r$ ; assim os raios, entrando no ar, são cada vez mais convergentes.

Póde-se, como neste exemplo, examinar a marcha da imagem de hum objecto em relação a dois meios, hum d'ar, e outro d'agoa, ou hum de vidro, e outro d'agoa.\*

Grandeza da imagem.

\* *Adl. do Ed.* Determinemos a grandeza da imagem de hum objecto na passagem da luz, do ar para o vidro.

“ I. CAS. Supponha-se que a superficie, que se-  
 „ para os meios, he convexa do lado do ar.

„ Seja DD' (Fig. 102) hum objecto, cujas extre-  
 „ midades se suppõe muito pouco apartadas do eixo  
 „ AC; AA' a superficie, que separa os dois meios  
 „ refrangentes, convexa do lado do ar, onde se sup-  
 „ põe mover-se o objecto; FF' a grandeza da ima-  
 „ gem, determinada pelos pontos F, e F', onde os  
 „ raios, que vem de D, e D', cortão os eixos AC,  
 „ A'C depois de refractos. Dos triangulos semelhan-  
 „ tes DCD', FCF', se tira a proporção FF' : DD' ::

„ CF : CD ; donde  $\frac{FF'}{DD'} = \frac{CF}{CD}$ , relação da grandeza

„ da imagem para a do objecto. Ora  $CF = AF -$   
 „  $AC = f - r$ ,  $CD = d + r$ ; substituindo por  $f$

„ seu valor  $\frac{31 dr}{11 d - 20 r}$ , teremos  $\frac{FF'}{DD'} = \frac{\frac{31 dr}{11 d - 20 r}}{r + d} = r$

„  $\frac{20 r}{11 d - 20 r}$ .

„ Logo, sendo a relação da grandeza da ima-

„ gem para a do objecto igual a  $\frac{20r}{11d - 20r}$ , se  
 „ se fizer  $d = 0$ , ella se reduzirá á unidade, isto  
 „ he, se o objecto estiver sobre a superficie de sepa-  
 „ ração dos meios, a imagem será igual ao objecto.  
 „ Desde  $d = 0$  até  $d = \frac{20}{11}r$ , esta relação crescerá  
 „ desde a unidade até o infinito; isto, he affastan-  
 „ do-se o objecto da superficie até huma distancia  
 „ igual a  $\frac{20}{11}r$ , a imagem crescerá desde huma  
 „ quantidade igual ao objecto até huma infinitamente  
 „ grande. Desde  $d = \frac{20}{11}r$  até  $d = \infty$ , a relação di-  
 „ minue desde  $\infty$  até zero, e a imagem decresce  
 „ desde huma infinitamente grande até huma infini-  
 „ tamente pequena.

„ II CAS. Supponha-se agora a superficie de  
 „ separação concava do lado do ar.

„ Seja (Fig. 103) AA' huma porção da superficie  
 „ esferica, cujo raio he AC, e tudo o mais o mes-  
 „ mo, como na (Fig. 102); semelhantemente teremos  
 „  $FF' : DD' :: CF : CD$ , donde  $\frac{FF'}{DD'} = \frac{CF}{CD}$ ; ora  
 „  $CD = AD - AC = d - r$ ,  $CF = AF - AC =$

„ — (1)  $f = r$ , e  $f = \frac{31 dr}{-11d - 3pr}$ ; logo  $\frac{FF'}{DD'} =$

„  $\frac{20 r}{11 d + 20 r}$ ; formula, que exprime a relação da

„ grandeza da imagem para a do objecto. Se se fizer  
 „  $d = 0$ , esta relação se reduzirá á unidade, isto he,  
 „ achando-se o objecto sobre a superficie de separa-  
 „ ção, a imagem será igual a elle. Desde  $d = 0$  até  
 „  $d = \infty$ , ella decrescerá desde a unidade até zero;  
 „ logo o objecto, caminhando da superficie ao infini-  
 „ to, a imagem diminuirá desde huma quantidade  
 „ igual a elle até huma infinitamente pequena.

*Grandeza da imagem, suppondo o objecto posto dentro do vidro, e que sua marcha se faz neste meio.*

„ I. CAS. Supponha-se convexa a superficie op-  
 „ posta ao vidro.

„ Seja AA' (Fig. 104) huma porção da superfi-  
 „ cie, cujo raio he AC; DD', FF' representem o mes-  
 „ mo que precedentemente. Ora (180)  $AF = f =$   
 „  $\frac{20 dr}{-11d - 20r}$ . Temos  $FF' : DD' :: CF : CD$ ;  $CD =$

(1)  $F$  he aqui tomado negativamente, por quanto está de cá do ponto A, relativamente a D.

»,  $AC + AD = d + r$ ; donde  $\frac{FF'}{DD'} = \frac{r - f}{d + r} =$

»,  $\frac{31r}{11d + 31r}$ , relação da grandeza da imagem para  
 », a do objecto. Se se fizer  $d = 0$ , ella se reduzirá á  
 », unidade, isto he, achando-se o objecto sobre a su-  
 », perfcie do vidro, a imagem será igual a elle. Des-  
 », de  $d = 0$  até  $d = \infty$ , a relação diminuirá desde a  
 », unidade até zero, isto he, caminhando o objecto da  
 », superficie dos meios ao infinito, a imagem decres-  
 », cerá desde huma quantidade igual a elle até huma  
 », infinitamente pequena.

», II. CAS. Supponha-se agora concava a superfi-  
 », cie opposta ao vidro.

», AA' será a superficie, que separa os dois meios  
 », DD' o objecto, FF' a imagem, etc. Temos (Fig.  
 », 105, e 106)  $FF' : DD' :: CF : CD$ ; donde  
 »,  $\frac{FF'}{DD'} = \frac{CF}{CD}$ ; ora  $CD = AD - AC = d - r$ , e

», (180)  $AF = f = \frac{20dr}{11d - 31r}$ , e (Fig. 105)  $CF =$

»,  $AC + AF = f + r$ . (Fig. 106)  $CF = -(f + r)$ ,  
 », que só faz mudar de signal, o que não influe so-  
 », bre a grandeza, mas sómente he relativo á posição  
 », de CF; substituindo por CF seu valor, como tam-  
 », bem por CD, teremos  $\frac{FF'}{DD'} = \frac{f + r}{d - r} = \frac{31r}{11d - 31r}$ ;  
 », expressão da relação da grandeza da imagem

„ para a do objecto. Se se fizer  $d = 0$ , ella vi-  
 „ rá a ser  $= -1$ , isto he, achando-se o obje-  
 „ cto sobre a superficie do vidro, a imagem será igual  
 „ a elle, e existirá sobre a superficie interior do mes-  
 „ mo vidro. Desde  $d = 0$  até  $d = \frac{31}{11} r$ , esta relação  
 „ augmentará desde  $-1$  até o  $\infty$ , isto he, affastan-  
 „ do-se o objecto da superficie a huma distancia  $=$   
 „  $\frac{31}{11} r$ , a imagem (Fig. 105) crescerá desde huma  
 „ quantidade igual a elle até huma infinitamente  
 „ grande, e existirá sempre dentro do vidro; final-  
 „ mente desde  $d = \frac{31}{11} r$  até  $d = \infty$ , a relação di-  
 „ minuirá desde  $\infty$  até zero; e por consequencia a  
 „ imagem decrescerá desde huma quantidade infinita-  
 „ mente grande até huma infinitamente pequena, e  
 „ achar-se-ha situada no ar, direita, ou invertida,  
 „ segundo receber o olho a impressão dos raios, an-  
 „ tes, ou depois do seu encontro. Póde-se ainda no-  
 „ tar que quando  $d = \frac{2 \cdot 31}{11} r$ , a imagem tornará  
 „ a vir a ser igual ao objecto.

„ Se a superficie, que separa os dois meios,  
 „ vem a ser hum plano, então o raio da curvatura  
 „ virá a ser infinito, e a formula  $f = \frac{dpr}{dp - q(d+r)}$

„ se tornará em  $f = \frac{-dp}{q}$ . Se se faz  $p = 31$ , e

„  $q = 20$ ,  $f = \frac{-31 d}{20}$ ; logo, movendo-se o obje-

„ cto no ar, como temos supposto, a imagem se

„ achará mais affastada da superficie que do objecto

„ na razão de 31 : 20; a relação da grandeza da ima-

„ gem para o do objecto será a unidade, com tanto

„ que  $d$  não seja  $\infty$ . Suppondo o objecto mover-se

„ no vidro,  $p = 20$ ,  $q = 31$ , e  $f = \frac{-20 d}{31}$ ; isto

„ he, a imagem achar-se-ha mais perto da superficie

„ do que do objecto, na razão de 20 : 31, e do mes-

„ mo lado que elle. „

### A R T I G O III.

*Das imagens, feitas por huma dupla refração.*

**N**O uso dos vidros ha ordinariamente huma dupla refração; huma á entrada, e outra á sahida.

182. PROB. I. Sendo dadas as dimensões de huma lente qualquer  $AB$  (Fig. 22), e a posição de hum objecto  $O$  sobre o eixo commum da esfericidade das duas superficies, cujos centros são  $C$ , e  $K$ , achar o ponto  $F$  deste eixo, onde hum raio



OI, infinitamente proximo de AO, o vai cortar depois de duas refrações, huma em I, e outra em T.

*Soluç.* Seja  $AO = d$ ,  $BC = R$ ,  $AK = r$ ,  $BF = x$ ,  $BP = z$ ; a figura faz ver que P he o ponto, em que o eixo he encontrado pela direcção do raio incidente OI, depois da primeira refração em I; seja  $AB = e$ , espessura da lente. Seja a relação dos senos de incidencia, e refração á entrada como  $p : q$ , e a sahida como  $q : p$ . Sejam finalmente  $CD = m$ ,  $KG = n$ . Pela construcção da figura temos  $p : q :: KG$  ou  $n : KH = \frac{nq}{p}$  e  $q : p :: CD$  ou  $m : CE = \frac{mp}{q}$ .

Isto posto, pela semelhança dos triangulos rectangulos AOI, e OKG, temos  $OG$ , ou  $OK : AO :: KG : AI = \frac{d \cdot n}{d + r}$ , e pela semelhança de PAI, e

PKH temos  $PA : PH :: AI : KH$ , logo  $\frac{nq}{p} (z + e) =$

$$\frac{dn}{d + r} (z + e - r), \text{ ou } \frac{dnz + den - dnr}{d + r} =$$

$$\frac{nqz + enq}{p}; \text{ donde se tira } z = \frac{deq + eqr + dpr - dep}{dp - dq - rq}.$$

Pela semelhança dos triangulos PCD, e PBF, temos

$$PD : BP :: CD : BF = \frac{mz}{z + R}.$$

Finalmente, dos triangulos FCE, FBT se tira  $FC : FB : CE : BT$ ; logo

$$\frac{mz}{z+R} (x+R) = \frac{pxm}{q}, \text{ e } z = \frac{pxR}{qx + qR - px};$$

os dois valores de  $z$  nos dão huma equação, donde se tira

$$x =$$

$$\frac{dpqRr + deq^2R - depqR + eq^2rR}{dp^2R - dpqR - pqrR - deq^2 - dpqr + 2depq - dep^2 + d_1^2r - eq^2r + epqr}$$

183. Esta equação geral se reduz a huma expressão muito mais simples, segundo os casos, a que se applica. Porque, se se trata de huma lente de vidro,  $p = 31$ ,  $q = 20$ , e a formula precedente se torna em  $x =$

$$\frac{620drR - 220deR + 400erR}{341dR + 341dr - 620rR - 121de + 220er}$$

e  $= 0$ , desprezando a espessura do vidro,  $x =$

$$\frac{620drR}{341dR + 341dr - 620rR} = \frac{20drR}{11dR + 11dr - 20rR}; \text{ final-}$$

$$\text{mente, se } R = r, x = \frac{10dr}{11d - 10r}.$$

184. ADV. I. Sendo dado o arco  $I$ , comprehendido entre o ponto  $A$  do eixo commum, e o ponto  $I$ , onde o raio obliquo  $OI$ , que vem do ponto  $O$ , toca a superficie esferica, póde-se calcular pela Trigonometria rectilinea o verdadeiro ponto  $F$ , onde o raio  $OI$  encontra o eixo commum depois das suas duas refrações.

Porque, no triangulo  $OKI$  conhece-se  $OK$ ,  $KI$ , e o angulo  $AKI$ ; logo teremos  $OI$ , e o angulo  $KIO$ , cujo suplemento he  $KIG$ . No triangulo rectangulo

IKG tem-se IK, e o angulo KIG; logo se calculará KG. Faremos depois  $p : q :: KG : KH$ , e no triangulo rectangulo KIH, tendo KI, e KH, facilmente se calculará KIH. No triangulo KIP, tem-se IK, e os angulos IKP, e KIP; logo teremos KP, e o angulo KPI. No triangulo PCD, rectangulo em D, tem-se  $PC = PK + AK + BC - AB$ , e o angulo CPD, que dará PCD; logo teremos CD. Faça-se  $q : p :: CD : CE$ . Depois no triangulo rectangulo CTD conhece-se CT, e CD, o que nos dará TCD. No triangulo CTE tem-se CT, e CE, donde se achará ETC, cujo supplemento he CTF. Finalmente em CTF tem-se CT, e os angulos CTF, e  $FCT = PCD - TCD$ ; logo teremos CF, e por consequencia  $BF = CF - BC$ .

Se o objecto O estiver a huma distancia infinita, o calculo se tornará muito mais simples; porque, sendo OI paralelo ao eixo commum, o angulo  $KIG = AKI$ , que he medido pelo arco dado AI.

185. ADV. II. Pelo calculo precedente, ou ainda mesmo por huma simples construcção geometrica, he facil de ver que, quando o raio OI toca a superficie esferica a qualquer distancia do ponto A do eixo commum, a curvatura do arco AI o aproxima do mesmo eixo: o que faz que o ponto F, onde elle o corta, está mais perto de B, á proporção que o arco he de hum maior numero de grãos.

186. PROB. II. Sendo dadas as dimensões de huma lentilha qualquer AD (Fig. 25), cujos centros

são  $C$ , e  $K$ , e a posição de hum objecto  $O$ , fóra do eixo  $BK$ , mas tão affasta o da lençilha, quanto o ponto  $B$ , que está no eixo; achar o ponto  $F$ , onde os raios de luz, vindos do ponto  $O$ , se reuñem, depois de terem atravessado a lençilha.

*Soluç.* Pelo ponto  $O$ , e pelo centro  $K$ , tire-se  $OK$ , que será hum eixo de esfericidade da primeira superficie  $ALD$ . Todos os raios (174), vindos do ponto  $O$ , que tocão esta superficie, cuja extensão se suppõe de hum muito pequeno numero de grãos, tendem a concorrer em hum ponto  $P$ , tomado sobre este eixo, (este ponto se determina pela formula do N.º 175), da mesma sorte que todos os raios, vindos do ponto  $B$ , tendem a se reunir em  $p$ . Póde-se agora contemplar o ponto  $P$ , como hum objecto, posto em huma massa de vidro, donde partem os raios, que vem tocar a superficie  $ATD$ ; logo, tirando por  $P$ , e por  $C$ , centro de convexidade desta superficie, huma recta  $PC$ , que seja o eixo, todos os raios, vindos do ponto  $P$ , devem (174) refranger-se nesta superficie, de sorte que se dirijão a hum mesmo ponto da parte de cá de  $T$ , como  $F$ , (o qual se determina pela formula do N.º 175); da mesma sorte que o ponto  $p$ , sendo huma primeira imagem do objecto  $B$ , formada pela refração sobre a superficie  $ALD$ , vem a ser hum objecto a respeito da superficie  $ATD$ , que, por huma segunda refração, forma em  $f$  huma imagem do objecto  $p$ , ou huma segunda imagem do objecto  $B$ .

187. COROLL. I. Desprezando a espessura do vidro, e suppondo, que os pontos B, e O estão a iguaes distancias d'elle, he claro que os pontos  $p$ , e P o estarão tambem, por quanto se acha cada hum pela mesma formula, e com dados iguaes; pela mesma razão os pontos  $f$ , e F estarão igualmente distantes do vidro.

188. COROLL. II. O que acabamos de dizer do ponto O, podendo-se applicar a todos os pontos da superficie visivel de hum objecto, ver-se-ha a formação de suas imagens inteiras, as quaes são figuras quasi semelhantes á das superficies visiveis dos mesmos objectos.

189. COROLL. III. Quando todas as partes de hum objecto muito extenso, ou ainda mesmo muitos objectos, estão a huma mesma distancia do vidro, suas imagens devem-se pintar distinctamente em huma muito grande porção da esfera, que tem por centro o vidro.

190. COROLL. IV. *He bastante por tanto calcular, por meio das formulas precedentes, a posição da imagem do ponto de hum objecto, que está no eixo dos vidros, para ter a da imagem inteira do objecto.*

191. COROLL. V. Vê-se tambem, pela construcção precedente, que, quando o objecto OB se acha muito distante, para que a imagem se faça da outra parte de hum dos raios de convexidade do vidro, esta imagem he invertida; isto he, suas partes se achão

em huma posição opposta á das partes correspondentes do objecto.

192. ADV. A experiencia mostra, que a extensão, em que se vem distinctamente as imagens dos objectos, apresentados a huma lentilha, he muito consideravel. Porque, se em huma casa escura (como fica dito no n.º 5) se az huma abertura de duas, ou tres polegadas, e se põe hum vidro convexo, ver-se-ha sobre hum cartão branco, posto a huma distancia proporcionada ao comprimento dos raios de convexidade, e ao afastamento dos objectos, imagens invertidas de todos os objectos, expostos á abertura, com côres tanto mais vivas, quanto mais illuminados elles forem; e todas estas imagens serão assás distinctas, ainda que ellas sejam em maior numero, com tanto que representem objectos situados perto do eixo da lentilha.

193. THEOR. Quando as duas superficies de huma lentilha convexa, ou concava tiverem iguaes raios de esfericidade, entre todos os raios de luz, que, partindo de hum ponto  $O$  (Fig. 23, e 24), tomado fóra do eixo, vierem tocar a superficie desta lentilha, aquelle, que passar pelo ponto  $I$  do eixo, que está no meio da espessura do vidro, sahirá depois de suas duas refrações em huma direcção  $TF$  parallelá a  $OD$ . He a razão, porque adiante a chamaremos raio principal.

DEM. Sendo os dois arcos  $ALD$ , e  $ATD$  iguaes, e de hum mesmo raio, a figura da lentilha será

hum polygono symmetrico de huma infinidade de lados, cujo centro será I; donde se segue, que o raio de luz TL, que passa por I, se termina em dois lados parallellos, e iguaes, cujas posições são determinadas pelas tangentes LG, e HT. Logo este raio deve-se refranger igualmente de huma, e de outra parte; isto he o angulo quebrado ILO deve ser igual ao angulo quebrado ITF, e por conquncia (Geom. L. I. P. 25. Sch.) as direcções MO, TF devem ser parallelas.

194. COROLL. I. *Se o vidro for plano de hum lado, e convexo, ou concavo do outro, então o raio principal será aquelle, que entrará no vidro, ou que sahirá pelo vertice da curvatura, segundo esta for dirigida, ou opposta ao objecto: porque o vertice da curvatura he hum plano infinitamente pequeno, parallello á superficie plana da lentilha.*

195. COROLL. II. *Desprezando a espessura da lentilha, o raio principal sahirá no mesma direcção, em que tiver entrado; ou, que vem a ser o mesmo, todo o raio obliquo á lentilha, que tende ao ponto do seu eixo, que está no meio da espessura, a atravessará em linha recta sem soffrer refração alguma.*

## ARTIGO IV.

*Da marcha, e situação das imagens, formadas por huma dupla refração.*

196. I. **S**Endo huma lentilha igualmente convexa de hum, e de outro lado, se se suppõe hum pequeno objecto luminoso, posto sobre huma das superficies no ponto, onde ella he encontrada pelo eixo commum de esfericidade, e que depois este objecto se affasta do vidro ao infinito, sem com tudo sahir do eixo commum, he claro, pela formula  $x = \frac{10 dr}{11 d - 20 r}$  (183), que a imagem existirá sempre no mesmo eixo; que, por ser  $x$  negativo nesta formula, e crescente em todos os valores de  $d$  desde  $d = \frac{1}{\infty} r$  até  $d = \frac{10}{11} r$ , a imagem, confundida com o objecto, hirá, do mesmo lado que elle, afastando-se do vidro até o infinito, e os raios, que a formarem, sahirão do vidro cada vez menos divergentes, até serem parallellos. Em todos os outros valores de  $d$  desde  $d = \frac{10}{11} r$ , até  $d = \infty r$ , o valor de  $x$  será positivo, e decrescente, a imagem invertida, e do lado opposto ao objecto, e tornará a vir



do infinito até huma distancia do vidro  $= \frac{10}{11} r$ , e os raios, que a formarem, sahirão do vidro parallellos caminhando cada vez mais para a convergencia.

197. II. Se a lentilha for plano-convexa, hum dos raios de esfericidade será infinito; seja pois  $R = \infty$ ,

a formula  $x = \frac{20 drK}{11 dR + 11 dr - 20 rR}$  se tornará

em  $x = \frac{20 dr}{11 d - 20 r}$ , e fazendo as mesmas supposi-

ções, que no n.º precedente, para as differentes posições de hum objecto a respeito desta lentilha, achar-se-ha que a marcha da imagem se faz do mesmo modo, com a differença que a iguaes valores de  $d$ , o de  $x$  será sempre maior, e a imagem só se achará infinitamente distante, quando  $d = \frac{20}{11} r$ .

198. ADV. Póde-se perguntar, se he, ou não, indifferente apresentar hum objecto á superficie plana, ou convexa de huma lentilha: ao que se responderá, que, desprezando a espessura do vidro, he indifferente, mas que, se se attende a ella, a imagem fica mais affastada da superficie convexa, quando o objecto he apresentado á superficie plana, do que da superficie plana, quando he apresentada á convexa: se o objecto se acha muito distante do vidro, esta dif-

ferença he quasi de  $\frac{2}{3}$  da espessura do vidro. Porque, se na formula  $u =$

$$\frac{620drR - 220deR + 400erR}{341dR + 341dr - 620rR - 121de + 220er} \quad (163) \text{ se faz}$$

$d = \infty$ ,  $e r = \infty$ , para exprimir que AI he huma superficie plana (Fig. 22), voltada para o objecto O;

esta formula se reduz a  $x = \frac{620}{341} R$ : mas se se faz

$R = \infty$ , para exprimir que BT he huma superficie plana, opposta ao objecto O, a formula se reduz a  $x =$

$$\frac{620}{341} r - \frac{220}{341} e. \text{ Esta reflexão he util no uso dos}$$

Telescopios pela refracção, onde se empregão Reticulas, e Micrometros, como se verá adiante: as objectivas destes Telescopios são muitas vezes vidros planos-convexos, e quando se tirão dos seus lugares para se limparem, he necessario muito cuidado em tornar a pôr as mesmas faces para os mesmos lados, sem esta precaução os fios das Reticulas, ou Micrometros, poderão achar-se a mais de huma linha do seu verdadeiro lugar, se o vidro objectivo tiver mais de linha e  $\frac{1}{2}$  de espessura.

199. III. Se a lentilha he concavo-concava, então o raio AK (Fig. 22) fica voltado para o objecto O, e he necessario faze-lo  $= -r$ ; o raio CB, que estava dirigido para o objecto, deve ser tomado em sentido contrario, e por tanto deve ser  $= -R$ , e por este

meio a formula para os vidros convexo-convexos, servirá para os concavo-concavos, e será  $x = \frac{10 dr}{11 d - 10 r}$ ; vê-se tambem que, suppondo hum objecto posto sobre hum das superficies no ponto, por onde passa seu eixo commum, este objecto caminhará neste mesmo eixo até o infinito, sua imagem terá o mesmo andamento, e no mesmo sentido desde o vidro, até á distancia de  $\frac{10}{11} r$ ; ella será sempre direita, e formada por meio de raios, que sahião do vidro cada vez mais divergentes; porque o valor de  $x$  nesta formula será sempre negativo, qualquer que seja o de  $d$ .

200. IV. Se a lentilha for plano-concava, sua formula será  $x = -\frac{20 dr}{11 d + 20 r}$ , a marcha do objecto e da imagem se fará do mesmo modo, que a respeito do concavo-concava, excepto que o valor de  $x$  he sempre maior, e que a maior distancia possivel da imagem ao vidro he  $\frac{20}{11} r$ .

201. Finalmente se a lentilha for *Menisca*, isto he, convexo-concava, para ter hum formula, que lhe convenha, he necessario mudar o signal de hum dos raios da esfericidade, por exemplo  $-R$  em lugar de  $R$  nas formulas do n.º 183: ter-se-ha, desprezando a espessura do vidro,  $x = \frac{20 drR}{11 dR - 11 dr - 20 rR}$ ,

e pelas diferentes supposições de  $d$ , achar-se-ha a marcha da imagem; mas não nos demoraremos nesta indagação, não só pelo pouco uso, que se faz destas sortes de lentilhas, mas ainda porque seria preciso examinar muitos casos. Pela mesma razão não falaremos dos vidros concavos, ou convexos, cujas superficies tem esfericidades de diferentes raios.

202. ADV. *Póde-se suppôr na pratica, que hum objecto está infinitamente distante de huma lentilha, quando esta distancia he mil, ou dez mil vezes maior que o raio de esfericidade.* Assim, se na formula

$$x = \frac{10 dr}{11 d - 20 r}$$

se suppõe  $r = 10$  polegadas, e  $d =$

10000, isto he,  $d$  mil vezes maior, do que  $r$ , achase  $x = 9,102$ . Mas se  $d = \infty$ ,  $x = 9,091$ . Logo, ou se supponha o objecto a huma distancia mil vezes maior do que o raio de esfericidade, ou a huma distancia infinita, a differença he de  $\frac{1}{100}$  da polegada. \*

*Sobre a grandeza da imagem nos vidros lenticulares convexos.*

\* *Add. do Ed.* “ Determinemos a grandeza da  
 ,, imagem de hum objecto, situado sobre o eixo de  
 ,, huma lentilha, cujos pontos estejam, pouco mais,  
 ,, ou menos, a igual distancia da sua superficie. Seja  
 ,, (Fig. 107)  $DD'$  o objecto, e  $FF'$  os fòcos das  
 ,, extremidades  $DD'$ , situados semelhantemente a res-

„ peito do ponto O , e dos eixos OD , e OD'; FF'  
 „ será a imagem do objecto , e para determinarmos  
 „ sua grandeza , teremos FF': DD' : FO : DO ; donde

„  $\frac{FF'}{DD'} = \frac{FO}{DO} = \frac{x}{d}$  : ora , desprezando a espes-

„ sura da lentilha , e suppondo as suas duas curva-  
 „ turas iguaes (183) , teremos FO = x =

„  $\frac{10 dr}{11d - 10r}$  , e DO = d ; logo  $\frac{FF'}{DD'} = \frac{10r}{11d - 10r}$  : lo-

„ go a relação da grandeza da imagem para a do

„ objecto he expressa por  $\frac{10r}{11d - 10r}$  . Se nesta for-

„ mula fizermos  $d = 0$  , a relação se reduzirá a 1 ;

„ isto he , estando o objecto sobre a lentilha , a ima-

„ gem lhe será igual ; desde  $d = 0$  , até  $d = \frac{10}{11} r$  ,

„ esta relação decrescerá desde 1 até o infinito , e

„ por consequencia a imagem será direita , e crescerá

„ desde huma quantidade igual ao objecto até huma

„ infinitamente grande , e desde  $d = \frac{10}{11} r$  até  $d =$

„  $\infty$  , a imagem será invertida , e decrescerá huma

„ quantidade infinitamente grande até huma infinita-

„ mente pequena.

*Lentilha plano-convexa.*

„ Quando a lentilha he plano-convexa, a formula  
 „ do fóco he (197)  $x = \frac{20 dr}{11d - 20r}$ ; donde  $\frac{FF'}{DD'} =$   
 „  $\frac{FO}{DO} = \frac{20 r}{11 d - 20 r}$ , que exprimirá a relação da  
 „ grandeza da imagem para a do objecto. Se  $d = 0$ ,  
 „ esta relação se reduz a 1; isto he, achando-se o  
 „ objecto sobre a superficie da lentilha, a imagem  
 „ lhe he igual, e tudo o mais como no caso prece-  
 „ dente; os signaes são os mesmos, e as formulas  
 „ só differem nos numeros.

*Lentilha concava.*

„ Seja  $DD'$  o objecto, e  $FF'$  a sua imagem, te-  
 „ remos ainda, como nos casos precedentes, para  
 „ determinar a grandeza da imagem  $FF':DD':FO:$   
 „  $DO$ ; logo  $\frac{FF'}{DD'} = \frac{FO}{DO} = \frac{x}{d}$ : ora  $DO = d$ , e  
 „ e  $FO$  (199)  $= x = \frac{-10 dr}{11d + 10r}$ ; logo a relação da  
 „ grandeza da imagem para a do objecto he  $=$   
 „  $\frac{-10 r}{11 d + 10 r}$ ; se  $d = 0$ , esta relação se reduz a 1;  
 „ isto he, achando-se o objecto sobre a superficie

„ da lentilha, a imagem he igual ao objecto ; desde  
 „  $d = 0$ , até  $d = \infty$ , esta relação diminue desde 1  
 „ até zero. Logo, affastando-se o objecto da superficie  
 „ da lentilha, a imagem diminue desde huma quan-  
 „ tidade igual a elle até huma infinitamente pe-  
 „ quena ; logo nesta especie de lentilha a imagem he  
 „ sempre menor que o objecto.

*Lentilha plano-concava.*

„ Nesta especie de lentilha, a distancia focal (200)  
 „ he  $= x = \frac{-2odr}{11d+2or}$  ; logo  $\frac{FF'}{DD'} = \frac{x}{d} = \frac{-2or}{11d+2or}$  ;  
 „ expressão da relação da grandeza da imagem para  
 „ a do objecto ; se  $d = 0$ , esta relação  $= 1$  ; isto  
 „ he, a imagem igual ao objecto ; desde  $d = 0$ , até  
 „  $d = \infty$ , ella diminue desde 1 até zero, e a ima-  
 „ gem diminue desde huma quantidade igual ao ob-  
 „ jecto até huma infinitamente pequena.

---

 CAPITULO IV.

*Da visão.*

---

## ARTIGO I.

*Descripção do olho, e das imagens, que nelle se formão.*

203. **O** Olho he hum orgão, por meio do qual recebemos as idéas de luz, e de côres, que se acha envolvido em tres tunicas: a primeira, e mais exterior EDNDE (Fig. 26), chamada *Cornea*, he de huma figura esferica, cuja parte DED he hum segmento transparente de huma esfera menor, do que o resto: a segunda PIIP, chamada *Sclerotica*, tem huma abertura PP, a que se dá o nome de *Pupilla*; esta abertura he coberta de huma especie de cortina preta, parda, ou azulada, chamada *Iris*, que tem a propriedade de conservar sempre a fôrma circular á *Pupilla*, ainda que ella se dilate, quando o olho entra na obscuridade, ou se contraia, quando he exposto a huma maior claridade. (Estes dois movimen-



tos se fazem involuntariamente.) A terceira tunica CBsBC, chamada *Coroidéa*, he hum tapete, que fóra o interior da Sclerotica, embebido em hum licôr negro, que serve por consequencia a fazer do olho huma camara escura. Elle absorve os raios, cuja refração se faz irregularmente. A *Coroidéa*, que está por baixo da Pupilla, acha-se unida a huma especie de lente CC, que se chama o *Cristallino*. O raio da sua convexidade he menor na parte anterior: esta lente acha-se sustentada por dous musculos BC, BC, chamados *ligamentos ciliares*, que a puxão de C para B, e a tornão menos convexa, quando he necessario. Póde-se fazer tambem, que estes musculos contribão ao movimento do *Cristallino*, ou para a parte anterior, ou posterior. Sobre o fundo em HH ha huma pequena rede muito branca, e fina, chamada *Retina*, que se estende sobre a *Coroidéa*. He huma expansão do *Nervo Optico* NN, (1) que serve a transmittir as sensações ao lugar da residencia d'alma. Entre a *Cornea*, e o humor *cristallino* ha hum licôr

---

(1) Alguns Fysicos pertendem, que a *Coroidéa* seja o orgão immediato da vista, fundados sobre experiencias, segundo as quaes deixão de ser visiveis as partes dos objectos, quando o olho he posto de maneira, que suas imagens vão cahir sobre o centro do feixe NN de fios, onde a *Retina* começa a estender-se sobre a *Coroidéa*.

muito limpo, e claro, no qual existe o Iris, a que se dá o nome de *humor aquoso*. Entre o cristallino, e o fundo do olho ha huma substancia muito clara, mas de huma consistencia gelatinosa, a que se chama *humor vitreo*.

204. Quando os raios de luz entrão no olho, soffrem na passagem do humor aquoso huma refracção tal, que o seno de incidencia está para o de refracção, como 4 para 3; elles se refrangem ainda hum pouco á entrada, e á sahida do cristallino, (porque na passagem do humor aquoso para o cristallino a relação dos senos he como 13 para 12, e a entrada do humor vitreo, como 12 para 13), e o effeito destas refracções he reunir todos os raios, que vem de hum mesmo ponto de hum objecto, e formar por consequencia huma imagem, que faz ver distinctamente o objecto, quando ella se forma sobre a Retina, e confusamente, quando he formada de huma, ou outra parte da mesma Retina. \*

\* *Add. do Ed.* Ha poucas experiencias bem feitas „ sobre a refracção da luz a través dos humores „ aquoso, e vitreo, e nenhuma sobre a sua dispersão.

„ A densidade do humor vitreo he maior, do „ que a do aquoso, o que parece fazer crer, que de „ via existir huma differença na sua refrangibilidade.

„ A luz branca, que penetra o olho, não parece có- „ rada; o que prova, segundo a opinião de Euler, que „ o olho he acromatico.

„ Seria por tanto muito interessante, que se ti-

„ vessem experiencias bem feitas sobre estas relações  
 „ de refrangibilidade.

205. Para se conceber isto mais facilmente, he necessario imaginar, que cada ponto da superficie visivel de hum objecto, lançando, ou enviando de todos os lados raios luminosos, vem a ser a respeito da pupilla do olho o vertice de huma pyramide conica, cuja base he a mesma pupilla: em consequencia da refracção dos raios de luz, forma-se huma outra pyramide conica opposta, cuja base he a mesma pupilla, e o vertice o fundo do olho, onde pelo seu concurso se forma huma imagem sensivel do ponto, donde vierão. Estas duas pyramides tem hum eixo commum, e he sensivelmente huma linha recta, (porque a refracção, que ha á entrada, e á sahida do cristallino, não he de alguma consequencia): pôde-se logo suppôr, que todos os raios, que formão estas duas pyramides são confundidos com o eixo commum, e que assim cada ponto de huma superficie visivel se distingue, porque sua imagem he levada ao fundo do olho por hum raio, que passa pelo centro da pupilla.

Isto posto 1.º Se o ponto, de que se trata, estiver no centro da superficie visivel, como em R (Fig. 26), hum outro ponto Q desta mesma superficie, que estiver á direita, terá sua imagem no olho em q, levada pelo raio Qq, que se cruzará no centro da pupilla com o raio Rr, que leva a imagem do ponto R: logo a imagem q se fará no fundo do olho

a esquerda da imagem  $r$  do ponto  $R$ , e por consequencia estas duas imagens estarão em huma situação opposta em relação áquella, em que se achão sobre a superficie do objecto os pontos  $Q$ , e  $R$ .

2.º Suppondo-se que cada feixe, ou pyramide conica de raios, vindo de cada ponto da superficie visivel do objecto, se reduz ao simples raio, que está no eixo; a superficie inteira do objecto virá a ser relativamente ao olho a base de huma pyramide luminosa, cujo vertice he o centro da pupilla; e os raios, que constituem esta pyramide, prolongando-se, formarão huma outra opposta, que se achará interceptada pelo fundo do orgão, e que terá por consequencia por base a imagem inteira do objecto, a qual, sendo pintada com todas as suas côres, dará a idéa da presença, e da figura deste objecto, como temos mostrado anteriormente.

## A R T I G O II.

*Da visão distincta.*

*Dos differentes accidentes da vista, e dos remedios,  
que subministra a Dioptrica..*

206. **V** Isto que os raios de luz levão com sigo a imagem do ponto A, donde tem partido (54), e que, atravessando hum vidro convexo, vão todos cruzar-se em hum fóco, ou ponto de reunião, he claro que, se forem interceptados por hum plano de huma, ou outra parte deste ponto, dever-se-ha ver sobre elle a imagem do ponto A, a qual deverá ser tanto mais extensa, e tanto menos viva, quanto mais longe for recebida do fóco: parece tambem que, por causa desta extensão, a imagem do ponto B, contigua ao ponto A, será confundida em parte com a do ponto A: que, se estes dois pontos forem de differentes côres, a imagem composta destas duas imagens será de tres côres; porque a parte cemmum das duas imagens será de huma côr composta das outras duas. Donde se vê, que esta imagem composta não terá semelhança com o objecto AB, nem pelas suas dimensões, nem pela sua figura, nem pela sua côr, nem pelo seu resplendor: que elle será por consequencia muito grande, e confuso, ainda que no pon-

to de reunião dos raios as duas imagens não tenham sido cada huma senão hum ponto distincto hum do outro, e tinto da sua mesma côr. Tal he a idéa, que se deve fazer da visão distincta, ou confusa. A visão de hum objecto he distincta quando a luz toca a retina no verdadeiro ponto de reunião, ou no vertice das pyramides conicas luminosas, vindas de cada ponto deste objecto, (que se suppõe sufficientemente illuminado). A visão he confusa quando a luz chega á retina antes, ou depois desta reunião, ou ponto common de intersecção.

207. Além disto (174) a imagem viva, e distincta de hum objecto, produzida por meio de huma superficie convexa refrangente, está sobre o eixo, que passa pelo objecto, e pelo centro da esfericidade da superficie; he logo claro, que, senão deve ver distinctamente os objectos, senão quando se tem voltado o olho para elles, isto he, quando se tem dirigido para o objecto o eixo, ou a recta, que passa pelo seu centro, e por aquelle da pupilla; e só se vê bem distinctamente o ponto do objecto, onde termina este eixo.

208. Quando hum objecto, apresentado em qualquer distancia a huma superficie refrangente-convexa de huma esfericidade constante, e posição fixa, se approxima desta superficie, sua imagem se affasta (179); e he evidente, que, se se quizesse que a imagem não mudasse de lugar, seria necessario, ou affastar a superficie refrangente, á medida que o objecto se approxinasse, ou diminuir o semidiametro

da sua esfericidade; porque então sua distancia á imagem, que nas formulas do artigo II. (179) he sempre hum multiplo do semidiametro da esfericidade, viria a ser maior relativamente a este semidiametro, ainda que a imagem existisse absolutamente a mesma. Eis-aqui a razão do que acontece á aquelles, que rem huma vista excellente: elles tem o olho de tal sorte formado, e o jogo das suas partes tão livre, que, quando os raios de luz, vindos de hum mesmo ponto de hum objecto, entrão na pupilla pouco mais, ou menos parallellos entre si, o que suppõe (202) o objecto a huma muito grande distancia do olho, o fóco destes raios se acha precisamente sobre a retina; e quando o objecto se aproxima do olho, de maneira que os raios de luz, que vem de hum de seus pontos, entrem sensivelmente divergentes; eutão o observador póde dar movimentos, e modificações ao seu olho a cada nova distancia do objecto de sorte, que a imagem se forme sempre sobre a retina, ainda que para isto approxime convenientemente o cristallino da pupilla, ou o torne mais convexo, ou o approxime da cornea, ou finalmente empregue dois destes meios, ou os tres simultaneamente, para ver distinctamente os objectos, a qualquer distancia, em que elles se apresentem, com tanto que esta distancia não seja muito grande, nem menor do que 5, ou 6 polegadas.

209. Mas se por huma constituição viciosa do olho, ou ella seja por hum defeito natural, ou ad-

quirida por algum máo habito, ou por algum accidente, seus musculos não tem a força, nem a elasticidade necessaria para mudar sua figura sufficientemente; então não se poderá ver distinctamente senão os objectos, que estiverem a huma distancia dentro de certos limites, mais, ou menos extensos segundo a força, com que o olho poder mudar sua conformação para fazer cahir as imagens sobre a retina. Por exemplo, se o cristallino, ou ainda mesmo a parte anterior da cornea for muito convexa, o verdadeiro lugar das imagens dos objectos muito distantes será muito proximo do cristallino, e por consequencia da parte de cá da retina: não se poderá logo ver os objectos senão muito confusamente, e he necessario approxima-los para que suas imagens, affastando-se proporcionalmente, se possam formar sobre a retina. Tal he o defeito daquelles, que tem a vista curta, a quem se dá o nome de *Myopes*.

210. Pelo contrario, se o segmento anterior da cornea, ou se o cristallino só tiver a convexidade necessaria para fazer cahir sobre a retina as imagens dos objectos muito distantes, as dos objectos mais proximos irão formar-se da parte de lá da retina, e por consequencia, sendo interceptados os raios pela retina antes da sua reunião, não se deverão ver os objectos senão confusamente. He o defeito daquelles, que tem a vista longa, que se chamão *Presbytos*: tal he a maior parte dos velhos, a quem a idade



deseccando os humores, tem aplanado o cristallino, e a parte anterior da córnea.

211. Os Myopes são logo aquelles, que só podem ver distinctamente os objectos proximos, ou que enviem raios sensivelmente divergentes, e os Presbytos, os objectos distantes, ou que enviem raios sensivelmente parallellos. Porque, como se verá adiante, he necessario, geralmente fallando, alguma divergencia para a visão ser distincta, (veja-se n.º 318). Ora he evidente, pela theoria dos vidros concavos, e convexos, que os concavos tornão divergentes os raios, que entrão parallellos, ou que vem de hum objecto muito distante; por quanto, atravessando hum vidro concavo-concavo, elles se desvião, e se affastão para se dirigir a hum ponto do lado do objecto, e proximo do quarto do eixo da esfericidade. Hum olho myope, que recebe os raios assim divergentes, póde logo distinguir o objecto, donde elles vem; donde se segue, que os myopes pódem corrigir o defeito da sua vista por meio de hum vidro de huma concavidade proporcionada á figura do seu olho. Por hum semelhante raciocinio vê-se, que os presbytos podem ver distinctamente os objectos proximos, pondo-os no fóco de huma lente convexa; porque ella tem a propriedade de tornar parallellos os raios divergentes.

212. O defeito dos olhos myopes, e presbytos he sensível por causa da grande abertura da sua pupilla; porque se esta abertura fosse só hum ponto tal, que não podesse admittir senão hum só raio, vindo de

cada ponto distincto de hum objecto visivel, estes raios cahirão sobre outros tantos pontos distinctos da retina, e ahi formarião por consequencia huma pintura distincta, mas extremamente fraca, e falta de luz sufficiente. Se não existisse este inconveniente, poder-se-hia corrigir o defeito dos myopes, e presbytos, applicando-se sobre seus olhos huma superficie opaca com hum muito pequeno foramen: corrige-se com effeito em parte por este meio.

213. Segue-se ainda daqui, *que vendo hum objecto por hum foramen extremamente pequeno, este deverá ser visto distinctamente por muito perto que esteja do olho.*

214. Acontece algumas vezes, que hum dos olhos de hum homem he bem formado, isto he, goza de huma vista excellente, e o outro he fraco, isto he myope, ou presbyto. Neste caso o observador he obrigado a voltar para os objectos o olho proprio a fazer-los ver distinctamente, e desviar o outro, que só receberia huma imagem confusa, que perturbaria a distincta. He esta alternativa de dirigir hum olho, desviando o outro, e reciprocamente, que se chama *Strabismo*; e os que tem este defeito chamão-se *vesgos*.

## ARTIGO III.

*Da visão feita por meio dos vidros, ou espelhos.*

215. **C**omo os objectos são vistos sómente pela imagem, que se forma no olho, he claro 1.<sup>o</sup> *que se não deve ver hum objecto senão na direcção, em que seus raios entrão neste orgão*; assim como temos dito (21). Logo, se estes raios entrarem depois de muitas refracções, ou reflexões, que lhe mudem a direcção primitiva, não poderão ser vistos na recta, que delles vem directamente ao olho.

216. He evidente, 2.<sup>o</sup> que, interpondo-se a hum objecto, e hum olho huma lente, hum espelho, etc., que por sua figura mude a direcção dos raios de luz, este objecto não se deverá suppôr posto ao alcance ordinario da nossa vista, onde julgamos da sua grandeza, e distancia mais por habito, do que pelas dimensões das imagens, que se formão no nosso olho: devemos então julgar da sua grandeza principalmente pelas dimensões da sua imagem no olho, as quaes se avalião pelo angulo comprehendido entre os dos raios, que vem das extremidades deste objecto; logo, se a refração, ou reflexão tiver feito este angulo maior, ou menor, do que seria se vissemos este objecto á vista simples, ou o que vem a ser o mesmo, se o angulo no olho comprehendido

entre os dois raios, que passam pelas extremidades da ultima imagem, formada pela refração, ou reflexão, for maior, ou menor do que o angulo comprehendido entre as extremidades deste objecto, observado á vista simples, este objecto parecerá augmentado, ou diminuido proporcionalmente, de maneira que, se o olho se approximar, ou afastar desta ultima imagem, elle parecerá augmentar, ou diminuir, quando mesmo por este movimento o olho se affastasse, ou aproximasse realmente do objecto; porque a imagem faz vezes de objecto, o qual he visto por meio della. Porém, se hum objecto, ou ainda mesmo huma imagem de hum objecto for de tal sorte posta a respeito de huma lente extremamente pequena, ou de hum espelho, que seus raios sejam refractos, ou reflexos de sorte, que elles venhão a ser depois parallelos, o olho, que se achar na sua passagem, verá este objecto, ou esta imagem da mesma grandeza, e a qualquer distancia, em que estiver da lente, ou espelho; e esta grandeza será a mesma, que seria, se o objecto fosse visto por hum olho, posto no lugar, onde se acha a lente, ou o espelho. Porque seja RS (Fig. 27, e 28) o semidiametro de hum objecto, ou de huma imagem, posta relativamente á lente CB, de maneira que os raios, que partem do ponto R, ou que ali chegam, saião todos parallelos entre si, suppondo a espessura da lente infinitamente pequena; entre estes raios ha hum RC (raio princi-

pal), que a atravessa sem se refranger (195). Seja SC o raio, que parte do centro do objecto, ou da imagem, e que está no eixo da lente. He evidente que o angulo SCR he aquelle, debaixo do qual he visto o objecto, ou a imagem SR por hum olho, posto em C, onde se acha a lente, e que em qualquer ponto E do eixo, em que o olho esteja, com tanto que se ache na passagem de alguns dos raios, vindos do ponto R, ou que ahi cheguem, verá este objecto, ou esta imagem debaixo do angulo  $CEB = SCR$ . Seria a mesma cousa, se o olho fosse posto no fóco de huma lente, ou espelho, sobre que cahissem parallellos os raios de hum objecto, ou de huma imagem: a qualquer distancia, em que fosse posto este objecto, ou esta imagem a respeito do espelho, o olho os veria sempre da mesma grandeza.

217. Em quanto á distancia do olho ao lugar, onde parecem estar os objectos, não se mede pela distancia real do olho á ultima imagem. Mas, como (103) a distancia apparente dos objectos se avalia principalmente pela idéa, que temos da sua grandeza, segue-se que, quando vemos os objectos, cujas imagens são augmentadas, ou diminuidas pela refração ou reflexão, devemos julga-los approximados, ou afastados do nosso olho, á proporção da grandeza, que lhe vemos, comparada com a que lhe conhecemos. Ora, como a superficie visivel dos objectos, observada directamente, he (23) a base de huma pyramide de luz, cujo vertice está no nosso olho, se o angulo

formado no vertice desta pyramide se tornar maior por effeito de huma, ou muitas refrações, ou reflexões, o objecto, que parece sempre ser a base, deverá por este effeito parecer estar assás proximo do olho, ou do vertice da nova pyramide. Succede o contrario se este angulo se torna menor. Daqui se póde tirar esta construcção para ter o lugar apparente dos objectos, observados por meio de lentes, ou espelhos. Seja RQ (Fig. 29) huma dimensão de hum objecto qualquer, O o lugar do olho, OR o eixo da pyramide optica, pela qual se vê o objecto, OT a direcção do raio, que vem da extremidade Q, depois de ter soffrido tantas refrações, ou reflexões, como se quizer, pelas superficies esfericas, cujos eixos sejam todos postos sobre OR. Tire-se Qq parallelamente a OR até encontrar o raio OT; o ponto q será o lugar apparente do ponto Q, ou da ultima imagem deste ponto, e Or a distancia apparente do olho ao objecto, qr sendo o lugar apparente da ultima imagem, vista pelo olho, posto em O.

218. Daqui se conclue o meio de explicar, porque as lentes convexas augmentão, e approximão os objectos, e as concavas diminuem, e affastão.

214. Finalmente concebe-se, que, se os raios, que vem de hum objecto, são refractos, ou reflexos de sorte, que a imagem, que elles formão, fique situada pela parte posterior do olho do observador, este objecto se tornará absolutamente invisivel, não mudando o olho de lugar. Que, se estes raios refractos,

ou reflexos entrão no olho debaixo de huma inclinação tal, que não possam formar huma imagem senão de huma, ou de outra parte da retina, o objecto não poderá ser visto senão confusamente.

225. Appliquemos tudo, que se tem dito, a hum exemplo geral. Seja GR (Fig. 30) o eixo commum de tantas lentes A, B, C, quantas se quizer, QR huma das dimensões de hum objecto qualquer, E o lugar do olho, que recebe o raio QKIHE, vindo do ponto Q; este raio, tocando a extremidade K da lente AK, he obrigado a refranger-se, e dirigir-se ao ponto F; mas encontrando em I huma nova lente se refrange de novo, e se dirige na sua sahida para o ponto *f*; e encontrando ainda em H huma lente CH, se refrange, e caminha para E, onde he recebido pelo olho. He claro 1.º que, sendo ET a ultima direcção do raio, que chega ao olho, tirando Qq parallela a GR, e qr parallela a QR, a ultima imagem do objecto QR parecerá estar em qr (217). 2.º Que a distancia apparente do olho ao objecto será Er. 3.º Que a grandeza apparente do objecto está para a sua grandeza real, como ER para Er; porque os angulos qEr, QER, que se suppõe muito pequenos, estão (79) nesta relação. 4.º Que a situação do objecto parecerá direita, ou invertida, segundo a posição da imagem da parte de cá, ou de lá do centro da esfericidade da ultima lente, ou espelho, em relação ao objecto, ou á imagem, que tiver precedido a esta ultima imagem, e lhe tiver servido de objecto;

o que o calculo dos fôcos de cada lente faz conhecer facilmente. 5.º Que, se se contempla a recta, que mede a distancia do centro, ou meio de cada lente á sua extremidade (v. g. CH), como hum objecto, e que se determina (como n.º 217) a posição apparente de cada huma destas rectas, suppondo observada por meio de lentes, situadas entre o olho, e ellas, aquella, que subtender hum menor angulo no olho, determinará o maior angulo de visão, isto he o maior espaço, que se pôde ver a través de todos estes vidros.

Mudando as palavras *refracções*, *lentes*, etc. em *reflexões*, *espelhos*, ou em geral em outro qualquer meio, ver-se-ha facilmente, que tudo, que se tem dito, he commum á Catoptrica, e á Dioptrica.



## CAPITULO V.

*Das Telescopios, e Microscopios.*

## ARTIGO I.

*Noções preliminares.*

221. **O** Fim geral de hum *Telescopio*, ou oculo de ver ao longe, e de hum *Microscopio*, he 1.º formar huma imagem viva de hum objecto, que se quer ver distinctamente, apresentando-se-lhe hum vidro convexo-convexo, ou plano-convexo, ou ainda mesmo convexo-concavo, ou tambem hum espelho concavo, (chama-se a estas sortes de vidros *lentes*, ou *espelhos objectivos*): 2.º Ver distinctamente, e mesmo augmentar esta imagem por meio de hum, ou de muitos outros vidros (chamados *oculares*); porque são postos do lado, em que se deve ter o olho.

222. Ha logo duas sortes de *Telescopios*, e *Microscopios*, huns constituídos simplesmente com vidros, outros com espelhos, e vidros, e por esta razão a estes se dá o nome de *Catadioptricos*.

223. Chama-se *campo* de hum Telescopio, ou Microscopio todo o espaço, que póde ser visto por hum olho posto no ponto, onde deve estar para gozar de todo o seu effeito.

224. Quando adiante fallarmos do *fóco* em geral de huma lente, ou de hum espelho, entender-se-ha o lugar do concurso dos raios refractos, ou reflexos, suppondo o objecto a huma distancia infinita, ou que os raios incidentes, vindos de hum mesmo ponto do objecto, são parallellos entre si. Será o mesmo quando se disser, que huma lente, ou hum espelho tem tantos pés, ou polegadas de *fóco*.

225. Sendo dada huma lente, ou hum espelho esferico qualquer, póde-se determinar pela experiencia o comprimento de seu *fóco*, da maneira seguinte.

I. Se for hum espelho concavo, ou huma lente convexa, apresente-se ao Sol, e procure-se o ponto, onde os raios refractos, ou reflexos, recebidos sobre hum plano, formão hum circulo o mais pequeno, e mais vivo, e onde as materias combustiveis são mais promptamente inflammadas; este ponto será o *fóco*: ou tambem cubra-se a superficie do espelho, ou huma das superficies da lente com papel preto, crivado de muitos pequenos buracos de alfinete, e procure-se a que distancia todos os raios do Sol, que passam por estes buracos, se reúnem em huma só mancha branca: ou finalmente apresente-se a lente, ou espelho á luz de huma tocha alguma cousa distante de sorte, que fique além dos centros da esfe-

ricidade, procure-se a que distancia desta luz, e do espelho, ou lente he necessario pôr hum plano para que nelle se forme huma imagem invertida da tocha, a mais d'incta, e menor possivel: então se obterão os dados necessarios para calcular pelas formulas dos espelhos, e lentes o raio da esfericidade, que devem ter, e por consequencia o comprimento do fóco, que será metade no espelho, que lhe he igual nas lentes convexo-convexas, e o dobro nas plano-convexas.

226. II. Se for hum espelho convexo, ou hum lente concava, cobrir-se-ha a superficie do espelho, ou huma das da lente com papel preto, crivado de muitos pequenos buracos, dispostos em huma circumferencia de circulo; os raios do Sol, que passarem por estes buracos, que deverão ser recebidos sobre hum plano, farão manchas redondas, e brancas, que se hirão affastando humas das outras, conservando a figura circular, á medida, que se affastar o plano; e quando o diametro desta circumferencia for duplo daquelle do circulo dos pequenos buracos, a distancia do plano ao meio do espelho, ou da lente será igual ao comprimento do fóco, que se pertende.

227. Para se fazer esta experiencia, quando o espelho he convexo, he necessario que o plano, sobre que se quer receber as manchas, tenha hum buraco hum pouco maior, do que o circulo dos pequenos buracos de alfinetes, a fim de que a luz do Sol possa chegar ao espelho.

## ARTIGO II.

*Dos Telescopios de refracção.*

228. **C**onstróem-se ordinariamente tres especies de Telescopios de refracção sem espelho, os quæ differem entre si na figura, posição, e numero de lentes oculares.

229. A primeira, chamada *Luneta de Hollanda*, ou *Luneta de Gdliléo*, (inventada pela primeira vez no anno de 1609, e usada sómente quasi quarenta annos), tem por ocular huma lente concava, ou plano-concava PQ (Fig. 31), posta entre a objectiva MN, e seu fóco *o*, de maneira que os eixos dos dois vidros concorrem em huma mesma recta, Ao, e seus fócos em hum mesmo ponto *o*.

230. Por esta construcção he evidente, 1.<sup>o</sup> que, como a superficie da objectiva póde ser muito maior, que a abertura da pupilla, póde por tanto cahir sobre ella huma quantidade de raios, vindos de hum mesmo ponto de hum objecto, muito maior, do que a que poderia entrar no olho. 2.<sup>o</sup> Que, achando-se o objecto infinitamente distante, os raios incidentes, (representados por AD, e pelas suas duas parallelas), que pela refracção, que experimentão na passagem da objectiva MN, chegão convergentes ao ponto *o*, se

tornarão parallelos (197) depois de ter atravessado a ocular PQ; mas que, como esta foi posta perto do ponto *o* da pyramide conica dos raios reunidos pela objectiva, e os raios são muitos densos junto a este ponto, estes mesmos raios, sahindo da ocular, serão tambem muito densos. 3.<sup>o</sup> Que por consequencia, se estes raios ao sahir da ocular forem recebidos por hum olho de boa vista, ou presbyto, deverão formarahi huma imagem do ponto do objecto, donde vierão, a qual será tanto mais viva, quanto os raios, á sahida da ocular, forem mais densos; o que não succederá assim, se encontrassem a objectiva, ou a sua abertura fosse maior, do que a da pupilla.

231. Em quanto aos pontos B do objecto OB, que se achão situados fóra do eixo Ao do Telescopio, he claro, que elles envião raios parallelos, (representados por CD, e pelas suas duas parallelas), que a objectiva tende a reuni-los no ponto *b*, proximo do ponto *o*, (187), e que, encontrando a ocular PQ, sahem sensivelmente parallelos, e muito densos, de maneira que hum olho presbyto, ou de boa vista, deve receber huma imagem muito viva do ponto B; mas, porque ao sahir da ocular a porção de raios, que forma esta imagem, he divergente daquella, que forma a do ponto *o*, hum mesmo olho não poderá receber ao mesmo tempo estas duas imagens, sem que ao menos sua pupilla esteja assás aberta, e muito proxima do concurso F das direcções destas duas porções; donde se segue, que, *observando-se hum objecto por*

meio deste instrumento, ver-se-ha hum numero das suas partes tanto maior, quanto o olho estiver mais proximo da ocular, e abertura da pupilla for maior. E como a abertura da pupilla he naturalmente muito pequena, e se contrahe involuntariamente, á proporção da luz, que entra, he claro, que o campo destes Telescopios será tanto mais pequeno, quanto o objecto for mais luminoso. e a ocular de hum maior foco. Finalmente, porque a natureza da luz permite, que se use de oculares de hum foco tão pequeno, como se quizer, quando pelo contrario estes focos devem ser mais longos á proporção do comprimento dos focos das objectivas, como se verá adiante (270), segue-se, que o campo destas especies de instrumentos será tanto mais pequeno, quanto o Telescopio for mais longo. He por este inconveniente, que se tem deixado o uso deste instrumento para os objectos muito distantes; só se usa ainda daquelles, que devem ser muito curtos para não augmentar os objectos, como são todos, os que se chamão vulgarmente *lunetas*; ou *oculos de theatro*.

232. Vê-se tambem pela construcção deste instrumento, que os objectos devem parecer direitos: porque a porção  $c$  de raios, que faz ver a extremidade  $B$  do objecto, que está abaixo do eixo  $AK$ , he tambem recebido pelo olho em huma direcção  $cF$ , que vem debaixo do eixo.

233. Se se suppõe, que o objecto se aproxima

*cada vez mais da objectiva* ; he claro (196) que sua imagem se affastará proporcionalmente , e por consequencia *he necessario affastar tambem a ocular , alongando a luneta* , para que seu foco concorra sempre com a imagem , formada pela objectiva.

234. Se o olho applicado ao ocular for myope , será necessario approximar esta ocular da objectiva , para que elle veja distinctamente os objectos. Porque então os raios , que sahem da ocular parallelos entre si , sahirão mais divergentes ; por quanto (197) á medida que o objecto *bc* se affasta do foco da lente concava , os raios refractos , que são convergentes do lado opposto , serão mais divergentes do lado do objecto *bo* , isto he , do lado , onde se acha o olho.

235. II. A segunda especie de Telescopio , unica talvez , de que se faz uso nas observações dos astros , e que por esta razão se chama *luneta astronomica* , só tem huma ocular : he huma lente PQ (Fig. 32) convexa de hum , ou de ambos os lados , disposta de tal sorte , que seu foco *o* concorre com o da objectiva MN ; porém este foco commum fica entre os dois vidros ,

236. Segundo esta construcção , he claro , 1.º que os raios , vindos de hum ponto O de hum objecto OB infinitamente distante , (répresentados por AD , e por suas duas parallelas ; suppondo ainda que o ponto O está na recta , que passa pelo centro dos dois vidros , a qual se chama eixo da luneta) , tendo

atravessado a objectiva, vão-se cruzar no seu foco, e formão huma imagem o do ponto O.

237. 2.º Que esta imagem póde ser contemplada como hum objecto, posto no foco da ocular PQ, e que por consequencia os raios, que a formão, vindo cahir sobre a ocular, devem (196) sahir parallellos entre si; porém tanto mais densos, quanto o foco da ocular for mais curto, que o da objectiva: devem por tanto formar em hum olho presbyto (211), ou de vista excellente, huma nova imagem do ponto O, tanto mais viva, quanto a superficie da objectiva for maior, ou tiver admittido mais luz.

238. 3.º Que, a qualquer distancia da ocular, em que o olho esteja posto, com tanto que seja no caminho da porção de raios parallellos, que sahe, deve ver igualmente bem a imagem, que estes raios tem formado no fóco commum da objectiva, e ocular.

234. 4.º Que os raios parallellos, vindos da extremidade B do objecto OB, devem formar em *b* junto do foco o huma imagem deste ponto (188), e que, cahindo depois sobre a ocular, devem sahir parallellos entre si; porém tanto mais inclinados sobre o eixo AF, quanto a curvatura da ocular for maior, de maneira que o eixo, formado por esta porção de raios, deve hir cortar o eixo commum dos dois vidros no fóco F da ocular: e por consequencia, para que hum olho possa ver toda a imagem *ob* de huma vez, he necessario que esteja posto no ponto F, onde he a intersecção commum de todas as porções de



raios, vindos de cada ponto da imagem *ob*, ou do objecto OB.

240. 5.º Que o objecto OB deve parecer invertido, por quanto sua imagem *ob*, que se vê por meio da ocular, tem huma situação opposta à do objecto; e esta extremidade *b* he vista por meio de raios, que se affastão do eixo, caminhando pela parte superior, quando o ponto B está pela inferior.

241. 6.º Que a grandeza do campo deste Telescopio depende principalmente da grandeza de todo o espaço perto de *ob*, que se pôde suppôr no foco commum dos dois vidros; por quanto o olho posto no ponto F pôde ver (239) todos os pontos, cuja imagem está no foco, ou muito perto do foco da ocular. He esta a vantagem, que tem feito preferir este Telescopio ao da primeira especie.

242. 7.º Que, se se aproxima cada vez mais o objecto da objectiva, sua imagem se affasta proporcionalmente (196), e por consequencia he necessario affastar tambem a ocular, alongando o Telescopio, para que a imagem exista sempre no seu foco. Pôde-se logo por meio deste instrumento ver igualmente bem os objectos próximos, ou distantes, collocando os dois vidros a huma distancia conveniente.

243. 8.º Que, se he myope aquelle, que se serve deste instrumento, deve approximar a ocular da objectiva, ou, o que he a mesma cousa, da imagem *ob*, para que, sendo ella então collocada entre a ocular,

e seu foco, os raios, que cahem sobre este vidro, saião divergentes (196).

244. III. A terceira especie de Telescopio, que está mais em uso para ver os objectos terrestres, he a mesma cousa, que o precedente, augmentado sómente de outras duas oculares para tornar direita a imagem invertida. Da Fig. 33 se concebe facilmente a sua construcção. As quatro lentes MN, PQ, RS, TU tem hum eixo commum *Af*. O foco de cada huma concorre de huma, e outra parte com o das outras, entre quem se acha. Os focos destas tres oculares são ordinariamente de hum igual comprimento. Seja OB hum objecto infinitamente distante; os raios parallellos, vindos do ponto O, que se acha no eixo da luneta, cruzando-se pela refração, que soffrem na objectiva, vão formar no foco o huma imagem deste ponto, depois, cahindo sobre a ocular PQ, sahem parallellos; encontrando a ocular RS sahem convergentes para o foco  $\omega$ , onde se cruzão, e formão huma segunda imagem do ponto O: ultimamente, tocando a ocular TU, sahem ainda parallellos, e por consequencia capazes de formar em hum olho presbyto, ou de vista excellente huma imagem viva do objecto. Da mesma sorte os raios parallellos, vindos da extremidade B, depois de terem atravessado a objectiva, vão (187) formar, cruzando-se em *b*, huma primeira imagem deste ponto; depois, cahindo sobre a ocular PQ, sahem parallellos entre si, porém tanto mais inclinados ao eixo *Af*, quanto o foco desta ocular he

mais curto ; tendo cortado este eixo em F , tocão a segunda ocular RS , donde sahem convergentes , e formão em  $\beta$  huma segunda imagem ; prolongando-se divergentes , encontram a ocular TU , donde sahem parallelas , e inclinadas ao eixo , que vão cortar no ponto  $f$  , onde he necessario estar o olho para ver a imagem  $\beta\omega$  , como acima (239) , a qual he direita , isto he situada da mesma sorte , que o objecto OB.

245. Este Telescopio , que se chama *luneta de quatro vidros* , tem , como se vê , as mesmas propriedades geraes , que a *luneta astronomica*. As vantagens , que tem determinado os Astronomos a servir-se com preferencia a outra qualquer , são , 1.º que a Astronomica he susceptivel de hum maior campo. 2.º Que ella póde admittir huma ocular de hum foco mais curto , e por consequencia augmentar vantajosamente o objecto. Ver-se-ha adiante a razão destas duas proposições. 3.º Que ella he mais curta. 4.º Que ha menor perda de luz ; porque só ha dois vidros a atravessar.

## ARTIGO III.

*Dos Telescopios Catadioptricos.*

246. **O** Fim geral da construcção de hum Telescopio Catadioptrico he mudar a direcção dos raios, vindos de hum objecto, e que, sendo reflectidos sobre a concavidade de hum espelho esferico, caminhem convergentes para formar huma imagem *F* (Fig. 35) deste objecto sobre o eixo, ou perto do eixo do espelho. A situação desta imagem, que he da parte de cá do espelho, e do mesmo lado, que o objecto, impede de ser vista directamente por meio de huma, ou tres oculares; porque seria necessario, que o observador tivesse o olho entre o objecto, e a imagem, o que impediria de chegar ao espelho a luz do objecto em muito grande quantidade, e muito perto do eixo.

247. Para evitar este inconveniente, põe-se hum pequeno espelho plano *IH*, inclinado sobre o eixo do espelho esferico de  $45^\circ$ ; o espelho plano torna a enviar para *o* o vertice da pyramide conica dos raios reflectidos, em que se acha a imagem; ajusta-se huma, ou tres oculares na linha *ok*, segundo se quer ver esta imagem invertida, ou direita; para isto faz-se huma abertura no lado *MN* do tubo do Telescopio.

248. A principal vantagem deste Telescopio, que se chama *Newtoniano*, he produzir o mesmo effeito, que os de refração, ainda que seja muito mais curto, que estes; o que provem de se achar a imagem, formada pela objectiva, distante no espelho esferico sómente hum quarto do eixo da esfericidade, (suppondo-se o objecto a huma distancia infinita) quando ella se acha distante do vidro convexo-convexo o semi-eixo da esfericidade; por quanto esta imagem não se acha posta entre a objectiva, e as oculares, como nos Telescopios de refração da segunda, e terceira especie; principalmente porque hum mesmo espelho objectivo póde admittir oculares de foco muito differentes entre si, e mesmo extremamente pequenos, o que faz que hum mesmo Telescopio Catadioptrico possa equivaler a muitas lunetas de refração de differentes comprimentos, porque estas ultimas deixão de ser boas, não se lhe pondo oculares, cujos focos tenham certas relações com as duas objectivas: e os limites destas relações são assás estreitos, como se verá adiante,

249. Para o uso deste Telescopio he necessario, que o espelho plano IH seja movel para fazer cahir as imagens dos objectos no foco da ocular; por quanto (145) esta imagem se affasta do espelho objectivo tanto, quanto se approxima o objecto. He necessario tambem, que a ocular possa mover-se pelo comprimento do tubo MN do Telescopio, ao mesmo tempo que o espelho plano se move dentro, a fim

de que esta ocular tenha seu foco posto no vertice da pyramide conica dos raios, desviados pelo espelho plano.

250. Vê-se ainda que os myopes devem approximar hum pouco o espelho plano, para que, pondo a imagem entre a ocular, e seu foco, os raios saião divergentes tanto, quanto he necessario para lhe fazer ver distinctamente os objectos.

251. Constroe-se ainda outra especie de Telescopio Catadióptrico menos simples, proprio para se ver, não só os objectos terrestres, como tambem os celestes; chama-se *Gregoriano*: eis-aqui hum breve descripção.

Apresenta-se a hum objecto hum espelho esferico-concavo AB (Fig. 36); e hum pouco além da imagem F, que se forma sobre o eixo OF deste espelho, colloca-se hum outro espelho esferico-concavo CD de hum foco mais curto, e de hum abertura muito menor, porém cujo eixo esteja na mesma recta, em que está o do primeiro AB: a imagem F estará a respeito do espelho CD, como hum objecto posto entre seu foco G, e seu centro E: he a razão (143) porque se forma sobre o mesmo eixo hum segunda imagem H, a qual se achará tanto mais afastada além do centro E, quanto a primeira T está mais perto do foco G do pequeno espelho; e porque, approximando-se, ou affastando-se este da imagem F, se leva a segunda H á distancia, que se quer, he costume fazer cahir esta imagem hum pouco da

parte de cá do espelho AB, o qual tem huma abertura no meio I, para que a imagem H possa ser vista por meio de huma ocular PQ; e he evidente que deve parecer direita; porque (147) he invertida relativamente á imagem F, a qual he tambem em relação ao objecto.

252. Quando o objecto he muito luminoso, pôde-se, por augmentar a segunda imagem, fazer que ella caia pecto de O além do espelho AB, e pôr em O o foco de huma ocular PQ, para que os raios, que tendem a formar huma imagem perto deste ponto, cahindo sobre ella, saião parallellos, e sejam recebidos depois sobre huma outra ocular, posta além do ponto O, que os faça chegar convergentes ao ponto, onde he necessario estar o olho.

253. Vê-se que nestas duas sortes de Telescopios o pequeno espelho, posto no eixo do grande, desvia necessariamente todos os raios parallellos ao eixo, que cahirião sobre o meio do espelho objectivo: he a razão porque he indifferente, que o espelho tenha, ou não huma abertura neste lugar.

254. Os inconvenientes destes Telescopios são, que elles tem pouco campo, que são difficultosos de se dirigir para os objectos, que exigem precauções extraordinarias, tanto na sua construcção, como no seu uso, que são de muito grande despeza, e muito facéis a arruinar-se.

## ARTIGO IV.

*Dos Microscopios.*

255. I. **A** Primeira especie de Microscopio, que se acha em uso, he huma simples lentilha MN (Fig. 34) convexa de hum, ou ambos os lados, que se chama em geral *lente*. Apresentando-se-lhe hum objecto OB de sorte, que o foco, que está sobre seu eixo, coincida com o ponto O, que se quer observar, os raios, que partem deste ponto, e atravessão a lente, sahirão parallellos (196), e por consequencia eapazes de formar huma imagem deste mesmo ponto em hum olho presbyto, ou de vista excellente, posta a huma distancia qualquer sobre a sua direcção. (Hum olho myope veria igualmente o ponto O, collocando-o hum pouco da parte de cá do foco da sua lente). O ponto B do objecto OB, que se acha proximo do eixo da lente para se poder suppôr no seu foco, envia tambem raios, que sahem sensivelmente parallellos entre si, porém tanto mais inclinados ao eixo, quanto a convexidade da lente he de huma menor esfera, ou seu foco mais curto. He a razão, porque, pondo-se o olho perto do ponto o deste eixo, por onde passa o raio principal BC, (e por consequencia deverá estar muito proximo da lente), ver-se-ha distinctamente o objecto OB debaixo



do angulo B e O, o qual fará parecer este objecto tanto maior, quanto estiver mais proximo do alcance ordinario da vista.

256. Por exemplo, visto que hum homem de huma vista ordinaria não pôde distinguir perfeitamente os objectos, sem que ao menos elles estejam affastados do seu olho quasi 7, ou 8 polegadas, se  $o\omega$  representar esta distancia, não se poderá suppôr que o diametro OB do objecto, que se vê distinctamente por meio da lente, está tão proximo do olho, como realmente está; mas julgar-se-ha situado perto do  $\omega$ , de maneira que parecerá augmentado (79) na relação de  $\omega\beta$  para OB, ou de  $o\omega$  para  $oO$ . Donde se vê que a grandeza apparente dos objectos, vistos por meio de huma lente, depende em parte da conformação do olho.

257. II. Pôde-se, em lugar de huma lente, usar com muita vantagem de huma pequena esfera de vidro. que se forma muito facilmente, fundindo huma pequena porção á chamma de huma mecha embebida em espirito de vinho para evitar o fumo, que, misturando-se na acção da fusão com o vidro, torna os pequenos globos opacos. Porque, fazendo-se na formula geral, do n.º 182,  $e = 2r$ ,  $r = R$ ,  $d = \infty$ , ella se reduz a outra geral para os focos das esferas,

$$x = \frac{r(2q - p)}{2(p - q)} : \text{substituindo os valores de } p, \text{ e de}$$

$q$ , ter-se-ha para as esferas de vidro  $x = \frac{2}{22} r$ . Isto he pondo-se hum objecto sobre o eixo de huma esfera a distancia de  $\frac{2}{44}$ , ou  $\frac{1}{9}$  do seu diametro, os raios de luz, que entrarem na esfera perto deste eixo, sairão parallelas entre si; poder-se-ha logo ver distinctamente este objecto, que parecerá tanto maior, quanto elle se achar mais proximo do olho, e por consequencia quanto menor for o diametro da esfera.

258. Póde-se ainda fazer huma especie de Microscopio simples com huma esfera de vidro cheia d'agoa. Ella produzirá pouco mais ou menos o mesmo effeito, que huma pequena esfera d'agoa, por quanto, sendo muito pequena a espessura do vidro, formada pelas duas superficies concentricas, a refracção se fará, pouco mais ou menos, como se a esfera fosse toda d'agoa. Mas, porque a refracção he menor na agoa, do que no vidro, pois que o seno de incidencia (130) está para o de refracção, como 4 para 3, o foco da esfera, onde o objecto deve ser posto, para que os raios, que envia, saião parallelas, deve estar na distancia de hum semi-diametro da sua esfericidade; o que se achará facilmente pela formula geral dos focos (257) das esféras, fazendo  $p = 4$ , e  $q = 3$ : porque ella se reduz a  $x = r$ . Donde se vê que, a iguaes diametros, estas esferas não augmentão tanto os objectos, como as que são puramente de vidro.

259. De outro modo se póde ainda construir huma

lente sómente d'agoa ; fazendo huma pequena abertura em huma lamina delgada de metal, e enchendo-a com huma gota d'agoa , deitada com a cabeça de hum alfinete , a fim de que senão molhem as extremidades desta abertura , e conserve sempre a figura esférica de huma ; e outra parte. Esta lente produzirá ainda hum melhor effeito , se em cada huma das duas faces oppostas da lamina , cuja espessura não exceda a  $\frac{3}{4}$  de huma linha , se fizer huma muito pequena cavidade esférica sobre hum eixo cômum , e de hum raio desigual , de maneira que não haja entre ellas , senão huma muito pequena espessura , que se furará com a ponta de huma agulha , e se encherá com huma gota d'agoa.

260. III. A segunda espécie de Microscópio têm muita relação com o Telescópio astronomico. He composta de duas lentes convexas , cuja objectiva MN (Fig. 37) he de hum foco muito curto : hum pouco além desta objectiva põe-se hum objecto OB , para que (196) sua imagem *ob* seja affastada , e augmentada proporcionalmente ; ajusta-se depois o foco de huma ocular com o lugar , em que se acha esta imagem , a fim de ser vista distinctamente.

261. Vê-se por esta construcção , 1.º *Que a distancia da imagem á lente objectiva deve variar muito , por pouco que varie a do objecto OB :* e como (196) he difficil collocar hum objecto em hum lugar fixo , ou a huma distancia dada , no uso deste Mi-

Microscopio, he necessario por tanto avançar, ou recuar a ocular até que se veja distinctamente a imagem do objecto; ou he necessario poder dar ao objecto, ou a todo o Microscopio hum movimento tão livre, como se quizer; o que se executa com mais, ou menos facilidade, segundo a construcção deste instrumento. 2.º Que o objecto deve parecer tanto maior, quanto sua imagem ob estiver mais distante da objectiva MN, e quanto, sendo vista por meio da ocular, ella se achar mais da parte de cá do alcance ordinario (256) para ser vista distinctamente á vista simples. 3.º Que a grandeza apparente do objecto deve variar á proporção, que se affastar da objectiva; por quanto tambem proportionalmente se approxima a imagem ob, e diminue ao mesmo tempo.

262. IV. Costuma-se pôr algumas vezes huma ocular pouco mais, ou menos no meio entre a objectiva MN, e a imagem ob, para que ella seja representada muito mais proxima da objectiva, e por consequencia o tubo do instrumento venha a ser mais curto: augmenta-se tambem por este meio o campo do Microscopio, como se pôde ver construindo huma figura, e racionando, como no numero 225.

263. V. Pôde-se finalmente construir Microscopios Catadioptricos, pondo hum objecto entre o centro de hum espelho concavo, e seu foco, a fim de que a imagem, que se pinta (143) além do centro, possa ser vista distinctamente por meio de huma ocular. Smith descreve tambem hum Microscopio, formado

por dois espelhos esféricos, hum concavo, e outro convexo, tendo ambos hum foramen, feito no seu meio para dar livre passagem aos raios de luz: põe-se o objecto entre o centro, e o foco do espelho concavo, e os raios, reflectidos sobre este espelho, são recebidos sobre o convexo, que os dirige a formar hum imagem perto do foramen do espelho concavo, onde ella he vista por meio de huma ocular.

## ARTIGO V.

*Reflexões geraes sobre os Microscopios,  
e Telescopios.*

264. I. **A** Tangente do angulo, debaixo do qual he visto o semi-diametro de hum objecto por hum dos dois primeiros Telescopios, e ainda mesmo pelo terceiro, suppondo as tres oculares de focos iguaes, está para a tangente do angulo, debaixo do qual se vê á vista simples, como o comprimento do foco da objectiva para o comprimento do foco da ocular, desprezando a espessura destes vidros.

Porque, sendo vista a extremidade B do objecto (Fig. 31, e 32) pela porção Fc de raios parallellos, e a outra O pela porção oK, será logo o angulo cFK dos eixos destas porções aquelle, debaixo do qual he visto o objecto por meio do Telescopio; e porque a imagem ob existe no foco da ocular PQ, os raios, que partem do ponto b (considerado como

hum objecto isolado), e vem cahir sobre a ocular, deverão (196) sahir parallelas ao raio principal  $bK$ ; logo o angulo  $cFK = bKo$ . Mas o angulo  $ODB$ , ou seu igual  $bDo$  (por quanto (195) o raio  $BD$  atravessa o vidro  $MN$  sem se quebrar) he aquelle, debaixo do qual hum olho posto em  $D$  veria o objecto  $OB$  sem Telescopio; logo o angulo, debaixo do qual he visto o objecto pelo Telescopio, está para o angulo, debaixo do qual he visto sem Telescopio, como  $bKo$  para  $bDo$ . Ora nos triangulos rectangulos  $bKo$ , e  $bDo$ , tomando  $bo$  pelo raio,  $oK$  será a cotagente de  $bKo$ , e  $oD$  a de  $bDo$ . Logo estas cotagentes são como  $oK$  para  $oD$ : logo (Trig. XVIII.) as tangentes destes angulos são como  $oD$  para  $oK$ .

265. COROLL. I. Por quanto (77) as grandezas apparentes dos objectos a través das lentes, e espe-  
lhos dependem principalmente dos angulos opticos, debaixo dos quaes seus semidiametros se vem, segue-se que *a grandeza do diametro de hum objecto, visto pelo Telescopio, está para sua grandeza á vista simplês, como o comprimento do foco da objectiva para o da ocular: ou que vem a ser o mesmo, a grandeza apparente dos diametros dos objectos, vistos pelos Telescopios, está na razão composta da directa dos comprimentos dos focos das objectivas, e inversa dos das oculares.*

266. COROLL. II. Pela mesma razão, visto que (79) as distancias apparentes dos objectos são em razão inversa dos angulos opticos, debaixo dos quaes

se vem seus semidiametros, segue-se que a distancia apparente de hum objecto, observado com hum instrumento, está para sua distancia á vista simples, como o comprimento do foco da ocular para o da objectiva.

267. O que temos dito a respeito dos Telescopios da refracção, tem tambem lugar a respeito dos Catadioptricos, e Microscopios da segunda especie; do que nos podemos convencer, reflectindo sobre a figura 35, e pondo as letras plicadas  $o'b'c'$ ,  $K'F'$ , em lugar das letras  $obc$ ,  $KF$ , e suppondo o raio incidente  $OD$  assás perto do eixo, para que se possa tomar o triangulo  $o'b'D$  como rectangulo; e na fig. 37, tomando a distancia da imagem á objectiva em lugar do comprimento do seu foco.

268. COROLL. III. Para ver os objectos por meio de huma luneta, de sorte que pareçam os maiores possiveis, he necessario que o foco das objectivas seja muito comprido, e o das oculares muito curto; e he esta a razão, porque se usa de lunetas mais compridas á proporção que os objectos são menores, e muito distantes: mas a figura esferica, que se dá aos vidros, e a natureza da luz não permitem que se goze desta vantagem tanto, quanto se póde imaginar: ver-se-ha adiante a razão. \*

*Da grandeza, e posição das imagens nos  
Microscopics.*

\* *Add. do Ed.* “ Póde-se sempre , que se conheça  
 ,, o foco de hum Microscopio simples , determinar ,  
 ,, ao menos por approximação , a relação da grandeza  
 ,, de hum objecto , visto sem Microscopio , para  
 ,, aquella , que se lhe julga , sendo observado com  
 ,, este instrumento : com effeito seja B (Fig. 111) o  
 ,, foco da lente MN, BO a grandeza do objecto ,  
 ,, Cb a distancia , em que elles se vêm distincta-  
 ,, mente (esta distancia he quasi de 20 a 22 centi-  
 ,, metros) ; tome-se  $ob = OB$ , e tire-se Co ; oCb  
 ,, será o angulo , debaixo do qual será visto o obje-  
 ,, cto  $ob$ , ou OB sem Microscopio, OCB aquelle , de-  
 ,, baixo do qual he visto com Microscopio , de ma-  
 ,, neira que a grandeza do objecto , visto sem  
 ,, instrumento , está para sua grandeza , observada  
 ,, com hum Microscopio simples , como o angulo  
 ,, bCo para B'CO, ou pouco mais , ou menos , como  
 ,, bC' : BC ; logo chamando G a grandeza do obje-  
 ,, cto , e  $\gamma$  a que se lhe suppõe ,  $bB = F$ , e  $Cb =$   
 ,, F , ter-se-ha  $\gamma = \frac{GD}{F}$  .

,, No Microscopio composto a imagem do objecto  
 ,, OB (Fig. 37) he representada por  $ob$ , e sua gran-  
 ,, deza apparente  $\gamma$  pelo angulo  $oKb$  ; ora temos  
 ,,  $oKb : bDo :: oD : oK$ , ou , chamando  $f$  o compri-



„ mento  $oK$  do foco, e fazendo  $DK = a$ ,  $\gamma : bDo ::$

„  $a - f : f$ ; logo  $\gamma = \frac{a - f}{f} bDo$ , mas temos a-

„ chado. (not. prec.) que  $bDo = \frac{GD}{F}$ , logo  $\gamma =$

„  $\frac{a - f}{f} \cdot \frac{GD}{F}$ .

*Da grandeza, e posição das imagens nos Telescopios.*

„ Pelo Telescopio de Galiléo, o objecto  $OB$  (Fig. 31) he visto debaixo do angulo  $PFK = bKo$ , que chamaremos  $\gamma$ , e sem Telescopio debaixo do angulo  $ADC = G$ : ora temos  $\gamma : G$ , ou  $bKo : bDo :: Co : Ko$ , ou, fazendo  $Co = F$ , e  $Ko = f$ ,  $\gamma : G :: F : f$ ; logo  $\gamma = \frac{GF}{f}$ .

„ Na luneta astronomica he visto (Fig. 32) o objecto  $OB$  debaixo do angulo  $PFK$ , ou seu igual  $bKo$ , que chamaremos  $\gamma$ , e sem este instrumento debaixo do angulo  $ADC$ , que representaremos por  $G$ , e então teremos, chamando  $oK$   $F$ , comprimento do foco de  $PQ$ , e  $oD$   $f$ ,  $\gamma : G :: bKo : ADC :: oK : oD$ , isto he  $\gamma = \frac{GF}{f}$ .

„ A' vista simples (Fig. 33) o objecto  $OB$  he visto debaixo do angulo  $ADC$ , e pelos vidros  $D$ , e

„ PQ debaixo do angulo PFK, e invertido; empre-  
 „ gando-se mais as duas lentes RS, e TU, será visto  
 „ debaixo do angulo  $Ufh$ : ora suppondo que as duas  
 „ lentes D, e PQ, formão huma luneta astronomica,  
 „ e chamando  $f$  o comprimento oD do foco da lente  
 „ D, e F o da lente PQ, e G a grandeza do angulo

„ ADC, teremos  $PF\phi = \frac{GF}{f}$ : ora passando o raio

„ PF pelo foco F da lente RS, sahirá na direcção  
 „ de SU parallelá a Ff, de maneira que  $Sk = Uh$ :  
 „ ter-se-ha por tanto  $SFk : Ufh :: fh : kF$ , cha-  
 „ mando  $\phi$  a  $fh$ , e  $\phi'$  a  $Fk$ , e  $\gamma$  a  $Ufh$ , teremos

$$„ \gamma = \frac{GF\phi}{f\phi'}$$

„ Para facilitar a indagação da relação da gran-  
 „ deza G do objecto OB (Fig. 112) visto sem instru-  
 „ mento, para a grandeza observada pelo Telescopio  
 „ de Newton, concebamos que, em lugar do espelho  
 „ HI, se tem posto em C'K' huma lente igual á que  
 „ está em KC, e de maneira, que seu foco a' coin-  
 „ cida com o do espelho DN; então tudo se passará  
 „ relativamente ao olho posto em F', como posto em  
 „ F: ora no primeiro caso seria visto o objecto debaixo  
 „ de hum angulo igual a  $o'K'b'$ , quando sem este ins-  
 „ trumento seria visto debaixo do angulo  $DAC = o'Cb'$ ,  
 „ ou  $o'Ab'$ ; mas temos  $o'K'b' : o'Ab' :: o'A : o'K'$ , lo-  
 „ go, chamando F a  $o'A$ , comprimento do foco do

„ espelho DN, e  $f$  a  $o'K'$ , comprimento do foco de  
 „ C'K', teremos  $\gamma : G :: F : f$ ; logo  $\gamma = \frac{GF}{f}$ .

„ Antes de entrarmos na indagação da relação da  
 „ grandeza  $\gamma$  de hum objecto, observado com o Te-  
 „ lescopio Gregoriano (Fig. 113) para a sua grandeza  
 „ G á vista simples, determinaremos a posição do es-  
 „ pelho CD.

„ Seja K o centro, e F o foco do espelho AB,  
 „ todos os raios parallellos ao eixo KO virão, depois  
 „ de serem reflectidos por este espelho, passar pelo  
 „ foco F; assim o espelho CD deverá reflectir os  
 „ raios, que partem deste ponto, de maneira que se  
 „ reunão no foco I da lente PQ; o ponto F pôde  
 „ logo ser considerado como foco dos raios divergen-  
 „ tes, que vem do ponto I, reflectidos por CD;  
 „ pelo que achar-se-ha mais affastado deste es-  
 „ pelho, que o foco G dos raios parallellos. A distan-  
 „ cia UI he composta de  $UG + GF \times Ff - fI$ ;  
 „ ora pôde-se tomar  $fI = GF$ , quando GF for de-  
 „ terminado, e então  $UI = UG + Ff$ , e chamando  
 „  $f$  ao comprimento UG do foco do espelho CD, e  
 „ F ao comprimento  $Ff$  do foco de AB, ter-se-ha  $UI$   
 „  $= F + f$ ; ora sabe-se que, chamando  $d$  a distan-  
 „ cia de hum espelho de hum raio  $r$  a hum ponto,  
 „ donde partem os raios, o comprimento do foco dos  
 „ raios reflectidos he  $= \frac{dr}{2d - r}$ , logo, observando  
 „ que o raio UE de CD he o dobro do comprimento

„ UG de seu foco, ter-se-ha  $UF = \frac{UI \times 2UG}{2UI - 2UG} =$

„  $\frac{2f(F + f)}{2(F + f - f)} = \frac{f(F + f)}{F}$ , logo IS, ou GF =

„  $UF - UG = \frac{f(F + f)}{F} - f = \frac{f^2}{F}$ .

„ Voltemos ao nosso objecto ; sejam  $Kd$ , e  $Kb$  a  
 „ direcção dos raios, que vem das duas extremida-  
 „ des do objecto, e que passam pelo centro  $K$ ; o an-  
 „ gulo  $bKd$  será aquelle, debaixo do qual se verá o  
 „ objecto á vista simples, que temos chamado  $G$  :  
 „ se pelo foco  $F$  se tirar a linha  $FN$ , do mesmo  
 „ modo que o ponto  $F$  he o foco dos raios parallellos  
 „ a  $KF$ , o ponto  $N$  será o dos parallellos a  $KN$ ; os  
 „ differentes raios, que passam por  $N$ , hirão depois  
 „ de terem sido reflectidos pelo espelho  $CD$  se reunir  
 „ em hum foco  $M$  na intersecção da linha  $IM$ , tirada  
 „ pelo foco  $I$ , e do raio  $MN$ , que passa pelo centro  
 „  $E$  do espelho  $CD$ ; finalmente os raios reunidos no  
 „ ponto  $M$ , passando a través da lente  $PQ$ , serão  
 „ transmittidos ao olho posto em  $O$  em huma direc-  
 „ ção parallellos a  $ML$ . O angulo  $MLI$ , que temos  
 „ chamado  $\gamma$ , será logo aquelle, debaixo do qual o  
 „ objecto he visto pelo Telescopio.

„ Isto posto temos  $FE : FK :: FKN : NEF$ . Ora

„  $FE = EU - UF = 2GU - UF = 2f - \frac{(F + f)}{F} =$

”  $\frac{f(F-f)}{F}$ ;  $KF = F$ ,  $FKN = bKd = G$ : logo

”  $\frac{f(F-f)}{F} : F :: G : FEN$ , donde  $FEN = \frac{GF^2}{f(F-f)}$ ;

” porém temos  $IL : IE :: MEI : MLI$ , e  $IL$  he o

” comprimento do foco da lente, que chamaremos

”  $\Phi$ ,  $IE = IF + GF - GE = IF + If -$

”  $GE = Ff - GE = F - f$ ,  $MEI = NEF =$

”  $\frac{GF^2}{f(F-f)}$ , e  $MLI = \gamma$ ; logo  $\Phi : F - f ::$

”  $\frac{GF^2}{f(F-f)} : v$ , donde  $v = \frac{GF^2}{f\Phi}$  . ”

269. II. Os Telescopios, e Microscopios, que tem a imagem do objecto no foco da ocular, e do lado opposto ao olho, tem esta vantagem, que se póde medir todas as suas dimensões, fazendo mover em todo o espaço, que ella occupa, fios extremamente delicados, como são, os que subministrão os bichos de seda: (chama-se *Micrometro* huma maquina propria a dar aos fios este movimento, e a medir sua quantidade). Porque estes fios se vêm muito distintamente, e a ocular he a seu respeito hum Microscopio da primeira especie; ter-se-hão estas dimensões com tanta maior precisão, quanto mais augmentada for a imagem pela ocular. e quanto os fios se acharem mais exactamente no mesmo plano, que a ima-

gem; e he por este meio que se pôde assegurar quando o objecto, a luneta, e os fios estão fixos; move-se o olho em todo o sentido, sem que o mesmo ponto do objecto deixe de apparecer sobre hum mesmo lugar do fio.

270. Se pelo movimento do olho se percebe que o objecto não existe fixo a respeito dos fios, então diz-se que ha *parallaxe*, palavra, que exprime que se vê o objecto differentemente posto sobre os fios, segundo as differentes posições do olho. Corrige-se este defeito, movendo a grade, que leva os fios do Micrometro para a objectiva, ou ocular, segundo que se elevão o olho, o objecto parece elevar-se, ou abai-xar-se a respeito dos fios.

271. *O uso do Micrometro não he seguro, ou que vem a ser o mesmo, o effeito da parallaxe dos fios não he insensivel, senão á proporção que se dá menos extensão ao seu movimento, que a abertura da objectiva he menor, e o foco da ocular maior.* Porque a segurança deste instrumento depende da posição destes fios no plano preciso, em que os focos da objectiva e ocular coincidem exactamente: ora o foco da objectiva e ocular são (189) superficies esfericas, que se tocão fóra, e que não podem por consequencia suppôr-se coincidir em hum espaço sensivelmente plano, senão á proporção que este tem menos extensão, e que as duas esferas são de hum maior raio. Ver-se-ha adiante (279, e 298) que as imagens dos objectos não formão sensivelmente a superficie de

hum mesma esfera , senão quando se diminue a abertura das objectivas.

272. III. Sendo a mesma a abertura da objectiva de hum mesmo Telescopio , se se quer empregar successivamente differentes oculares para ver hum mesmo objecto , este será visto tanto mais obscuro , quanto o foco da ocular for mais curto. Porque as porções de raios parallelas , que se cruzão todos no lugar , em que o olho deve ser posto , formão huma especie de pyramide conica , cuja ocular he a base , e o olho o vertice : este vertice he tanto mais obtuso , quanto o foco da ocular he mais curto ; donde se segue que os raios de luz entrão no olho mais separados , ou menos densos , e por consequencia a imagem , que elles formão , he menos viva , ainda que maior. *A obscuridade das imagens he na razão inversa dos quadrados dos comprimentos dos focos das oculares.* Porque , a quantidade de luz sendo a mesma , (visto que abertura da objectiva he a mesma) , a obscuridade he tanto maior , quanto a densidade he menor : a densidade he tanto menor , quanto o espaço , que a luz occupa , he maior , isto he , quanto as áreas das imagens são maiores , e por consequencia quanto os quadrados dos diametros apparentes dos objectos são maiores. Assim a obscuridade nos Telescopios he na razão directa dos quadrados dos diametros apparentes das imagens. Mas (265) os diametros apparentes são na razão composta da directa dos comprimentos dos focos das objectivas , e da inversa da

dos focos das oculares ; e por consequência o comprimento do foco da objectiva sendo o mesmo , os diâmetros apparentes das imagens são na razão inversa dos comprimentos dos focos das oculares : logo a objectiva sendo a mesma , a obscuridade das imagens he na razão inversa dos quadrados dos comprimentos dos focos das oculares.

273. IV. Dois Telescopios , ou dois Microscopios se dizem igualmente bons na sua especie , quando elles fazem ver os objectos com a mesma claridade , ou com a mesma vivacidade de luz ; ora suppondo as objectivas , e as oculares de huma materia igualmente boa , de huma figura , e de hum polido igualmente perfeito , a claridade dos objectos he na razão composta da directa dos quadrados dos diâmetros da abertura da objectiva , e da inversa do quadrado do numero de vezes , em que cada Telescopio , ou Microscopio augmenta o diametro dos objectos. Logo se  $c$  exprime a claridade ,  $d$  o diametro da abertura ,  $a$  a distancia da objectiva á imagem ,  $b$  o comprimento do foco da ocular , e por conse-

quencia (265)  $\frac{a}{b}$  o numero de vezes , de que o

diametro dos objectos he augmentado , digo que  $c =$

$$\frac{b^2 d^2}{a^2} .$$

$$a^2$$

Porque as áreas das imagens , formadas sobre



a retina, são como as áreas das imagens, formadas pela objectiva; e estas são como os quadrados dos seus diâmetros, e por consequencia

$\frac{a^2}{b^2}$ . Logo, se as áreas sobre a retina são as mes-

mas, suas densidades serão como a quantidade de luz, que passar pelas aberturas das objectivas: esta quantidade he como a área das aberturas, e por consequencia como os quadrados dos diâmetros das aberturas. Assim os quadrados dos augmentos do diâmetro do objecto sendo os mesmos, as claridades das imagens serão como os quadrados dos diâmetros das aberturas das objectivas, ou  $c =$

$d^2$ . Mas, se as aberturas das objectivas forem iguaes, as quantidades de luz serão iguaes, e a claridade das pinturas será (272) na razão inversa dos quadrados

dos diâmetros das imagens, ou  $c = \frac{b^2}{a^2}$ . Logo,

sendo differentes as aberturas das objectivas, e igualmente os augmentos dos diâmetros dos objectos, a

expressão da claridade das imagens será  $c = \frac{b^2 d^2}{a^2}$ .

274. V. Os grandes Telescopios, como os que augmentão os diâmetros dos objectos 80, 100, ou

mais vezes, não podem servir para se ver distinctamente os objectos terrestres, mas sómente os astros. Porque a luz dos objectos terrestres, muito mais fraca, que a dos astros, se acha muito dispersa nas grandes imagens, que formão as objectivas destes Telescopios. Além disto, esta luz vem raspando a superficie da terra, ella he a cada passo embaraçada, ou desviada pelas moléculas, que se elevão na atmosfera, e que estão em hum agitação continua; donde resulta hum tremor em todas as partes da imagem, que parece mal terminada. Este ultimo inconveniente he sensível tambem, quando se observão os astros em hum tempo carregado de vapores humidos, ou agitados pelo calor, ou por hum vento muito forte, ainda que o Ceo pareça claro, e sem nuvens,

## CAPITULO VI.

*Dos obstaculos , que se encontrão na construcção dos Telescopios , e Microscopios , e que os tornão necessariamente imperfeitos.*

275. **E**Ncontrão-se duas sortes de obstaculos na construcção de todas as maquinas dioptricas , e catoptricas : a primeira provém da figura . que se deve dar ás superficies refrangentes , ou reflectentes ; a qual não pôde ser senão plana , ou esférica ; pelo menos he muito difficil , e quasi physicamente impossivel dar-lhe exactamente huma outra : a sêgunda provém da decomposição dos raios de luz , logo que se refrangem , ou reflectem.

## ARTIGO I.

*Dos obstaculos, que provêm da esfericidade das superficies, e do modo de os remediar.*

276. **T**emos visto no calculo das formulas, de que nos servimos (134, e 182) para determinar os comprimentos dos fócios das superficies esfericas refrangentes, ou reflectentes, que se tem supposto suas curvaturas insensíveis desde o eixo da esfericidade, que passa pelo objecto, até o ponto de incidencia do seu raio, e que toca obliquamente esta superficie. Nesta hypothese as formulas fazem ver que todos os raios, vindos de hum mesmo ponto, se vão cortar perto da sua refração, ou reflexão em hum só e mesmo ponto; e como esta hypothese não pôde ser verdadeira geometricamente, segue-se que não ha ponto unico, onde se verifique a intersecção de todos os raios, vindos de hum mesmo ponto de hum objecto, depois de reflectidos, ou refractos por superficies esfericas: e que assim o que temos chamado *foco*, ou lugar da verdadeira imagem, não pôde ser senão o lugar, onde se faz a intersecção da maior parte destes raios. Os pontos, onde se formão as intersecções dos outros, são tanto mais multiplicados, quanto a superficie refrangente, ou reflectente he de hum maior numero de grãos: pôde-se ver hum exemplo, e o calculo no n.º 136.

277. Cada ponto da intersecção sendo o lugar de huma imagem tanto mais sensível, quanto maior he o numero dos raios, que se cortão, vê-se *que todas estas imagens visinhas da verdadeira a devem tornar confusa, e desfigurada.*

278. Sendo dado o numero de grãos dá extensão de huma superficie refrangente, ou reflectente, pôde-se calcular o comprimento do fóco dos raios incidentes sobre suas extremidades (136, e 184), e comparando-o com o que se deduzio das formulas geraes para os fócos, se concluirá o espaço, que he occupado por estes dois fócos extremos. Este espaço não he attendível, senão nos Microscopios de refracção, onde, pela pequenez do foco da lente objectiva, a curvatura he muito sensível em huma pequena extensão de sua superficie.

279. Remedeião-se estes defeitos causados pela esfericidade das superficies, 1.<sup>o</sup> dando pouca abertura á superficie da objectiva, que se acha voltada para o objecto, de sorte que o arco, que mede sua extensão, seja de hum muito pequeno numero de grãos; attendendo com tudo que esta abertura não embarrace a entrada de luz sufficiente para tornar as imagens claras, e vivas: 2.<sup>o</sup> Pondo hum *diaphragma* no lugar do foco; he huma superficie negra, plana, e opaca com hum furo redondo, cujo diametro seja pouco mais ou menos igual ao da imagem do maior objecto, que se possa ver distinctamente por meio da ocular. As extremidades deste diaphragma emba-

ração os raios inuteis, e os absorvem. 3.<sup>o</sup> Pinta-se tambem o tubo por dentro de negro para desviar todos os raios, que vem dos objectos muito affastados do eixo, e que, entrando muito obliquamente, poderião depois de reflectidos no tubo vir a atravessar a imagem, ou a ocular, e tornar a visão confusa.

280. Sabios Geometras tem demonstrado quaes erão as curvaturas, que se deverião dar ás superficies refrangentes, e reflectentes, para fazer reunir em hum só, e mesmo ponto todos os raios, vindos tambem de hum mesmo ponto: porém infelizmente a esfericidade das superficies he o menor dos obstaculos, que se oppoem á perfeição das maquinas d'Optica.

## ARTIGO II.

*Dos obstaculos, que provém da decomposição dos raios de luz.*

**D**issemos, fallando da visão (15), que a luz era hum composto de raios de differentes especies, de cuja combinação dependião as côres: he necessario mostrar aqui em poucas palavras as principaes experiencias, sobre que se funda esta asserção.

281. I. Supponhamos huma casa escura (preparada como fica dito no n.<sup>o</sup> 5), que C (Fig. 38) seja huma pequena abertura, pela qual entre humra porção de

raios do Sol, e vá formar em D sobre hum papelão branco, ou sobre a parede opposta LK, huma imagem branca deste astro, composta (50) de tantos circulos luminosos confundidos, quantos pontos ha na superficie da abertura. Interceptando-se estes raios com huma das faces QR de hum prisma triangular de vidro de tal sorte posto, que seu eixo fique perpendicular ao dos raios, ver-se-ha a imagem branca D mudar-se em huma figura luminosa FG, mais alta, oblonga, redonda nas duas extremidades, achatada pelos lados, e composta das sete côres do arco Iris, de sorte que o espaço *r* he vermelho, o côr de laranja, *i* amarello, etc.

282. Donde se vê, 1.º que esta figura (ou *spectro*) não se pôde formar assim, sem que ao menos os raios, que sem o prisma existião confundidos em D, fossem separados pela refração sobre as duas faces inclinadas QR, PR.

283. 2.º Que a imagem D sendo branca, e o *spectro* FG composto de todas as côres successivas do arco Iris, a branca não deve ser mais que a *mistura de todas as côres*: e cada huma das outras proveniente sómente dos raios de huma certa especie. O que se prova além disto por huma infinidade de experiencias, entre outras as seguintes.

284. II. Pondo-se huma lente convexa no lugar, onde se acha o *spectro* FG, para reunir em hum mesmo foco todos os raios, que o compoem, e chegando hum papelão a este foco, vê-se nelle huma

imagem redonda, e branca. Approximando-o á lente, a imagem existe branca no meio; he terminada por baixo de vermelho, e por cima de azul purpura, porque neste lugar não he a reunião dos raios; affastando o plano hum pouco além do foco da lente, vê-se huma imagem branca no meio, vermelha por cima, e azul por baixo pelo cruzamento dos raios *nofo*.

285. Vê-se, 3.º *Que os raios vermelhos são os que se quebrão menos, isto he, são menos refrangiveis, depois os de côr de laranja, os amarellos, etc.* M. Newton determinou por medidas muito exactas que, da passagem do ar para o vidro, o seno de incidencia he para o de refração, (porque estes senos em huma relação constante nos raios da mesma especie), como se vê expresso na taboa seguinte.



Para todas as combinações successivas de raios verdadeiramente.

desde até

|                 |          |         |         |           |
|-----------------|----------|---------|---------|-----------|
| Vermelhos       | } como { | 1,54    | 1,5425  | } Para 1. |
| Alaranjados     |          | 1,5425  | 1,544   |           |
| Amarellos       |          | 1,544   | 1,54667 |           |
| Verdes          |          | 1,54667 | 1,55    |           |
| Azues           |          | 1,55    | 1,55333 |           |
| Purpura         |          | 1,55333 | 1,55555 |           |
| Côr de violetas |          | 1,55555 | 1,56    |           |

\* *Add. do Ed.* " Chama-se dispersão o apartamento, que tem entre si os raios de luz de diferentes côres, quando são encontrados por corpos refrangentes.

„ Depois das experiencias de Newton soube-se que a dispersão dos raios vermelhos he para a dos de côr de violeta :: 1,54 : 1,56 :: 77 : 78.

„ Newton julgava que a relação era constante, porém novas experiencias tem mostrado que he verdade para cada substancia, na agua he :: 133 : 134 :: 77 : 77,5, e nos vidros, em que entra a oxide de chumbo, he tanto mais consideravel, quanto sua quantidade he maior, no cristal observado por Clairaut a relação da refrangibilidade dos raios vermelhos para a dos de côr de violeta he :: 158 : 161 :: 77 : 77,5.

„ Zeiher compôz hum vidro de tres partes de

„ minio, e huma de pedra de cristal, no qual a re-  
 „ lação da refração dos raios vermelhos para os de  
 „ côr de violeta era :: 196 : 200 :: 77 : 81,8.

„ Assim sendo a relação de dispersão no vidro  
 ordinario

$$:: 1 : 0,5 :: 2 : 1$$

$$:: 1 : 1,5 :: 2 : 3$$

„ No cristal de Zeiher. :: 1 : 4,8 :: 2 : 9,6 „

286. He facil reconhecer com a vista os termos  
 confusos de cada huma das côres do spectro, e sua  
 figura oblonga, que não he outra cousa mas que  
 huma multidão de imagens circulares do Sol, que  
 são cada huma de huma côr mais ou menos escura,  
 segundo a ordem, que temos acima indicado.

287. III. Fazendo-se huma abertura no lugar do  
 papelão, onde se pinta o spectro FG, de maneira  
 que não passem senão os raios vermelhos, e oppondo-  
 se-lhe hum, ou successivamente muitos prismas, huma  
 ou muitas lentes de vidro; a luz, que as atraves-  
 sar, não formará senão imagens vermelhas, qualquer  
 que seja a refração ou reflexão, que se lhe faça  
 soffrer, qualquer a côr dos vidros, e dos planos,  
 por onde passar. Acontecerá sómente que a côr ver-  
 melha será mais ou menos viva, segundo forem as  
 côres destes vidros, e planos mais ou menos analo-  
 gos a ella. Succede o mesmo aos outros raios, os  
 quaes, separando-se huns dos outros, não perdem  
 mais a sua côr

288. Pôde-se reunir por meio de huma lente de

vidro duas, ou tres côres do espectro, e formar côres compostas, cujo resultado variará segundo as relações das quantidades dos raios de cada especie: pôde-se depois decompor por meio de hum prisma.

289 IV. Tome-se hum prisma isosceles QTH (Fig. 39) rectangulo em T. Sobre a face TQ se faça cahir perpendicularmente a porção AK de raios do Sol, a fim de não soffrer refração; huma parte representada por DL se reflectirá sobre a base HQ, sahindo ainda pouco mais ou menos perpendicularmente á face HT, (por causa do angulo recto T), e hirá, formando hum feixe de raios parallellos, de D para M; oppondo-se-lhe a face GE de hum prisma FGE pouco mais ou menos perpendicularmente, formar-se-ha hum espectro *vr* com todas as suas côres, (designadas pelas primeiras letras do seu nome (1)), ainda que fracas, pela reflexão sobre HQ do pequeno numero de raios. O resto dos raios da porção AD sahirá do prisma HTQ refracto, e dividido em raios de muitas côres DR, DO, DI, etc. Fazendo girar hum pouco o prisma HTQ sobre seu eixo, de maneira que o angulo de incidencia se faça maior, para

(1) Deve-se entender do seu nome em francez, a saber *rouge*, *orangé*, *jaune*, *verd*, *bleu*, *pourpre*, *violet*; vermelha, alaranjada, amarella, verde, azul, purpura, côr de violeta, ou roxa.

que a luz possa sahir refrangendo-se, e por consequencia deixando cada vez mais de se reflectir, ver-se-ha logo desaparecer o raio vôr de violeta DU, depois o côr de purpura DP, e assim por diante. Porém ao mesmo tempo as cores *v*, *p*, *b* do spectro *vr* hirão sendo successivamente mais vivas, o que mostra que os raios, que desaparecem, se reflectem sobre HQ, e se ajuntão á porção DM, e que os mais refrangiveis são tambem os primeiros, que se reflectem. Como se observa constantemente que não ha differença alguma sensivel entre o angulo de incidencia, e o de reflexão, parece que os raios côr de violeta são os primeiros a reflectir-se, porque já vem separados dos outros do ponto D, e que assim a reflexão só tem lugar depois de huma refração feita em hum muito pequeno espaço, comprehendido entre o ponto de incidencia, e o de reflexão, de sorte que os raios infinitamente pouco separados neste pequeno espaço pela refração, que soffrem, sahem pela reflexão debaixo de hum angulo igual á aquelle, debaixo do qual o ençontrarão.

## A R T I G O III.

*Appliação geral das propriedades precedentes da luz aos Telescopios , e Microscopios.*

290. **D**A diversa refrangibilidade dos raios de luz segue-se evidentemente, que o que temos chamado *imagem* de hum ponto, feita no foco de hum vidro, não he realmente senão huma serie de pontos córados *r, o, i, u, b, p, v*, (Fig. 40) arranjados segundo a ordem das côres do arco Iris, de sorte que o foco *r* dos raios vermelhos he o mais distante do vidro, e o foco *v* dos de côr de violeta he o mais proximo. Estes ultimos, sendo prolongados depois de ter cortado o eixo, vão atravessar, ou ao menos passar sobre os bordos das imagens, que se achão mais distantes, o que as torna confusas, ou pelo menos as faz apparecer rodeadas de franjas córadas, nas quaes a côr azul, e de purpura domina ordinariamente; he o que os Opticos chamão Iris.

291. Este inconveniente tem lugar principalmente nas imagens formadas pelas objectivas dos Telescopios, e Microscopios; sobre tudo, 1.º quando ellas se pintão distantes da objectiva, porque a separação da luz em raios córados, causada pela refração, fazendo-se debaixo de muito pequenos angulos, vem

a ser sensível á proporção da distancia da imagem á superficie refrangente, ou reflectente; 2.º quando a abertura da objectiva he grande, isto he, quando a extensão da sua superficie he hum arco de muitos grãos; porque quanto maior he esta abertura, tanto maior he tambem o angulo de incidencia dos raios, que cahem sobre suas extremidades; sua refração he logo proporcionalmente maior, e ao mesmo tempo os angulos, formados pelo apartamento dos raios córados, são tambem maiores; por consequencia as côres são mais separadas, e esta separação vem a ser muito mais sensível.

#### ARTIGO IV.

##### *Aplicação aos Telescopios, e Microscopios de refração.*

292. **F** Azendo no calculo da formula geral, achada acima (182),  $q = 1$ , e successivamente  $p = 1,54$  para os raios vermelhos, depois  $p = 1,56$  para os de côr de violeta, póde-se saber até onde se estende o spectro córado  $rv$  (Fig. 40) em hum Telescopio. Assim desprezando a espessura do vidro, ou fazendo  $e = 0$ ,  $r = R$ , e  $d = \infty$ , se reduzirá a formula a estoutra  $x = \frac{pr}{2p^2 - 2p}$ . Teremos logo para o foco dos raios vermelhos,  $x = 0,9259r$ , e para os de côr de violeta,  $x = 0,8928r$ . Ora he facil de ver

que a differença 331 entre estes dois coefficients he  $\frac{1}{28}$  do maior, por quanto 9259 dividido por 351 dá 28 por quociente: logo *todas as vezes que o objecto estiver a huma distancia infinita, o comprimento do spectro córado, formado pela diferente refrangibilidade da luz, será  $\frac{1}{28}$  do comprimento do foco da lente.*

293. Mas, porque a luz he a mais densa, que he possível, no lugar CD, que he sensivelmente o meio do spectro córado, e onde por consequencia se pôde suppôr o verdadeiro lugar da imagem dos objectos brancos, como são os astros, segue-se, 1.<sup>o</sup> *que em hum Telescopio os termos da visão confusa, e occasionada pela diferente refrangibilidade dos raios, são de huma e outra parte do verdadeiro lugar da imagem dos objectos, affastados  $\frac{1}{55}$  quasi do comprimento do foco da objectiva.*

294. Por causa dos triangulos semelhantes vCF, vAG, tem-se CF : Fv :: AG : Gv; logo CF he tambem  $\frac{1}{55}$  de AG: logo, 2.<sup>o</sup> *o diametro CD das franjas córadas, que rodeião a imagem F de hum ponto muito distante, he  $\frac{1}{55}$  da abertura da objectiva.*

295. ADV. I. Suppondo a imagem em CD; obser-

va-se que as imagens particulares  $r, o, j, u, b, p, v$ , a cobrem de huma nevoa, e os raios, que cortão  $CD$ , a rodeião de Iris; de sorte que, sendo cada ponto sensível de huma imagem córada de Iris, e acompanhada de nevoa, a imagem inteira do objecto se torna confusa.

296. COROLL. I. Se o objecto, visto por hum Telescopio, he de huma certa côr, vermelho por exemplo, he claro que, para o ver distinctamente, he necessario alongar o instrumento retirando a ocular, porque a imagem mais distincta está em  $r$ . Succederia o contrario, se o objecto fosse azul, ou côr de purpura: donde se vê que o *foco dos Telescopios, e Microscopios varia segundo a côr dos objectos*. Acontece o mesmo quando se observão os astros em tempo, que senão acha perfeitamente sereno; e á proporção que os vapores, ou ligeiras nuvens deixão passar mais raios de huma certa côr, que de outra; assim a imagem, a mais sensível deste astro, se pinta mais ou menos distante da objectiva, como notou Bouguer.

297. COROLL. II. Se em lugar de nos servirmos de hum vidro branco por objectiva de huma luneta, usassemos de hum, por exemplo, azul, que não deixasse passar senão raios desta côr, então as imagens, sendo formadas por meio de raios azues, não serião confusas, nem rodeadas de Iris, e calcular-se-hia exactamente seu verdadeiro lugar, e grandeza, empregando a relação de 1 para 1,551667 na formula dos



Telescopios , e Microscopios. Porém aconteceria , que estas imagens serão pouco distinctas pela fraqueza da luz.

298. COROLL. III. He evidente que , sendo os mesmos os angulos de dispersão dos raios córados , mais a recta AG será pequena , e igualmente CF. Póde-se mesmo affirmar que Fv será tambem mais pequena , por quanto a extensão do foco , causada pela esfericidade do vidro , será mais pequena (279). *Diminue-se logo o Iris , e as nevoas da imagem F , á medida que se diminuir a abertura da objectiva.* Mas como por este meio perde-se luz , á proporção da claridade da imagem , vê-se , que he necessario regular a abertura das objectivas de sorte , que entre luz sufficiente , que as imagens sejam as mais limpas possiveis , e sem Iris ; o que só se póde determinar pela experiencia , e segundo a bondade dos vidros , de que nos servirmos.

299. ADV. II. Fazendo calculos semelhantes para os Microscopios , segundo as circumstancias , e dimensões dadas , achar-se-hão os casos , em que o Iris , e as nevoas occupão hum espaço mais ou menos consideravel , e por consequencia são mais ou menos sensiveis ; donde se determinará que abertura se deve dar á objectiva para deixar entrar a maior porção de luz possivel , sem tornar a imagem confusa. Por mais segurança , póde-se cobrir a objectiva de diaphragmas de differentes diametros successivamente , para achar a que produz melhor effeito nas circumstancias presentes.

300. ADV. III. Os raios côr de purpura, e violeta do spectro são muito fracos, e quasi sempre insensíveis, pelo menos quando o objecto não tem huma luz extremamente viva, como a do Sol; os azues igualmente são assás fracos, como tambem os vermelhos, que se achão em *r*. Segue-se daqui, 1.º que nos Telescopios, e Microscopios he necessario diminuir muito o comprimento do spectro córado real, para o reduzir ao do spectro córado sensível, e o comprimento do diametro do Iris real, para o reduzir ao do Iris sensível. Mr. Newton achou que em lugar de  $\frac{1}{55}$  se podia substituir  $\frac{1}{240}$  quasi. 2.º Que o verdadeiro lugar CD da imagem F deve ser posto entre os focos dos raios amarellos, e alaranjados, onde, segundo as experiencias do prisma, he muito mais viva a luz: (este ponto se acha, fazendo na formula dos focos das lentes  $p = 31$ , e  $q = 20$ ).

301. ADV. IV. Diminuindo a abertura das objectivas, diminue-se algum tanto o Iris, e parece então tanto menor, e menos córado, ou para melhor dizer, menos distante da côr do objecto, quanto aquella abertura he menor, e o objecto mais luminoso: donde se segue que *os Iris augmentão o diametro apparente das imagens*; o que tem lugar tambem nos objectos observados á vista simples: a abertura da pupilla faz a respeito das imagens, que se formão no olho, o mesmo que a da objectiva a respeito das imagens, que estão no seu foco. Por

esta observação se dá a razão de muitas illusões opticas ; por exemplo , 1.º porque hum fogo , visto de longe , apparece debaixo de hum angulo maior do que se acha pelo calculo da sua largura real , comparada com a sua distancia. Mr. Picard observou que hum fogo de tres pés de largura , visto de noute por huma luneta a distancia de quasi 32000 toezas , ou 16 legoas , ou 16 legoas Parisienses , tinha hum diametro apparente de 8'' , quando não devia ser de mais de 3'' , e hum quarto. 2.º Porque as estrellas , que parecem ter hum diametro sensivel , desaparecem em hum instante , quando o bordo obscuro da Lua vem encontra-las caminhando assás lentamente. 3.º Porque as mais bellas estrellas parecem ter hum diametro á proporção menor , quando são observadas com hum longo Telescopio , do que com hum mais curto , que por consequencia augmenta muito menos os objectos. He necessario notar que as aberturas das objectivas dos longos Telescopios são á proporção menores , que as dos mais curtos. A hum Telescopio astronomico de 30 pés de comprido não se dá mais que 3 polegadas de abertura á sua objectiva , e a hum de 3 pés , quasi huma. 4.º Porque , observando-se a Lua com hum Telescopio , quando ella he ainda nova , e a luz , que a terra lhe envia , assás forte para fazer ver distinctamente a parte , que não he illuminada pelo Sol , vê-se que o semicirculo luminoso , que a termina do lado do Sol , he sensivelmente maior ,

que o que a termina do lado opposto. 5.º Porque, quando o bordo luminoso da Lua caminha para huma estrella da primeira grandeza para a occultar, esta estrella, cuja luz he muito mais viva, que a da Lua, não se eclipsa senão depois de ter parecido entrar toda sobre o disco da Lua: isto succede, quando a estrella he visivel, isto he, quando não passa por detrás do verdadeiro bordo da Lua; mas só se acha no espaço transparente, que occupa o Iris, que rodeia a Lua. \*

\* *Add. do Ed.* “ Estas explicações, que suppoem  
 „ que no olho cada raio córado tem hum fóco dif-  
 „ ferente, não podem pois ter lugar, se se admitte  
 „ com Euler que o olho seja acromatico: então es-  
 „ tes phenomenos se explicão pela irradiação da  
 „ luz. „

302. *Scholio.* De todas as observações precedentes se collige que o que temos dito he resultado da experiencia, e que, segundo as differentes maneiras, porque os corpos são illuminados, e córados, he que se póde regular a abertura das objectivas dos Telescopios, e Microscopios, o verdadeiro lugar das imagens, e o diametro dos diaphragmas, que se deve pôr para limitar o campo.

303. A respeito da proporção, que deve haver entre o comprimento do fóco da objectiva, e o da ocular, deve-se deduzi-lo tambem da experiencia, porque ha grandes variações segundo a perfeição das mesmas objectivas, e a luz dos objectos. Assim

com huma objectiva bem trabalhada, e huma boa ocular de hum fóco curto, poder-se-ha ver muito distinctamente hum objecto assás luminoso; pois que, sendo a imagem sem defeito, sensível, e bem viva pela regularidade das lentes, que não permitem que os raios se reunão senão no fóco, poder-se-ha ver por huma lente, que augmente muito: mas se o objecto he obscuro, só poder-se-ha vê-lo com huma ocular, que espalhe pouca luz, e cujo fóco não seja muito curto: ou, se a objectiva tiver algum defeito, o que torna tambem a imagem defeituosa, porque muitos raios, que a devem formar, se achão espalhados, ou reunidos fóra do foco, será necessario observallo com huma ocular, que augmente pouco, a fim de que os defeitos da imagem sejam menos sensíveis. Os objectos, que se pertende ver de dia, exigem tambem oculares mais fracas, por causa da grande luz, que, tendo entrado no olho do observador, turva a vista antes que o olho seja applicado á luneta.

304. Não se póde por tanto estabelecer sobre esta cousa regra alguma constante de pratica: só se poderá fazer pelo uso das maquinas dioptricas, e pelas medidas actuaes das dimensões daquellas, que são mais estimadas, poder-se-ha então saber proporcionar as partes das que se pertende construir pelo modelo daquellas: o que se deve entender tambem dos tubos, e em geral de todo o apparelho necessario ao uso destas maquinas.

305. Ajuntaremos sómente aqui as dimensões, que os melhores Obreiros dão ás Lunetas, e Microscopios ordinarios.

*Para huma luneta de quatro vidros.*

| Comprimen-<br>to do fóco<br>das objecti-<br>vas. | Diametro<br>da abertu-<br>ra das ob-<br>jectivas. | Comprimen-<br>to do fóco<br>das ocula-<br>res. | Diametro do<br>diaphragma<br>no fóco da<br>objectiva. | Augmento<br>dos diame-<br>tros appa-<br>rentes dos<br>objectos. |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|

|      |                      |           |                  |         |
|------|----------------------|-----------|------------------|---------|
| 1 pé | 4 lin. $\frac{3}{2}$ | 16 linhas | 4 linhas         | 9 vezes |
| 2    | 6 $\frac{1}{2}$      | 22        | 5 $\frac{3}{2}$  | 13      |
| 3    | 9                    | 26        | 7 $\frac{1}{2}$  | 17      |
| 4    | 11                   | 28        | 9                | 21      |
| 5    | 12                   | 30        | 10               | 24      |
| 6    | 13                   | 31        | 10 $\frac{3}{2}$ | 28      |
| 7    | 14                   | 34        | 11               | 30      |
| 8    | 15                   | 36        | 11 $\frac{1}{2}$ | 32      |

Esta taboa suppõe que as objectivas são boas, sem com tudo ser as melhores; porque estas poderião admittir oculares de hum fóco mais curto, e aberturas maiores.

*Para as lunetas astronomicas.*

Comprimento do fôco objectivas.    Diametro das objectivas.    Comprimento do fôco da ocular.    Augmento dos diametros apparentes dos objectos.

| Pés. | Poleg. | Linh.            | Poleg. | Linh.           | Quasi    |
|------|--------|------------------|--------|-----------------|----------|
| 1    | 0      | 6 $\frac{1}{2}$  | 0      | 8               | 20 vezes |
| 2    | 0      | 9                | 0      | 10              | 28       |
| 3    | 0      | 11 $\frac{1}{2}$ | 1      | 0 $\frac{1}{2}$ | 34       |
| 4    | 1      | 1                | 1      | 2 $\frac{1}{2}$ | 40       |
| 5    | 1      | 2 $\frac{1}{2}$  | 1      | 4               | 44       |
| 6    | 1      | 4                | 1      | 6               | 49       |
| 7    | 1      | 5 $\frac{1}{2}$  | 1      | 7 $\frac{1}{2}$ | 53       |
| 8    | 1      | 6 $\frac{1}{2}$  | 1      | 8 $\frac{1}{2}$ | 56       |
| 9    | 1      | 8                | 1      | 9 $\frac{1}{2}$ | 60       |
| 10   | 1      | 9                | 1      | 11              | 62       |
| 11   | 1      | 10               | 2      | 0               | 66       |
| 12   | 1      | 11               | 2      | 2               | 69       |
| 14   | 2      | 0 $\frac{1}{2}$  | 2      | 3               | 75       |
| 16   | 2      | 2                | 2      | 5               | 79       |
| 18   | 2      | 4                | 2      | 7               | 85       |
| 20   | 2      | 5 $\frac{1}{2}$  | 3      | 8 $\frac{1}{2}$ | 89       |
| 25   | 2      | 8                | 3      | 0               | 100      |
| 30   | 3      | 0                | 3      | 3 $\frac{1}{2}$ | 109      |
| 35   | 3      | 3                | 7      | 7               | 118      |
| 40   | 3      | 6                | 3      | 10              | 126      |
| 45   | 3      | 8                | 4      | 0 $\frac{1}{2}$ | 733      |
| 60   | 3      | 10               | 4      | 3               | 149      |

306. Quando as objectivas são muito boas, pôde-se-lhes dar aberturas maiores, e oculares de fóco mais curto. São estas, que, tendo 34 pés, e feitas por Campani, admittem facilmente oculares de duas polegadas e meia de fóco, e aberturas de 4 de diametro: então amplificação 163 vezes os diametros apparentes dos objectos celestes, que conservão huma claridade sufficiente.

307. A hum Microscopio de tres vidros deve-se-lhe pôr huma ocular de huma polegada de fóco, e quasi 9 linhas de diametro; o vidro do meio, posto a 8 linhas de distancia da ocular, deve ter 18 de fóco, e huma polegada de diametro. Pôde-se applicar differentes lentes objectivas, por exemplo de 6, 4, 2, e 1 linhas de fóco: mas suas aberturas devem ser pequenas, e sujeitas á bondade dos vidros. Sua distancia á ocular pôde ser de 6 polegadas, pouco mais ou menos. \*

#### *Das Lunetas acromaticas.*

\* *Ald. do Ed.* “ Suppõe-se ordinariamente na  
 „ construcção dos instrumentos dioptricos que os raios  
 „ luminosos parallellos, que atravessão huma lente,  
 „ se reúnem no fóco; porém, fazendo abstracção da  
 „ aberracção da esfericidade, se attendermos que a  
 „ distancia do fóco á lente depende da refrangibilida-  
 „ de, a qual he differente para cada especie de raios  
 „ córados, convencer-nos-hemos que ha tantos fócos,



„ como especies de raios córados, e poder-se-ha as-  
„ segurar facilmente que todos estes fócios são pos-  
„ tos entre o dos raios vermelhos, e dos roxos :  
„ que o destes se acha mais proximo da lente, e o  
„ daquelles mais distante ; que finalmente a distan-  
„ cia entre estes dois fócios augmenta proporcional-  
„ mente o raio das faces da lente ; donde se segue  
„ que as objectivas, cujo raio he muito grande,  
„ tem huma *aberração de refrangibilidade* conside-  
„ ravel ; he assim que se chama a distancia do fóco  
„ dos raios vermelhos á dos roxos.

„ Se o olho estiver posto no fóco de huma cer-  
„ ta especie de raios córados, verá o objecto da côr  
„ desta especie, e não haverá ponto algum, do qual  
„ possa receber luz branca ; porém em consequencia  
„ da aberração da esfericidade, não será o fóco de  
„ cada especie de raios hum ponto unico, de sorte  
„ que, reunindo-se muitos de diversas côres, poderá  
„ resultar a côr branca.

„ Quando huma porção de luz branca atravessa  
„ huma lamina de vidro, cujas duas faces são pa-  
„ rallelas, ella não se apresenta sensivelmente có-  
„ rada, mas se estas faces não são parallelas, en-  
„ tão se observa a luz córada nos bordos das lami-  
„ nas, e a intensidade desta côr he tanto mais sen-  
„ sivel, quanto o angulo daquellas faces he maior.  
„ Ora as faces das lentes são tanto mais obliquas  
„ huma á outra, quanto ellas se affastão mais do  
„ eixo, e perto deste eixo são quasi parallelas ; lo-

3, go a luz , que chegar ao olho pelo meio da nel-  
„ te , será sensivelmente branca , e a que chegar  
„ pelas extremidades será córada.

„ Acreditou-se muito tempo que era impossivel  
„ corrigir a aberração da refrangibilidade. Euler , (*me-  
„ morias de Berlin , Tomo III.*) , fez uso de lentes  
„ compostas de substancias differentemente refragentes,  
„ e estava persuadido que os olhos erãõ *acromati-  
„ cos* , isto he , que reunião em hum ponto todas as  
„ especies de raios córados , e pensava que , imi-  
„ tando a natureza , se poderia chegar ao mesmo re-  
„ sultado ; procurou pelo calculo os raios de curva-  
„ tura das superficies , que deviãõ separar as sub-  
„ stancias refrangiveis dadas , para formar huma lente  
„ acromatica ; mas , empregando depois numeros fun-  
„ dados nestas hypotheses , em lugar das verdadeiras  
„ refrangibilidades dos raios córados , os resultados ,  
„ á que chegou , não forãõ de utilidade alguma. *Dol-  
„ lond* , Optico Inglez , quiz empregar as refrangibi-  
„ lidades resultantes das experiencias de *Newton* , e  
„ achou , servindo-se do calculo de Euler , que pelo  
„ meio proposto por este Geometra , nada se podia  
„ obter. *Klengesierna* se oppóz aos resultados de  
„ *Newton* , e obrigou a *Dollond* a duvidar delles :  
„ este então repetio a experiencia de *Newton* , e  
„ achou que elle se tinha enganado. Tomou , como  
„ *Newton* , hum prisma d'agoa comprehendido entre  
„ duas laminas de vidro , dentro do qual pôz hum  
„ prisma , e fez variar o angulo do prisma d'agoa até

„ que a luz sahisse em huma direcção parallela á  
 „ aquella , com que tinha entrado. Newton dizia que  
 „ nestas circumstancias a luz sahia branca ; Dollond  
 „ não achou o mesmo resultado , mas sim observou  
 „ que , quando a luz sahia branca , não tinha então  
 „ a mesma direcção , que antes de ter atravessado  
 „ os dois prismas. Esta experiencia , da qual se ti-  
 „ nha concluido as relações de refrangibilidade dos  
 „ raios córados , se tem achado não exacta ; Dollond  
 „ medio as dispersões de muitas substancias , e achou  
 „ que as dos vidros , que hoje se chamão (1) *flint-*  
 „ *glass* , *crownglass* , estão na razão de 3 para 2 ;  
 „ empregou estes dois vidros para formar huma len-  
 „ te , que veio a ser acromatica.

„ As objectivas acromaticas tem sido á muito

(1) Os discipulos da Escola Polytechnica nas addi-  
 ções , que fizerão a este tratado , usarão das duas  
 palavras Inglezas *flintglass* , e *crownglass* : eu tambem  
 uso dellas. Consultando alguns dictionarios , e a pes-  
 soas peritas nesta materia sobre a melhor significa-  
 ção , achei que *flintglass* era hum cristal de huma  
 composição particular , e muito proprio para uso dos  
 instrumentos acromaticos , e *crownglass* hum vidro  
 semelhante ao de vidraças , porém muito transparen-  
 te , lizo , e optimo para a construcção dos Teles-  
 copios.

„ tempo compostas de duas lentes de *crownglass*, se-  
 „ paradas por hum vidro de *flintglass* concavo-con-  
 „ cavo : quando a luz, tendo entrado na primeira  
 „ lente de *crownglass*, se achava refracta, e decom-  
 „ posta, passava a entrar no vidro *flintglass*, on-  
 „ de a refração dos raios córados se fazia muito  
 „ mais fortemente, e em sentido contrario ; daqui  
 „ passava á segunda lente de *crownglass*, que reunia  
 „ em hum mesmo ponto os raios córados, que o vi-  
 „ dro de *flintglass* tinha separado.

„ Não se emprega hoje na coustrucção das ob-  
 „ jectivas mais, que dois vidros bem unidos (Fig.  
 „ 114) ; o primeiro OADG he huma lente de *crown-  
 „ glass*, o segundo de *flintglass* concavo-concavo  
 „ DBGHCE.

„ Muitos Geometras tem calculado os raios das  
 „ faces das lentes acromaticas ; porém nós não po-  
 „ demos fazer conhecer suas indagações ; limitar-nos-  
 „ hemos sómente a mostrar a possibilidade de appli-  
 „ car o calculo a estas sortes de questões. Principia-  
 „ remos pelo caso, em que as objectivas são com-  
 „ postas de dois vidros, e por simplicidade suppose-  
 „ mos, 1.º que os dois raios da lente de *crownglass*  
 „ são iguaes, 2.º que os dois vidros são assás finos  
 „ para que se possa desprezar sua espessura.

„ Chamemos  $d$  a distancia AL do ponto lumi-  
 „ noso á lente ADBG,  $r$  o raio do arco GAD ; o do  
 „ arco DBG será  $-r$ , e o do arco ECH desconhe-  
 „ cido seja R. O raio de luz LM, chegando á super-

„ ficie AD , se refrangerá , e tomará a direcção MF'' ,  
 „ em N mudará ainda de direcção , e se dirigirá por  
 „ NF' até o ponto O , onde refrangendo-se pela ter-  
 „ ceira vez se reunirá no fóco F. Chamemos a rela-  
 „ ção dos senos dos angulos de incidencia , 'e de re-  
 „ f. acção  $m$  , quando a luz passar do ar para a lente  
 „ de *crownglass* ;  $n$  , quando passar do ar para a de  
 „ *flintglass* ; então a relação dos senos dos mesmos  
 „ angulos será  $\frac{1}{n}$  , quando a luz passar do *flintglass*  
 „ para o ar , e  $\frac{n}{m}$  quando passar do *crownglass* para  
 „ o *f'lintglass*.

„ Ora , sabe-se que he  $AF'' = \frac{dmr}{(m-1)d-r}$  ;

„ e porque BF'' diffeere muito pouco de AF'' , ter-se-

„ ha  $BF'' = \frac{dmr}{(m-1)d-r}$  ; da mesma sorte , at-

„ tendendo as quantidades , que são negativas , e

„ que BF' se pôde tomar por CF' , será  $CF' =$

$$BF'' \frac{rn}{m} \qquad CF' \frac{R}{n}$$

„  $\frac{BF'' \frac{rn}{m}}{-(\frac{n}{m}-1)BF''+r}$  , e  $CF' = \frac{CF' \frac{R}{n}}{-(\frac{1}{n}-1)CF'+R}$  ;

$$-(\frac{n}{m}-1)BF''+r \qquad -(\frac{1}{n}-1)CF'+R$$

„ substituindo por CF' e BF'' seus valores , e redu-

„ zindo teremos  $CF' = \frac{drR}{(n-1)dr+(2m-n-1)dR-rR}$ .

„ Supponhamos agora que as relações  $m$  , e  $n$

1, são relativas á luz vermelha , e chamemos  $m'$   $n'$  as  
 ,, relações relativas á luz roxa , teremos tambem  $CF =$

”  $\frac{drR}{(n' - 1) dr + (2m' - n' - 1) dR - rR}$ , igualan-

3, do estes dois valores , e reduzindo , ter-se-ha  $nr +$   
 ,,  $2mR - nR = n'r + 2m'R - n'R$ , donde se tira

”  $R = \frac{r(n' - n)}{n' - n - 2(m - m')}$ : ora a experiencia dá

”  $n = 1,585$ ;  $n' = 1,615$ ;  $m = 1,54$ ;  $m' = 1,56$ ;

” logo  $R = -3r$ .

” Temos feito muitas abstracções , para que es-  
 ,, te resultado seja util aos Opticos : o calculo exacto  
 ,, conduziria a hum valor de  $R$ , que seria incommo-  
 ,, do emprega-lo ; os Artistas antes querem usar dos  
 ,, vidros ás apalpadelas , do que empregar o calculo ,  
 ,, que aliás exigiria experiencias preliminares sobre as  
 ,, dispersões das substancias, que estão á sua dispo-  
 ,, sição.

## ARTIGO V.

*Aplicação aos Telescopios, e Microscopios.  
Catadioptricos.*

308. **A** Experiencia tem mostrado que as imagens formadas pela reflexão são muito mais confusas do que as formadas pela refração. Concebe-se com effeito, visto que os raios depois de separados pela refração se vão afastando cada vez mais, que os differentes feixes, que formão, devem-se distinguir muito mais pelas suas côres. Porém na reflexão a separação dos raios parallellos não se faz, por assim dizer, senão no ponto de incidencia, ou no intervallo comprehendido entre o ponto de incidencia, e o de reflexão. Depois da reflexão, estes raios infinitamente pouco separados são ainda sensivelmente parallellos, o que faz que se não possa perceber esta separação; acontece sómente, que os feixes de raios reflectidos, sendo tantos, quantos antes, são hum pouco mais grossos. Não se deve por tanto perceber Iris nos Telescopios Catadioptricos, mas sómente alguma confusão nas imagens, causada por esta união dos raios, e pela esfericidade dos espelhos. Donde se segue que se póde dar aos espelhos objectivos dos Telescopios, e Microscopios huma abertura muito maior, que aos vidros objectivos do mesmo fóco, o que deve tornar as imagens muito mais vivas pela re-

flexão, e por consequencia distinctamente visiveis por meio de huma lente de hum fóco muito curto: podem logo parecer muito grandes sem com tudo deixar de ser claras; vantagem, que se não pôde achar nos Telescopios de refracção, sem que ao menos sejam tanto mais longos, como as taboas do artigo precedente fazem ver, e por consequencia tanto mais incommodos a manejar.

304. No uso dos Telescopios Catadioptricos da primeira especie, descripta n.º 246, servem-se de diferentes oculares, segundo a luz do objecto, que se quer ver, e a grandeza, de que se quer que seu diametro apparente seja augmentado. Eis-aqui as dimensões, que se podem dar ás partes deste instrumento para se conseguir hum bom effeito. (Veja-se Smith, Tomo I. pag. 364).



Comprimento do fôco do espelho concavo.      Diâmetro da abertura do espelho.      Comprimento do fôco da ocular.      Comprimento do medio do tubo.      Augmento dos diâmetros apparentes dos objectos.

| pés.          | Poleg. | Lin. | Lin. | Centes. | Quasi     |
|---------------|--------|------|------|---------|-----------|
| $\frac{1}{2}$ | 0      | 11   | 2,   | 00      | 36 vezes. |
| 1             | 1      | 6    | 2,   | 39      | 60        |
| 2             | 2      | 6    | 2,   | 83      | 102       |
| 3             | 3      | 3    | 3,   | 13      | 138       |
| 4             | 4      | 1    | 3,   | 37      | 171       |
| 5             | 4      | 10   | 3,   | 54      | 202       |
| 6             | 5      | 7    | 3,   | 73      | 232       |
| 7             | 6      | 3    | 3,   | 88      | 260       |
| 8             | 6      | 11   | 4,   | 01      | 287       |
| 9             | 7      | 7    | 4,   | 13      | 314       |
| 10            | 8      | 2    | 4,   | 24      | 340       |
| 11            | 8      | 9    | 4,   | 34      | 365       |
| 12            | 9      | 4    | 4,   | 44      | 390       |

Sobre o pequeno espelho plano IH (Fig. 35), he de advertir, que deve ser oval, porque corta de baixo de hum angulo de  $45^{\circ}$  o eixo Ao' da pyramide conica Do'D dos raios incidentes parallelamente ao eixo: suas dimensões se regulão sobre o espaço, que todos os raios reflectidos occupão no lugar, onde se deve pôr o espelho para fazer uso da ocular, cujo fôco he o mais curto; o que se pôde facilmente calcular. Eu tenho hum semelhante Telescopio,

cujo fóco do espelho objectivo he de 2 pés ; o pequeno espelho tem 7 linhas na sua maior largura, e 5 na menor.

*Do Iris.*

\* *Add. dos Ed.* “ A refração da luz através das moleculas d’agoa espalhadas no ar produz este meteóro chamado *Iris*, ou *arco celeste*, formado de hum, ou muitos arcos córados, que se observão sobre as partes obscuras do Ceo, quando se tem as costas voltadas para o Sol, e que chove a hum certa distancia. Algumas vezes só se percebe hum arco, outras dois, e em algumas circumstancias tres, e quatro. Cada hum delles apresenta todas as côres, que resultão da decomposição da luz branca pelo prisma, e na mesma ordem ; mas inversa de hum arco a outro.

Assim hum arco de hum fileira impar apresenta de dentro para fóra as côres nesta ordem.

{ Roxa.  
Azul.  
Verde.  
Amarella.  
Alaranjada.  
Vermelha.

Hum arco de hum fileira par apresenta de dentro para fóra as côres nesta ordem.

{ Vermelha.  
Alaranjada.  
Amarella.  
Verde.  
Azul.  
Roxa.

„ A intensidade das côres destes arcos vai sempre diminuindo, principiando pelo inferior, que he tambem o mais observado.

„ Tem-se medido o angulo, do qual, sendo o olho de hum observador o vertice, hum lado passa pelo centro do Sol, e o outro por hum ponto de hum arco côrado; tem-se achado que este angulo he constante para todos os pontos de hum mesmo arco. Cada hum destes arcos deve logo parecer hum circulo; por quanto está sobre a superficie de huma pyramide conica recta, cujo vertice existe no olho, e o eixo he a linha tirada pelo centro do Sol. Todas as observações constantemente tem dado estes resultados: o angulo correspondente ao circulo roxo do arco inferior de  $40^{\circ} 16'$ ; o do circulo vermelho do mesmo arco de  $42^{\circ} 11'$ ; o que dá a este arco, ou antes a esta zona, huma largura de  $1^{\circ} 55'$ ; o do circulo vermelho do segundo arco de  $50^{\circ} 58'$ ; o do circulo roxo do mesmo arco de  $54^{\circ} 9'$ ; estes dois arcos comprehendem logo huma zona de  $3^{\circ} 11'$ .

„ Observando-se as quedas consideraveis d'agoa, nas quaes este liquido fica extremamente dividido, os esguichos d'agoa, que se elevão a huma grande altura, as rodas na agoa, cujo movimento he muito violento, finalmente tudo o que divide, e espalha agoa no ar, notão-se phenomenos analogos ao Iris; mas he necessario sempre estar posto entre o Sol e esta agoa.

„ A' muito tempo, que os Physicos procuravão  
 „ explicar hum meteoro tão constante nas suas ap-  
 „ parencias; quando *Antoine de Dominis* em 1611  
 „ fez ver, que o arco inferior resultava da decom-  
 „ posição da luz, penetrando as gotas d'agoa, e da  
 „ reflexão no fundo destas gotas; que o segundo arco  
 „ era formado por duas reflexões; o terceiro por  
 „ tres, etc. *Descartes* conheceo que sua explicação  
 „ não era sufficiente; e he a *Newton*, que se deve  
 „ a mais completa.

„ As gotas d'agoa suspensas no ar, e formadas  
 „ pela adherencia de suas moleculas, tem huma fór-  
 „ ma pouco mais ou menos esférica; examinemos  
 „ logo o que deve resultar da chegada de huma por-  
 „ ção cylindrica de raios parallelos á superficie de  
 „ huma esfera transparente. Este cylindro, sendo ne-  
 „ cessariamente tangente á esfera, he circular, e tem  
 „ por eixo o raio de luz, que passa pelo centro des-  
 „ ta esfera: vejamos por mais simplicidade o que terá  
 „ lugar em hum plano meridiano qualquer.

„ Primeiramente todo o raio de luz, que chegar a  
 „ este meridiano sobre este circulo transparente, se re-  
 „ frangerá, e se reflectirá neste plano; pois que cor-  
 „ ta a esfera em duas partes symmetricas. Além de  
 „ que, 1.<sup>o</sup> a relação entre o seno do angulo de inci-  
 „ dencia, e de refracção he constante para dois mes-  
 „ mos meios; 2.<sup>o</sup> o angulo de incidencia igual ao de  
 „ refracção. Depois de conhecidas estas leis, a marcha  
 „ da molecula luminosa he determinada; vamos agora

„ procurar a expressão geral do angulo formado pelo  
 „ raio incidente, e o emergente, que se chama *an-*  
 „ *gulo de emergencia.*

$$\text{Sejão } \left\{ \begin{array}{l} \pi = \text{a semicircunferencia, cujo raio} \\ \quad \text{he a unidade.} \\ y = \text{a metade do angulo procurado.} \\ m = \text{ao angulo de incidencia.} \\ n = \text{ao de refração.} \\ p = \text{ao numero de reflexões.} \end{array} \right.$$

„ Attendendo ás leis acima indicadas, e á figura  
 „ 118, que representa a secção feita por hum plano  
 „ meridiano, he facil de ver que  $BC = CD =$   
 „  $DE =$ , etc., e que o triangulo ABO dá

$$„ \text{OAB} = y = \pi - \text{ABO} - \text{AOB.}$$

$$„ \text{ABO} = \pi - m.$$

$$„ \text{AOB} = \frac{1}{2} [ 2 \pi - (p + 1) \text{BOC} ],$$

„ O triangulo BCO, sendo isosceles, dá

$$„ \text{BOC} = \pi - 2n,$$

„ donde teremos

$$„ y = (p - 1) \frac{\pi}{2} - [(p + 1)n - m] \dots (A).$$

„ Todas as vezes que se achar  $y$  negativo, será  
 „ claro que o raio emergente não encontra o raio  
 „ incidente, mas sim seu prolongamento. Esta for-  
 „ mula dará o valor de  $y$  para cada valor de  $m$ ; pois

„ que  $n$  he função de  $m$  pela equação  $\frac{\text{sen. } m}{\text{sen. } n} = a.$

„ Notemos que,  $a$  tendo hum valor particular

„ para cada raio córado, hum só raio branco inci-  
 „ dente produzirá huma infinidade de raios emergen-  
 „ tes diversamente córados; os incidentes, que pre-  
 „ cederem, e que se seguirem, soffrerão a mesma  
 „ decomposição; de hum só ponto da gota d'agua  
 „ chegará logo ao olho huma infinidade de moleculas  
 „ luminosas de côres differentes, o que causará ao  
 „ observador a sensação de branco, ou antes da côr  
 „ da combinação. He necessario logo que entre a  
 „ multidão de raios incidentes hajão alguns, que  
 „ obrem de huma maneira particular.

„ Com effeito concebe-se que, se hum raio  
 „ emergente córado he tal, que haja hum outro in-  
 „ finitamente proximo, que lhe seja paralelo, a re-  
 „ união delles, partindo de hum mesmo ponto pro-  
 „ duzirá sobre o olho huma sensação muito mais  
 „ forte, que a dos outros raios isolados; por quan-  
 „ to haverá de mais não só duas moleculas da mes-  
 „ ma côr, que partirão de hum mesmo ponto, mas  
 „ tambem hum maior numero: os raios emergen-  
 „ tes, que precedem, e que se seguem, devem ser  
 „ muito pouco divergentes pela lei da continuidade.  
 „ Chama-se raio efficaz este feixe córado, que sahe  
 „ paralelo: he este, que se deve distinguir entre  
 „ os outros, e que dá origem ao Iris.

„ Se dois raios emergentes consecutivos são pa-  
 „ rallelos, he necessario que a hum augmento infi-  
 „ nitamente pequeno de  $m$  corresponda hum de  $y$ ,  
 „ que seja nullo, ou, por outras palavras, que o

„ limite da relação  $\frac{\Delta y}{\Delta m} = 0$ : ora este limite he

„  $\frac{dy}{dm}$ , he necessario logo para os raios efficazes

„ que  $y$  seja tal, que  $\frac{dy}{dm} = 0$ . Vamos exprimir es-

„ ta condição: para isto differenciaremos a equação

„ (A), e teremos

$$„ \frac{dy}{dm} = - \left\{ (p+1) \frac{dn}{dm} - 1 \right\} = 0;$$

„ temos tambem  $\text{sen. } m = a. \text{sen. } n$ ,

„ que differenciada dá

$$„ \frac{dn}{dm} = \frac{\text{cos. } m}{a. \text{cos. } n};$$

„ eliminando  $\frac{dn}{dm}$ , resultará

$$„ (p+1) \text{cos. } m = a. \text{cos. } n$$

„ elevando ao quadrado, e sommando com a equação

„  $\text{sen.}^2 m = a.^2 \text{sen.}^2 n$  teremos  $(p+1)^2 \text{cos.}^2 m$

„  $+ \text{sen.}^2 m = a^2$ , ou

$$„ \left[ (p+1)^2 - 1 \right] \frac{\text{cos.}^2 m = a^2}{\sqrt{a^2 - 1}} - 1, \text{ logo}$$

$$\text{cos. } m = \pm \frac{a}{\sqrt{(p+1)^2 - 1}} \dots (B).$$

„ Por meio desta formula, e das taboas, sendo  
 „ conhecido  $a$  para cada hum dos raios córados, po-  
 „ deremos achar  $m$ ;  $n$  será determinado pela equa-

„ ção  $\frac{\text{sen. } m}{\text{sen. } n} = a$ , e finalmente pela equação

„ (A). „

„ Podemos agora completamente explicar o phe-  
 „ nomeno. Seja CD (Fig. 119) a linha tirada pelo  
 „ olho, e o centro do Sol: hum plano qualquer pas-  
 „ sando por esta linha cortará o horisonte seguindo  
 „ AB, e conterà dois (1) feixes de raios vermelhos  
 „ efficazes, parallelos, e produzidos por huma só re-  
 „ flexão. Hum destes feixes passará acima do obser-  
 „ vador; quando o outro, encontrando a linha CD,  
 „ terá necessariamente hum de seus raios, que tocará  
 „ o olho posto em O, e que fará ver hum ponto ver-  
 „ melho na direcção OI. O mesmo effeito terá lugar  
 „ em todos os planos, que passarem pela linha CD;  
 „ o observador verá logo hum circulo vermelho tal  
 „ como mostra o angulo  $IOD = 2y$ . O que temos  
 „ dito dos raios vermelhos efficazes á primeira refle-  
 „ xão, póde-se applicar a todo outro raio efficaz,  
 „ devido a hum numero qualquer de reflexões. Ora,  
 „ sendo  $y$  calculado pelas formulas acima, vem a ter  
 „ o mesmo valor, que o dado pela observação; sen-  
 „ do assim a theoria conforme com os factos, a ex-  
 „ plicação será tambem sufficiente, como se podia  
 „ esperar.

---

(1) Tendo  $\cos. m$  dois valores.



„ Vê-se também como, quando o Sol se acha  
 „ elevado acima do horizonte de hum angulo maior,  
 „ que o de emergencia de hum raio efficaz, o circulo  
 „ correspondente do arco celeste deixa de ser visto.

„ Os Iris produzidos pela Lua não tem sido tão  
 „ bem observados, porque são quasi sempre insensi-  
 „ veis, pois a luz, que nos envia este Astro, he muito  
 „ menos intensa, que a do Sol. Delles não temos fal-  
 „ lado, posto que a explicação seja absolutamente  
 „ a mesma. „

---

## CAPITULO VII.

*Diversas questões sobre a Optica.*

**A** Necessidade de ser breve nestas lições, e a íntima conexão de hum grande numero de partes da Optica com a Physica experimental, que não faz o objecto dos nossos exercicios, nos obrigão a deixar em silencio huma infinidade de indagações curiosas, e interessantes. Com tudo para suprir aquellas, que tem menos dependencia da Physica, e para exercitar os principios dados, vamos propor algumas questões, indicando sómente as respostas.

310. I. *Porque razão se vê grandes rasilhos*

*de luz, quando se recebe ás escuras alguma pancada na cabeça?*

A pancada põe em movimento, e faz tremer, durante algum tempo, todas as partes elasticas da cabeça, e por consequencia tambem as fibras dos nervos opticos, o que excita huma sensação semelhante á de huma luz confusa.

311. II. *Porque através das vidraças se vêem muito melhor as pessoas, que passam pela rua, do que ellas nos vêm através dos mesmos vidros?*

Os que estão na rua, achão-se em huma grande claridade, onde o pequeno numero de raios, que sahe da casa para as vidraças, faz pouca impressão, pelo contrario succede aos que estão dentro da casa.

312. III. *Porque, observando-se em hum dia claro a cabeça de huma agulha, posta perto do olho, e entre este e hum pequeno foramen, feito em hum cartão com a ponta de hum a'finete, apparece esta cabeça pela parte posterior do cartão, e invertida?*

Vê-se pela parte posterior do cartão, porque está muito perto do olho, e invertida, pela mesma razão que hum observador, posto por fóra de huma casa escura, olhando por huma abertura sem com tudo impedir a entrada da luz, vê as imagens invertidas dos objectos externos.

313. IV. *Porque huma braza rapidamente movida nos representa huma fita de fogo?*

A impressão da luz sobre a retina causa promptos movimentos, que tem huma certa duração, em cujo tempo a sensação existe a mesma: e estes movimentos subsistem todo o tempo da revolução da braza, logo que se lhe faça descrever muito velosamente hum pequeno circulo.

O sentido da vista he hum dos mais demorados: a passagem successiva e rapida de muitas côres diferentes não pôde causar outras tantas impressões distinctas, nem hum prazer semelhante, ao que nos offerece o ouvido por huma serie de sons harmonicos, produzidos rapidamente.

314. V. *Porque se vê muitas vezes hum grande numero de nuvens brancas, dispostas em cintas circulares pouco largas, e que se reúnem todas em hum mesmo ponto no horisonte?*

Quando as nuvens muito ligeiras, e por consequencia muito altas, se achão separadas humas das outras, hum vento hum pouco alto, e paralelo ao horisonte, as conduz para o mesmo lado em longas cintas parallelas entre si, e ao horisonte, as quaes devem (82) parecer tender a hum mesmo ponto de reunião na linha de nivel, que passa pelo olho, e por consequencia pelo horisonte. E porque se vêm estas cintas muito distantes, como se estivessem postas sobre o fundo da abobada celeste, ellas parecem circulares.

315. VI. *Porque, observando-se hum lustre com muitas luzes, suspenso por huma corda, e girando*

sobre seu eixo, acontece muitas vezes, que huns sustentão que elle gira em hum sentido, e outros em sentido opposto, ainda que o veção de hum mesmo lugar?

As luzes formão todas pela sua disposição hum circulo; refere-se o movimento do lustre ao diametro, que passa pelo olho. A huma distancia algum tanto consideravel não se póde affirmar qual he a luz, que está na extremidade deste diametro, a mais distante do olho (89), principalmente quando o plano do circulo passa pouco mais ou menos por elle, ou quando senão attende ao effeito da perspectiva. Logo de duas pessoas, que observarem huma das luzes do lustre, huma como a mais proxima, e outra como a mais distante, a primeira o verá girar em hum sentido, e a segunda em sentido opposto.

A mesma cousa póde acontecer a duas pessoas, que vêm muito obliquamente o plano de huma ventoinha, ou as aspas de hum moinho de vento hum pouco distante.

316. VII. *Donde provém o deslumbramento, que se experimenta, quando se passa da obscuridade para huma grande claridade, e a cegueira quando da claridade para huma obscuridade mediocre?*

Na obscuridade a pupilla acha-se summamente aberta; na grande claridade sua abertura he muito pequena. O movimento do Iris, pelo qual se dilata, ou se contrahe, não he muito prompto: a luz cabindo subitamente sobre ella muito aberta entra em

muito grande quantidade para fazer huma imagem distincta (288); ella causa movimentos, e tremores muito violentos aos orgãos da vista, donde resulta o deslumbramento. Hum olho, cuja pupilla se acha muito contrahida, e que passa subitamente para a obscuridade, não recebe luz sufficiente para distinguir cousa alguma, em consequencia do que apparece a cegueira, que deixa de existir, quando a pupilla tem tido tempo de se dilatar sufficientemente.

317. VIII. *Porque hum objecto posto muito perto do olho, e visto por hum muito pequeno furo de alfinete, feito em huma folha de papel negro, parece tanto maior, quanto elle se acha mais perto do olho; quando, sendo observado sem este papel, parece sensivelmente da mesma grandeza, ainda que o pouhemos a diferentes distancias?*

A visão faz-se perfeitamente por este furo (213), e o papel posto sobre o olho embarça a vista dos objectos circumvisinhos, e não deixa julgar da sua grandeza, senão pela das imagens formadas no olho.

318. IX. *Porque hum papel molhado parece mais pardo, e mais transparente?*

Hum papel secco, tem os poros embarçados com fios entrelaçados; o licôr, que os penetra, dispõe estes fios de maneira, que elles se tornão pequenos tubos cheios de licôr, e proprios para transmittir a luz; o que dá ao papel huma transparencia, tirando-lhe o resplendor, que tinha dos raios, que não podião penetrar.

319. *Porque certas pessoas vêm melhor á noite do que outras?*

Succede isto aos myopes, que vem distinctamente, e sem esforço os objectos visinhos; quando os que tem huma boa vista são obrigados a apertar os olhos, e por consequencia a contrahir a pupilla para ver os objectos muito proximos, o que faz que elles recebam inuito menos luz, do que os myopes.

320. XI. *Porque os myopes vêm ordinariamente os objectos distantes maiores, do que os que tem huma boa vista?*

As imagens distinctas fazem-se no olho no ponto de intersecção dos raios de luz, vindos de hum mesmo ponto: o olho myope não recebe sobre a retina todos estes raios, senão além do seu ponto de intersecção, e por consequencia em hum lugar, onde elles são feixes mais afastados huns dos outros.

321, XII. *Porque aquelles, que se tornão presbytos, não podem ler letras miudas sem as expor á claridade do Sol, ou approxima-las a huma luz viva?*

Huma luz muito viva faz contrahir a pupilla, e a reduz a huma abertura muito pequena, através da qual a visão he distincta (213).

322. XIII. *Porque aquelles mesmos, que tem huma vista boa, se persuadem ver huma especie de cara na lua cheia, quando com hum Telescopio não se vê apparencia alguma disso?*

Ha sobre a Lua, e principalmente junto dos seus

dois bordos oppostos grandes manchas, ou para melhor dizer, grandes espaços mais obscuros, que o resto: (os Astronomos chamão a estes grandes espaços obscuros *mares da Lua*). Esta multidão de manchas não chega aos bordos, nem até o centro; mas he disposta de huma, e outra parte do centro, e separada por huma cinta mais clara, que atravessa a Lua pelo meio do seu disco, e que apresenta tambem junto ás suas duas extremidades longas manchas estreitas, e pontas brilhantes. Não ha duvida que a grande distancia da Lua á terra, e o resplendor da sua luz total impede ver bem distinctamente as verdadeiras figuras destes espaços claros, e obscuros. Isto, e a prevenção recebida á vista das imagens da Lua cheia desenhada como huma cara, faz que os dois grandes espaços obscuros, terminados de hum claro vivo junto á circumferencia da Lua, e separados por hum claro no meio, pareção formar as faces, e o claro do meio o nariz, e os mais espaços obscuros o resto da cara. Porém os Telescopios, fazendo ver bem distinctamente todas as partes da Lua, desvanecem todas as apparencias de cara.

323. Isto nos conduz a huma observação importante. Se o resplendor da Lua fosse a principal causa da confusão, com que se vião suas manchas; isto se remediaría facilmente observando-a por huma pequena abertura (212). Com tudo, ainda que estas manchas sejam assás grandes, e muito boa a vista do observador, não se pôdem ver bem terminadas.

nadas, senão por meio de hum Telescópio; he necessario logo que a Lua esteja além do alcance ordinario da melhor vista: e como ella se acha distante da terra quasi 90000 legoas, e por consequencia os raios, que hum mesmo ponto da sua superficie nos envia, são tão sensivelmente parallellos, quanto he possivel, segue-se claramente que *o parallelismo dos raios de luz, entrando em hum olho de vista excellenté, não pôde causar huma visão distincta, mas sim lhe he neecessaria alguma divergencia*: sem isto com effeito os objectos os mais distantes serião vistos muito distinctamente; o que he evidentemente falso, e contrario á experiencia. Por meio dos Telescopios pôde-se procurar a divergencia, que he necessaria aos raios de luz; pôde-se por consequencia ver sempre distinctamente os objectos, sendo tudo o mais igual. Porém para isto não deve o fóco da ocular concorrer exactamente com o lugar da verdadeira imagem formada pela objectiva; deve ser hum pouco além, a fim de que os raios saião divergentes. A differença entre tanto he quasi imperceptivel nos Telescopios, mas he sensivel nos microscopios tanto simples, como compostos, á proporção do augmento, que elles dão aos diametros apparentes dos objectos, e segundo a conformação do olho do observador. Por tanto não he necessario tomar em rigor as regras geraes, que temos dado, tanto para a construcção, como para o calculo dos effeitos dos Telescopios, e Microscopios, e que suppoem que



para a visão distincta das imagens os raios devem sahir das oculares em feixes parallellos. Nós nos firmamos nesta hypothese, porque o parallelismo he hum caso simples, e pouco mais ou menos aquelle, que convem á natureza dos olhos bem formados. Estas regras podem logo passar por sufficientemente exactas nos Telescopios; porém nos Microscopios devemos suppô-las proprias a determinar pouco mais ou menos as circumstancias necessarias para se ver distinctamente os objectos, e para conhecer a relação entre sua grandeza real, e apparente, de maneira que não haja mais, que huma pequena tentativa a fazer, para ter a melhor posição dos vidros entre si, e em relação com o objecto, e a corrigir o calculo das regras geraes pela medida das dimensões, que a experiencia tiver determinado nos differentes casos.

324. XIV. *Porque, quando o Sol, ou huma outra luz viva, illumina o interior de hum vaso redondo, vê-se dentro duas espeeies de semicirculos luminosos, que se ajuntão em fórma de coração, e cujo ponto de reunião se approxima tanto mais do centro, ou do eixo do vaso, quanto a luz se approxima tambem deste vaso?*

Estas curvas luminosas são o effeito das intersecções muito visinhas dos raios de luz reflectidos sobre cada hum dos pontos consecutivos da semicircumferencia concava do vaso illuminado, como o faz ver a Fig. 41. O fóco B desta semicircumferencia, e sua

distancia ao centro depende (145) da do objecto luminoso á circumferencia illuminada. As duas curvas AB, BC, chamão-se *causticas por reflexão*,

325. XV. Porque, *desembainhando-se huma espada diante de hum grande espelho esférico-concavo, se causa terror aos que nelle se olhão?*

Quando a espada se acha situada entre o centro, e o fóco do espelho, sua imagem invertida está da parte de cá do espelho, e do mesmo lado, que os espectadores; esta imagem se affasta (143) á medida que a espada se approxima realmente, a ponta parece por consequencia caminhar para os espectadores.

326. XVI. Porque, *quando o Sol, a Lua, ou qualquer outra luz semelhante á de hum astro, illumina huma agoa corrente, como a de hum rio, vê-se sobre sua superficie hum muito grande rastilho luminoso, tremulante, e interrupto?*

As partes da agoa corrente escorregão humas sobre outras em pequenas laminas, que fazem o effeito de outros tantos espelhos planos differentemente inclinados, e que mudão a todo o instante de grandeza, de lugar, velocidade, e inclinação: humas vezes se apresentam de hum lado do observador, e outras do outro.

327. XVII. Porque, *olhando-se muito obliquamente para hum vidro de espelho, vê-se cinco, ou seis imagens de huma véla acceza posta perto deste espelho?*

A espessura do vidro he composta de muitas laminas postas humas sobre outras, e cujas superficies fazem o effeito de outros tantos espelhos planos.

328. XVIII. *Porque, quando huma vara direita se acha parte mergulhada na agoa, parece sempre de tal sorte quebrada a sua superficie, que, quando o olho de hum observador está no plano do angulo quebrado, a porção, que está na agoa, parece tanto mais curta, e mais inclinada para o observador, e para a superficie da agoa, quanto a porção, que está fóra da agoa, he mais inclinada para a superficie da agoa do lado, onde se achu o observador.*

A resposta he facil á simples inspecção da Fig. 42, onde os raios HT, GT, que partem da extremidade T da vara, sendo quebrados, e depois recebidos pelo olho em O nas direcções HO, GO, parecem concorrer em  $\tau$ ; de maneira que o olho em O vê a parte BT, como se fosse B $\tau$ , quando em O a veria, como se fosse Bt.

329. XIX. *Porque os objectos, vistos através de huma porção da agoa, ou vidro de espelho, hum pouco espesso, parecem maiores, mais proximos, e muitas vezes mais claros?*

Seja IK (Fig. 43) a abertura da pupilla. O objecto O he visto através do vidro pelos raios extremos OBDI, e OCEK, que parecem vir da ponto o, e formar hum angulo IoK, maior que o angulo a vista simples IOK. Os raios que vem do objecto, e

passão pelo vidro entre B, e C, chegam ao olho ; á vista simples não podem chegar, senão os comprehendidos entre F, e G, e que são por consequencia em menor quantidade.

330. XX. *Porque hum mergulhador estando debaixo da agoa vê os objectos muito confusamente ?*

A refracção da luz na passagem do ar para a agoa he tão grande, como a que se faz no nosso olho : logo, quando o olho está dentro da agoa, a refracção, que nelle ha, he muito pequena, e por consequencia incapaz de formar imagens distinctas, só sim muito além da retina

331. XXI. *Porque o cristallino dos peixes he hum globo sensivelmente esferico, e solido ?*

O humor aquoso he inutil aos olhos dos peixes, e se o seu cristallino fosse ôco do mesmo modo que nos animaes terrestres, a visão não teria campo sufficiente, foi logo necessario que tivessem o cristallino debaixo da pupilla, que ella fosse muito aberta, que seu cristallino fosse mais denso para tornar a refracção maior, e que fosse esferico para haver pouco intervallo entre sua superficie interior, e o fundo do olho.

332. XX I. *Porque aquelles, que olhão para huma tocha apertando os olhos, ou chorando, vêm sahír rastilhos de luz, formando angulos, cujos lados vem terminar na parte superior, e interior do olho ?*

He effeito de huma refracção irregular, que se faz nos licôres, que humedecem as palpebras, quando

se approximaõ das extremidades da pupilla apertando-se os olhos , e naquelles , que se espalhão sobre a cornea , quando se chora.

333. XXIII. *Porque hum objecto , visto através de hum vidro de muitas faces , parece multiplicado á proporção do numero das faces ?*

De todos os raios , que partindo de hum objecto hum pouco distante toãõ debaixo de angulos , pouco mais ou menos iguaes ; a extensão de huma destas faces , a maior parte chega ao olho por meio de duas refracções ; e fórma hum feixe capaz de pintar nelle huma imagem do objecto , que deve por consequencia parecer situada no eixo deste feixe. Ora cada huma destas faces , sendo differentemente situada huma a respeito da outra , deve produzir outros tantos feixes , cujos exos tem posições determinadas ; deve-se logo ver tantas imagens differentes , e differentemente situadas , quantas são as faces , que envião raios ao olho.

334. XXIV. *Porque os objectos parecem maiores por meio da lanterna magica ?*

Seja AC (Fig. 44) hum espelho esférico côncavo , B huma luz viva posta entre este , e o fóco , para fazer convergentes os raios reflectidos sobre o espelho , DD huma lente para os fazer sufficientemente convergentes , cono são aquelles , que vem directamente de B ; EF hum objecto pintado de côres transparentes sobre hum vidro , e em huma posição invertida. Os raios , que atravessão este objecto , vão cahir

sobre a lente GH, que os faz convergentes, e formar huma imagem em K, onde se acha a abertura de hum dia hragma, que desvia os raios inuteis, e cuja refração he irregular. Cruzando-se os raios em K, encontram huma lente LM de hum fóco assás longo, que os torna extremamente divergentes, os quaes se recebem em hum pano branco á maior distancia possivel, conservando a luz, e a distincção na imagem *fe*, que se pinta direita sobre este plano. Ora he visivel que para se obter em todos estes effeitos, a lente DD deve ter seu fóco da parte de cá de B, a lente GH entre ella, e o objecto EF, e a lente LM entre K, e GH.

335. XXV. *Porque, observando-se huma luz através de hum pequeno foramen, fêto em huma chapa de metal, e cheio com huma gota de hum licôr transparente, e que contenha pequenos animaes, vê-se algumas vezes muito disinctamente algum destes animaes extremamente grande?*

A superficie interior da gota le relativamente ao animal, que nella existe, hum espelho esferico-concavo. Logo, se o animal se acha entre o fóco, e a superficie interior opposta ao olho, de maneira que os raios, vindos delle e reflectidos sobre esta superficie, que os envia do lado do olho, venhão a sahir parallellos entre si, o olho, que os receber, verá a imagem da superficie do animal, que lhe he opposta, e tanto maior, quanto mais perto estiver o animal do fóco do espelho esferico, que a forma.

FIM DA OPTICA.

# T A B O A

## D O S T I T U L O S

Contidos em os Elementos.

**L** *Ições Elementares de Optica.* Pag. 1

### PRIMEIRA PARTE.

Da Optica propriamente dita.

|                                                                                             |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ARTIGO I. <i>Dos principios , sobre que se fundão as<br/>demonstrações d'Optica.</i>        | ibid. |
| ARTIGO II. <i>Das propriedades geraes da luz.</i>                                           | 5     |
| ARTIGO III. <i>Das propriedades das sombras.</i>                                            | 18    |
| ARTIGO IV. <i>Da natureza , e propriedades da luz ,<br/>relativas à visão , e ás côres.</i> | 24    |
| ARTIGO V. <i>Das idéas , que a visão suscita na nossa<br/>alma.</i>                         | 35    |
| ARTIGO VI. <i>Das differentes apparencias dos objectos ,<br/>vistos de longe.</i>           | 41    |

## S E G U N D A P A R T E.

Que contém a Catoptrica, e a Dioptrica.

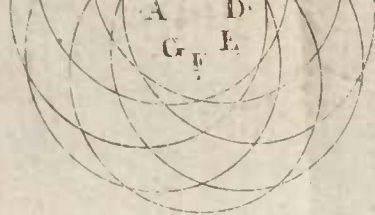
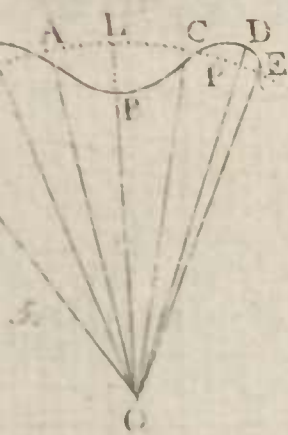
|                                                                                                                                        |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| CAPITULO I. <i>Noções geraes sobre a Catoptrica, e a Dioptrica.</i>                                                                    | 58    |
| ARTIGO I. <i>Das imagens, e dos Fócos.</i>                                                                                             | ibid. |
| ARTIGO II. <i>Leis, ou principios tirados da experiencia, sobre os quaes se fundão as demonstrações da Dioptrica, e da Catoptrica.</i> | 61    |
| CAPITULO II. <i>Da Catoptrica.</i>                                                                                                     | 70    |
| ARTIGO I. <i>Das imagens, ou focos pela reflexão.</i>                                                                                  | ibid. |
| ARTIGO II. <i>Do lugar, da situação, e da marcha das imagens pela reflexão.</i>                                                        | 77    |
| ARTIGO III. <i>Applicação da theoria precedente aos espelhos planos.</i>                                                               | 85    |
| ARTIGO IV. <i>Dos espelhos cylindricos, conicos, etc.</i>                                                                              | 94    |
| CAPITULO III. <i>Da Dioptrica.</i>                                                                                                     | 98    |
| ARTIGO I. <i>Das imagens, ou dos focos por huma simples refração.</i>                                                                  | ibid. |
| ARTIGO II. <i>Da marcha das imagens, correspondentes a hum objecto, na passagem da luz, do ar para o vidro, e reciprocamente.</i>      | 101   |
| ARTIGO III. <i>Das imagens, feitas por huma dupla refração.</i>                                                                        | 110   |
| ARTIGO IV. <i>Da marcha, e situação das imagens, formadas por huma dupla refração.</i>                                                 | 118   |
| CAPITULO IV. <i>Da visão.</i>                                                                                                          | 128   |



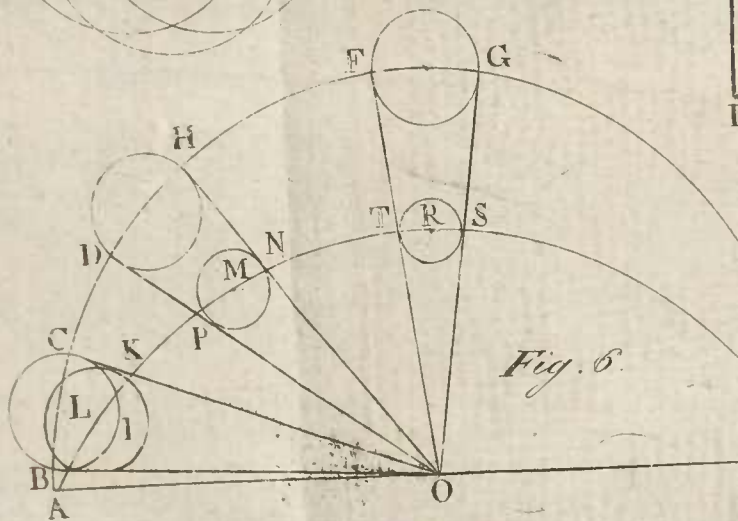
|                                                                                                                                                      |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ARTIGO I. <i>Descripção do olho , e das imagens , que nelle se formão.</i>                                                                           | ibid. |
| ARTIGO II. <i>Da usão distincta. Dos differentes acci- dentes da vista , e dos remedios , que subministra a Dioptrica.</i>                           | 131   |
| ARTIGO III. <i>Da usão feita por meio das vidros , ou espelhos.</i>                                                                                  | 137   |
| CAPITULO V. <i>Dos Teleseopios , e Microscopios.</i>                                                                                                 | 143   |
| ARTIGO I. <i>Noções preliminares.</i>                                                                                                                | ibid. |
| ARTIGO II. <i>Dos Telescopios de refração.</i>                                                                                                       | 146   |
| ARTIGO III. <i>Dos Telescopios Catadioptricos.</i>                                                                                                   | 154   |
| ARTIGO IV. <i>Dos Microscopios.</i>                                                                                                                  | 158   |
| ARTIGO V. <i>Reflexões geraes sobre os Microscopios , e Telescopios.</i>                                                                             | 163   |
| CAPITULO VI. <i>Dos obstaculos , que se encontrão na construcção dos Telescopios , e Microscopios , e que os tornão necessariamente imperfeitos.</i> | 177   |
| ARTIGO I. <i>Dos obstaculos , que provém da esfericidade das superficies , e do modo de os remediar.</i>                                             | 178   |
| ARTIGO II. <i>Dos obstaculos , que provém da decompo- sição dos raios de luz.</i>                                                                    | 180   |
| ARTIGO III. <i>Applicação geral das propriedades prece- dentes da luz aos Telescopios , e Microscopios.</i>                                          | 187   |
| ARTIGO IV. <i>Applicação aos Telescopios , e Microsco- pios de refração.</i>                                                                         | 188   |
| ARTIGO V. <i>Applicação aos Telescopios , e Microsco- pios , Catadioptricos.</i>                                                                     | 205   |
| CAPITULO VII. <i>Diveras questões sobre a Optica.</i>                                                                                                | 215   |



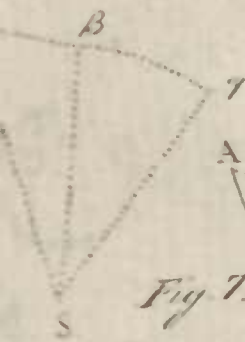
*Fig. 1.*



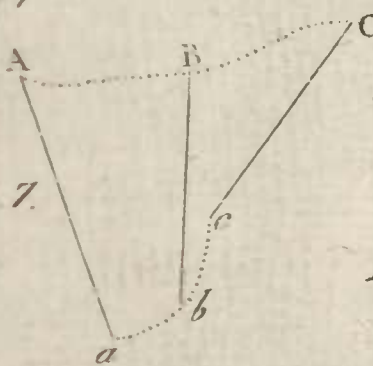
*Fig. 3.*



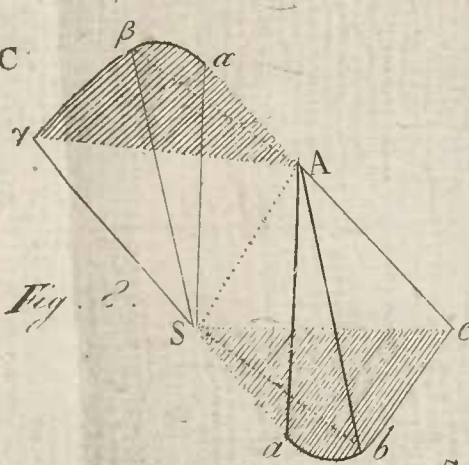
*Fig. 6.*



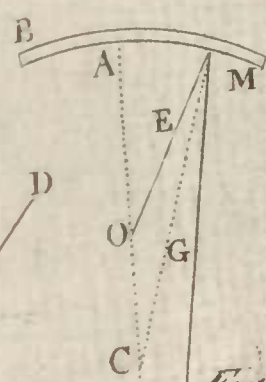
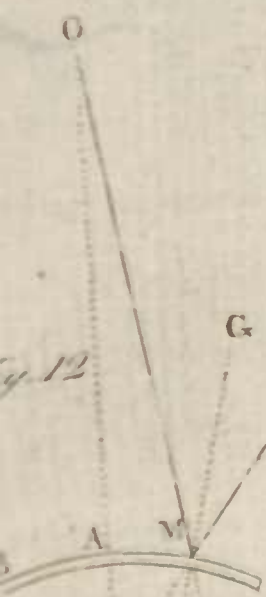
*Fig. 7.*



*Fig. 2.*

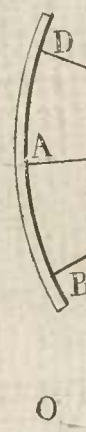
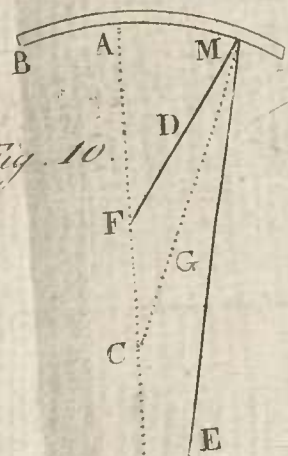


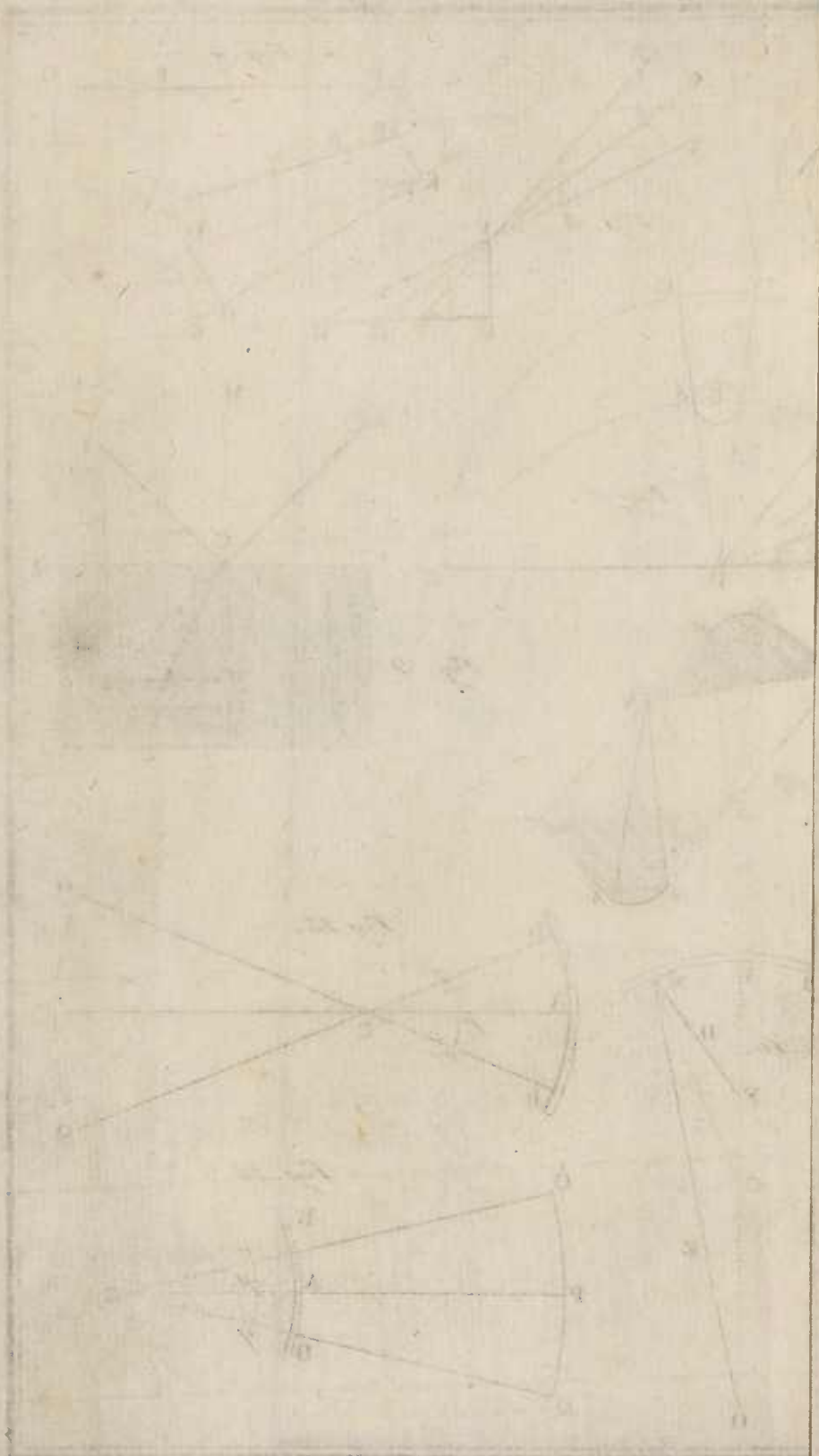
*Fig. 12.*



*Fig. 11.*

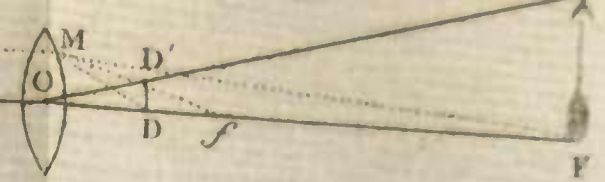
*Fig. 10.*



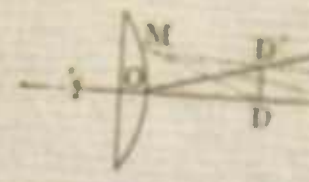
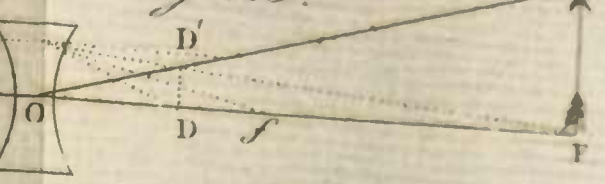




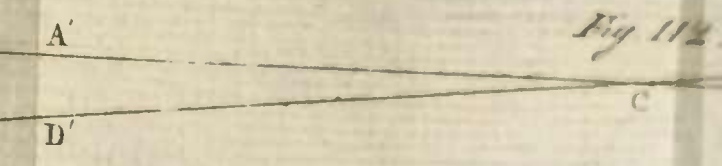
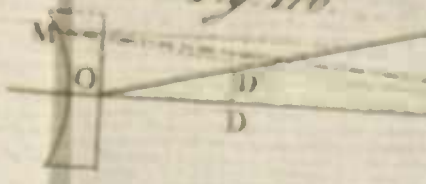




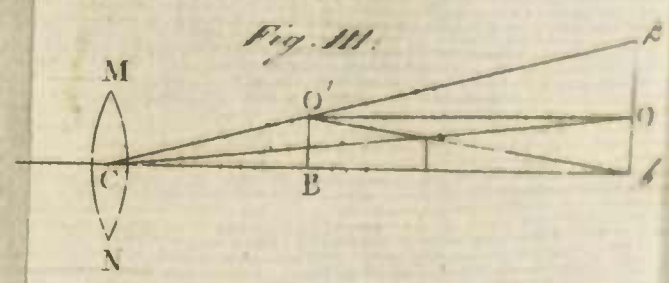
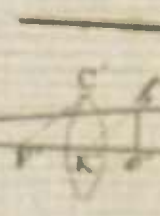
*Fig. 109.*



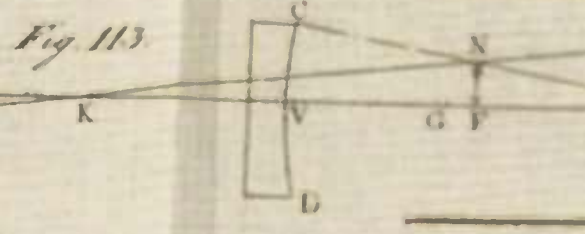
*Fig. 110.*



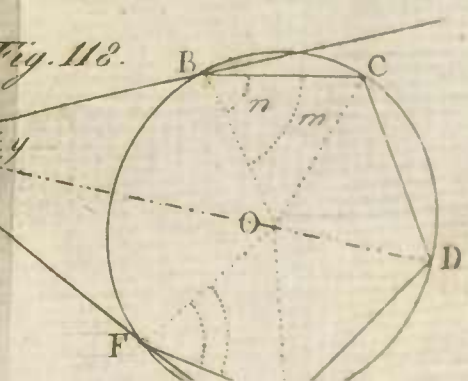
*Fig. 112.*



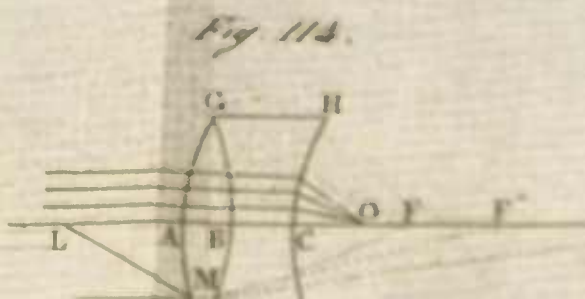
*Fig. 111.*



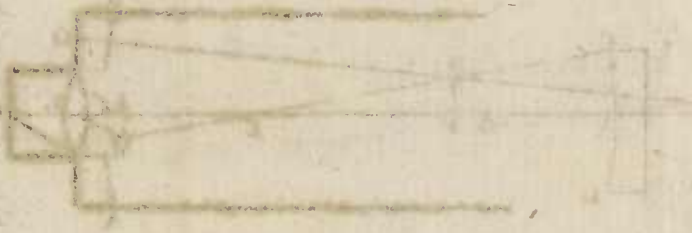
*Fig. 113.*



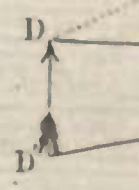
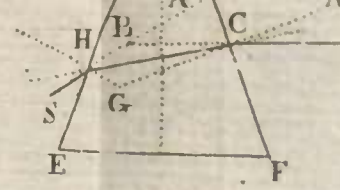
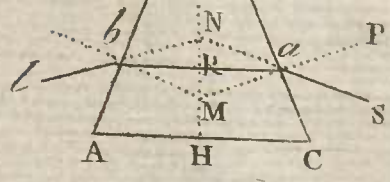
*Fig. 112.*



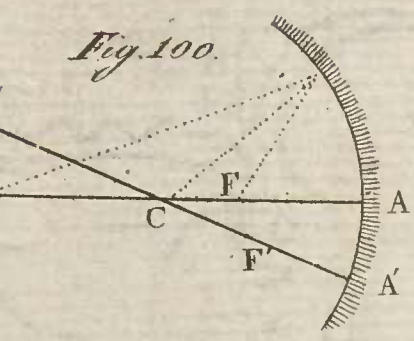
*Fig. 114.*



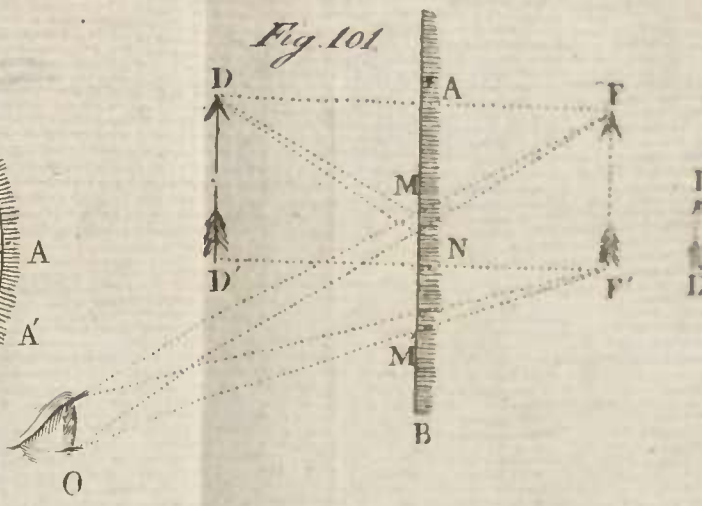




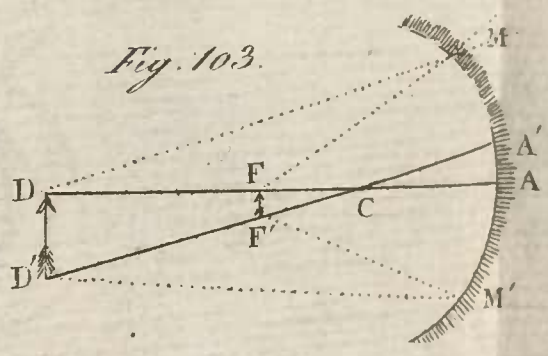
*Fig. 100.*



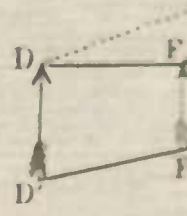
*Fig. 101*



*Fig. 103.*



*Fig.*



*Fig. 102.*

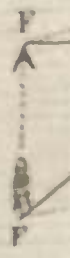
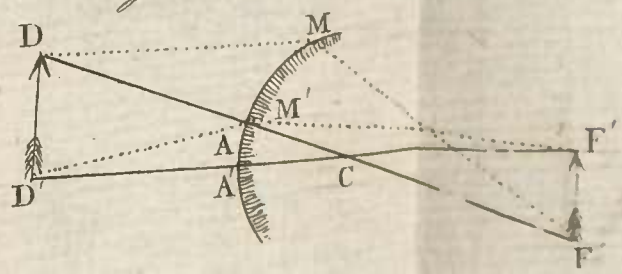




Fig. 35.

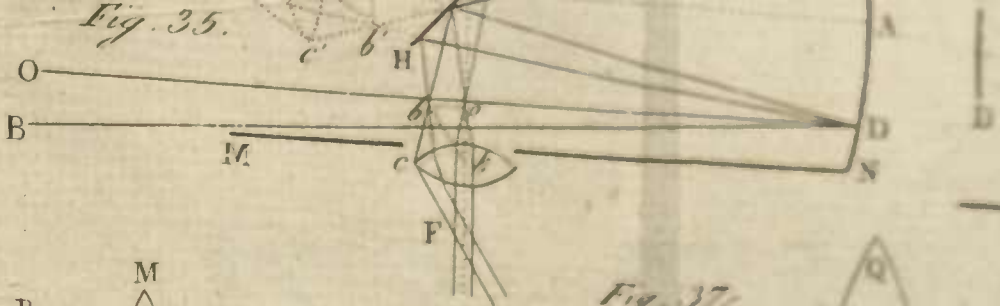


Fig. 37.

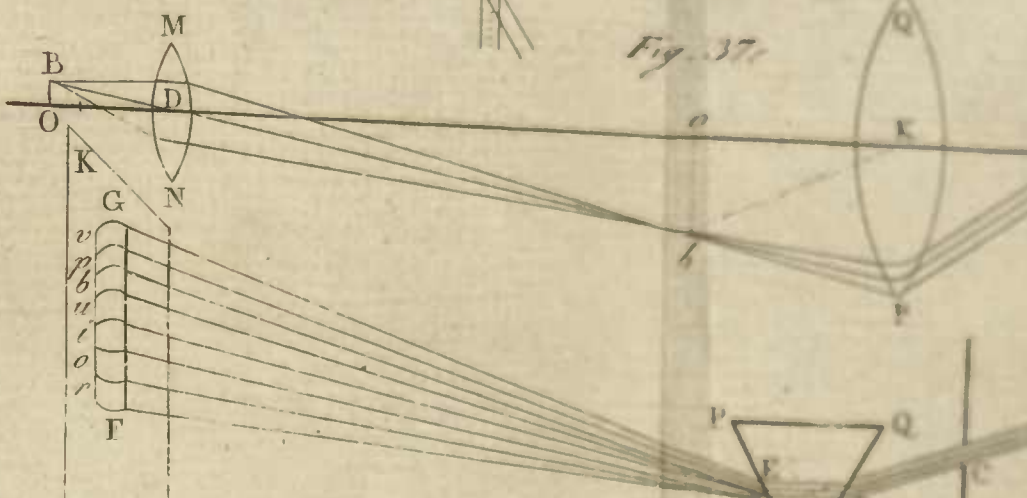


Fig. 38.

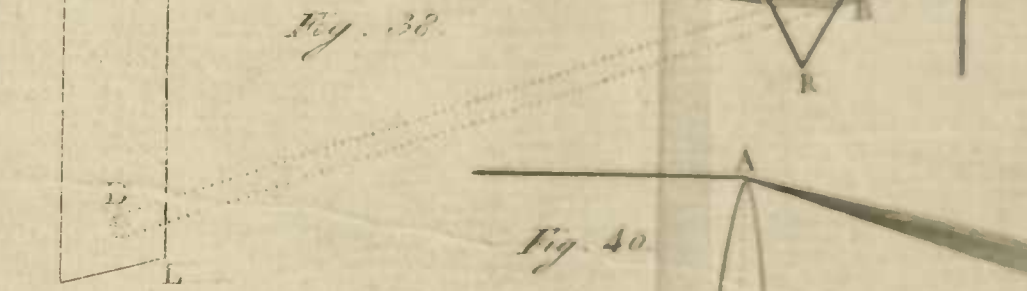


Fig. 40.

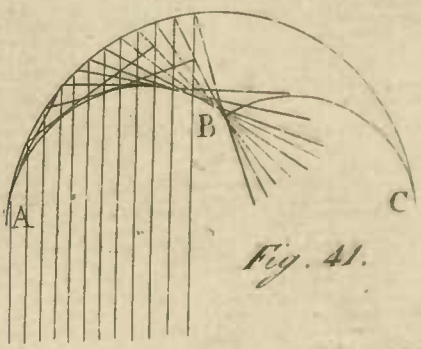
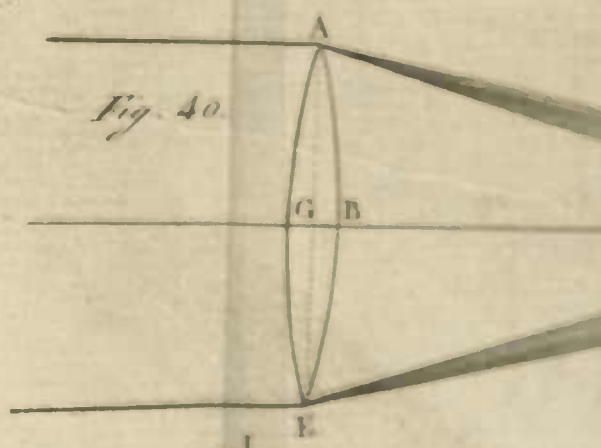


Fig. 41.

Fig. 43.

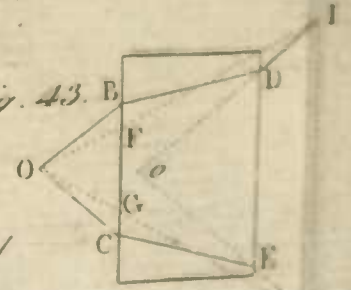


Fig. 42.

