

## INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA DIÓPTRICA OCULAR

Dr. Cássio Galvão Monteiro - São Paulo

Procuramos neste trabalho estudar especialmente a óptica do olho normal, mostrando como foi chegando a pouco e pouco a constituir-se o vasto capítulo da óptica e da Oftalmologia que é a Dióptrica Ocular.

Restringímo-nos ao olho normal e ao olho humano, não acomodado, em repouso. Não versaremos o assunto dos vícios de refração.

Se este trabalho algum mérito possui, não posso dizer; apenas quero adiantar que de fato foi-nos bastante dificultoso o acesso à bibliografia, estando os estudos de Dióptrica Ocular muito esparsos, não existindo um estudo histórico alentado sobre o assunto, e sim, estudos esparsos, limitados, que procuraremos indicar na Bibliografia.

Nosso maior labor foi reunir e dispor historicamente a matéria. Queremos com estes estudos evidenciar alguns erros contidos em compêndios de Física, Óptica, Oftalmologia, e esclarecer problemas de linguagem relativos à nomenclatura da Óptica Fisiológica.

Expungimos nosso trabalho de fórmulas e de dados numéricos sempre que foi possível, a nosso ver, sem sacrificar a compreensão da matéria. Que não pequei contra o didatismo prova-o a recente, alentada (400 páginas) e especializada obra de Charles Florian: "Optique sans Formules", 1949.

Nasceu este opúsculo de uma aula sobre o assunto por nós ministrada numa sessão de palestras da Óptica de Mulheres da anta Casa de São Paulo, Serviço do Dr. Jacques Tupinambá. Um amigo encorajou-nos a ampliar a exposição e a assim foi feito — eis o trabalho.

Dada a sua origem, compreende-se a razão didática que nos levou a fugir de discussões de ordem matemática ou física.

Dispostos o assunto em tópicos, procurando respeitar a divisão da matéria geralmente seguida nos compêndios de Física, Óptica, Fisiologia, e Oftalmologia que tratam da matéria.

Partimos, por isto, da consideração do **Olho como Aparelho Dióptrico**, o que nos leva, por razões que julgamos didáticas, a iniciar o trabalho pela definição de Aparelho e esclarecimento do sentido do adjetivo dióptrico.

I — O que é aparelho e sistema.

II — Significado do adjetivo dióptrico:

- a — Dióptrica e Catóptrica — relações — antiguidade da Catóptrica — os mestres da Dióptrica.
- b — Análise etimológica do termo dióptrica: seus cognatos: dioptra (perspectiva), dioptria, dioptro — Anaclástica, sinônimo esquecido de dióptrica.
- c — Aparelhos dióptricos em geral — sua história:
  - $\alpha$  — Lentes e óculos.
  - $\beta$  — Lunetas
  - $\gamma$  — Telescópios
  - $\delta$  — Microscópios, etc.
  - $\Sigma$  — O olho.

III — Refração — considerações gerais — refractio e reflexo — anáclisis (refração em grego) — Dióptrica e anaclástica. Inicial confusão entre reflexão e refração — substituição da expressão latina “De refractione” (Della Porta) pelo termo de origem grega Dióptrica.

IV — Papel do olho na fisiologia da visão:

A — Gregos

Pitágoras — Euclides — Hiparco

Ptolomeu — Damiano — Heron (a luz vem do olho)

Apolodoro (a luz vem do objeto)

Epicuro (carta a Herodes, in Lucrécio — teoria dos simulacros (eidolon) — objeto — simulacro — cristalino.

B — Árabe

Alhazen — sua importância nos estudos de fisiologia ocular: destrói a idéia de simulacro — constrói a imagem ponto por ponto; descreve a câmara escura e refere a existência de refração dentro do olho.

C — Galeno

Ainda cristalino como centro da visão — ainda simulacros — suas idéias vão até Leonardo da Vinci.

D — Rogério Bacon.

E — Leonardo da Vinci: O olho é uma câmara escura — o cristalino é uma lente; afasta as idéias de Galeno, que por 15 séculos dominaram as ciências fisiológicas.

F — Porta

G — Kepler

H — Snellius

I — Descartes

J — Newton

K — Grimaldi — a difração.

L — Sturm

M — Donders — os vícios de refração.

N — Helmholtz — o pai da Óptica Fisiológica (criador da expressão).

V — Fenômenos luminosos não refrativos que ocorrem no olho (Óptica ocular).

A reflexão luminosa no olho — seus emprêgos:

A — Córnea como superfície refletora — imagens corneais	a — Origem do nome pupila (prende-se ao papel especular da córnea diante da pupila — (considerações filológicas).
	b — Imagens catóptricas e catadióptricas de Purkinje e Sanson.
	c — Astigmômetros — história e sinonímia — Pourfour de Petit Thomas Young Kohlrausch Helmholtz Javal Ceratoscópios de Wecker, Mas- seion, Hubert, Prouff. Discos ceratoscópicos — disco de Plácido.
B — Cristalino como superfície refletora	{ Imagens catadióptricas de Purkinje e Sanson.

VI — Fenômenos luminosos não refrativos que ocorrem no olho (Óptica ocular).

Absorção da luz nos meios oculares e reflexão interna (para Tschering é difração):

- { a — Lâmpada de fenda.
- { b — Fenômeno de Tyndall: sinonímia e histórico.

VII — Refração nos meios oculares — Dióptrica ocular p. dita.

A — Raio normal e raio oblíquo — Forame estenopéico — óculo estenopéico — histórico.

B — O sistema dióptrico ocular:

a — Tipo — focal e convergente

b — Elementos

$\alpha$  — Dioptros e suas constantes (índice de refc.)

{  
Córnea  
Humor aquoso  
Cristalino  
Humor vítreo

$\beta$  — Pontos cardeais de um sistema dióptrico em geral e do sistema dióptrico ocular em especial — o que é ponto cardeal:

Pontos cardeais {  
Focos principais (2)  
Pontos principais  
Ponto nodal

$\gamma$  — Utilidade do conhecimento destes elementos do sistema dióptrico ocular:

{  
Teoria da imagem do F. de Ólho  
Teoria refratométrica  
Euler e as lentes acromáticas

c — Ólho esquemático e ólho reduzido.

C — O ólho como Câmara Escura:

1 — Histórico das câmaras escuras:

a — Alhazen  
b — Roger Bacon  
c — Girolamo Cardano  
d — Giovanni Battista Della Porta  
e — Bárbaro  
f — Friedrich Risner

2 — O ólho como câmara escura:

a — Leonardo da Vinci  
b — Porta  
c — Kepler  
d — Elementos da câmara escura diafragmada com lente biconvexa ocular:

α	—	Córnea - vidro de relógio
β	—	Cristalino - aparelho dióptrico (lente bic.)
γ	—	Retina - anteparo
δ	—	Esclerótica - estôjo
Σ	—	Pupila - diafragma
ζ	—	Pálpebras - cortina

e — A Óptica Fotográfica imita o olho ao criar o diafragma íris.

f — A imagem invertida na retina — o Optograma:

α	—	Experiência do pe. Scheiner - Leonardo da Vinci - Felix Plater
β	—	Teorias
		Hering Helmholtz Nerval de Gouveia Viault e Jolyet

VIII — Defeitos fisiológicos do olho: a frase de Helmholtz:

A — Difração da luz-franjas.

B — Aberrações — o que é aberração — considerações filológicas: aberração em medicina — aberração em óptica — observações de Vasco Ronchi. A aproximação de Gauss.

1 — De esfericidade.

2 — Aberração cromática.

3 — Descentração (descentralização é melhor forma).

4 — Aberração astigmática.

5 — Distorção.

6 — Coma.

7 — Círculos de difusão — sinonímia — sua importância para a visão distinta.

IX — Vícios de refração — sinonímia — não serão objeto de nossas considerações.

X — As Ilusões de Ópticas: conceito — o que é ilusão — outras ilusões sensoriais — Assunto de grande importância em Óptica Fisiológica, Psicologia, Filosofia, e até em Ilusionismo — as ilusões de óptica naturais mais conhecidas: a de Narciso, as Miragens, a Perspectiva (a ilusão de óptica codificada em ciência) — Assunto vasto sobre o qual publicaremos uma Monografia.

XI — Apologia da Visão — (Encomium Oculi) — Helmholtz, Figuiet, os latinos — um trecho alusivo das Imagens da Vida Cristã (Frei Heitor Pinto).

XII — Bibliografia.

## I — O QUE É APARELHO E SISTEMA

A palavra aparelho é cognata de **PAR**, que significa igual, grupo de duas coisas iguais, (donde ímpar).

Outros termos correlatos são: **disparate**, **paridade**, **parear**, **parelha** (de pessoas, coisas, cavalos, etc.). **Parelho** é adjetivo arcaico, que significa igual.

**Aparelhar** é, pois, arrumar regularmente, dispor de tal forma que fiquem os objetos em pequenos pares ou parelhas (aparelhar viria de um latim hipotético — AD-PARICULARE (segundo uns).

**Preparar** é um outro derivado da mesma raiz e significa também dispor, arrumar.

Aparelho é o que prepara, o que dispõe, em outras palavras é um dispositivo.

Notemos que em latim APPARATUS era coleção de palavras de um autor ou preparo, aparato, preparativo de festa ou de guerra; também se applicava a estrutura arquitetônica.

O inglês (apparate, apparatus), o alemão (apparat) e o espanhol (aparato) formaram seus termos cognatos desta forma latina APPARATUS.

Já o português, o francês (appareil) e o italiano (apparecchio) formaram seus cognatos adaptando as terminações ao respectivo gênio linguístico, de um mesmo étimo.

O português APARELHO é tido como derivado regressivo de aparelhar, que por sua vez emanaria do termo já formado parelha, segundo Antenor Nascentes; segundo outros etimologistas já viria formado de um latim hipotético pré-existente; ad-pariculare, appariculare.

Notemos primeiramente que em APARELHO não há acento circunflexo sobre o E, pois o verbo aparelhar não tem forma aberta no E no presente do Indicativo como poderia parecer por falsa analogia com outros verbos.

O Pequeno Vocabulário Ortográfico de 1943 sanciona a forma gráfica Aparelho, sem acento circunflexo, e com isto manda fechar o E da forma verbal homógrafa, do verbo aparelhar. (Vide Breviário da Conjugação dos verbos da Língua Portuguesa — de Otelo Reis, 1941 — 13.<sup>a</sup> ed. pág. 101, onde recomenda que se feche o E da 1.<sup>a</sup> pessoa do presente do Indicativo em aparelhar, fechar, e em verbos em ejar, exar, echar, elhar).

### DOS DIVERSOS SENTIDOS DE APARELHO

Em **Física**: aparelho é o conjunto de utensílios e instrumentos necessários para fazer uma experiência e produzir um fenômeno. E' neste sentido físico que empregamos o termo aparelho na expressão **APARELHO DIÓPTRICO OCULAR** ou sistema dióptrico ocular.

Urge fazer ver que em **ANATOMIA APPARATUS** e **SYSTEMA** eram tomados como sinônimos até que **BICHAT** (1801) emprestou um sentido histológico ao termo **systema** (que tem origem grega e significa propriamente o que está junto) e um sentido fisiológico ao termo Aparelho, com o que

não concordaram e não concordam muitos anatomistas; por exemplo KOELIKER se serve unicamente de **sistema** para o conjunto de órgãos com mesma função e conjunto de tecidos semelhantes.

Vamos, porém, encontrar a diferenciação semântica de tais termos bem estabelecida no meio do século XIX pelos luminares da LEXICOGRAFIA MÉDICA da época: LITTRÉ e DECHAMBRE, em seus Léxicos especializados; tais autoridades ressaltavam já que aparelho é termo de **Fisiologia** e sistema é termo **Anatômico** relativo a tecidos, desde os trabalhos de X. Bichat.

Se em Anatomia, como procuramos mostrar em ligeiro resumo, chegou-se a uma diferenciação de ordem semântica entre **APARELHO** e **SISTEMA**, tal não se deu em **FÍSICA**, onde **aparelho** e **sistema** têm sentido muito próximo. Ambos se aplicam a conjuntos de utensílios que servem para produzir um certo fenômeno.

**Aparelho dióptrico** ou sistema **dióptrico** é, pois, o conjunto de apetrechos, de instrumentos, que tem a propriedade de produzir **REFRAÇÃO** (diz-se em especial da refração luminosa).

Voltaremos ao conceito de refração mais adiante.

## II — SIGNIFICADO DO ADJETIVO DIÓPTRICO

**DIÓPTRICO** quer dizer relativo à **Dióptrica**.

a — Dióptrica e Catóptrica: relações — antiguidade da Catóptrica — os mestres da Dióptrica — considerações filológicas.

Dióptrica é o nome dado à parte da óptica que trata da refração da luz.

A **catóptrica** estuda a **REFLEXÃO** da luz; é ciência antiga e seu nome encabeça já uma obra do autor dos “Elementos”, isto é, **EUCLIDES** (285 A.C.); a “**CATÓPTRICA**” de Euclides foi vertida e anotada para o italiano em excelente tradução, pelo conceituado oculista G. OVVIO, especialista em história da Oculística, um dos expoentes da cultura humanística e erudição de nossos tempos.

A **Dióptrica** já é mais recente se bem que conte com algumas observações da ciência grega e da Escola de Alexandria em especial.

Foi, porém, somente no século XVII que praticamente tomou corpo e constituiu-se em doutrina.

O adjetivo de origem grega **Dióptrica**, qualificava o substantivo **TECHNE** (ou melhor **EPISTÉME** — ciência), hoje subentendido.

**Dióptrica** vem do grego *διοπτρον* - **dióptron**, pínula, alidade, aparelho para medir ângulos, o quarto de círculo para ver a Lua, e medir-lhe o diâmetro. Tal aparelho foi usado por gregos e árabes.

O nome deste aparelho, por sua vez relaciona-se com *διωραω* - **dioráo** que significa ver através (dia), ver um objeto através de um meio e também distinguir, discernir. Alceu de Atenas usa um termo *διοπτρον* - **dioptron** como espelho, mas em grego o nome mais usado do espelho era *κατοπτρον* - **kátotron**, que vem abonado com tal sentido em Eurípedes, Xenofonte, Pla-

tão e Ésquilo. O ROMAIICO, que é o grego moderno corrobora tais idéis, pois espelho aí é *κατοπτρον* - **kátōpiron**, e *διοπτρον* - **diōptron** significa monóculo ("lorgnon") que é um instrumento dióptrico, de refração (o espelho é um instrumento de reflexão um instrumento catóptrico).

**Catóptrica** vem, pois, do nome do e ciência que estuda o que se vê em ber-se que no espelho das águas (o primeiro espelho que o Homem, que Narciso usou) o Homem via a si próprio em baixo, no fundo do e das águas.

Já um fenômeno refrativo experimentamos ao ver uma pedra dentro da água, uma varinha dentro da água, enfim, quando vemos (da atmosfera de fora do meio líquido) um objeto através da água ou de outro fluido.

Aí vemos o objeto deslocado no s se está imerso parcialmente) dando-nos a impressão de quebrado — tudo é efeito de refração não do objeto, mas da luz que nos faz vê-lo!

É a luz que se refrata ao mudar de meio e não objeto que se quebra. Trata-se de uma ilusão sensorial que a luz com sua propagação origina no olho.

Foi **SNELLEN** quem anteviu as leis da **Dióptrica**; seu trabalho foi desenvolvido e codificado pouco tempo depois por **DESCARTES**.

**SNELLIUS** (cujo nome é Villebrord Snell de Royen) viveu de 1591 a 1626; seus trabalhos sobre Dióptrica ficaram manuscritos.

Descartes deu à sua obra sobre o assunto o nome "Dioptrique" (1637) que está em algumas edições de suas obras apenas ao famoso Discurso do Método — Meteoros e Geometria.

As edições atualmente em voga: "La Pléiade" (imprópriamente o pera Omnia) e Garnier infelizmente mutilam a Dioptrique do grande filósofo (da Dióptrica cartesiana, só chegam ao 6.º discurso).

Ptolomeu já descrevera o fenômeno da refração. Cleomedes tratou da refração atmosférica e consequentes erros de observação astronômica. Se êstes já escreviam a refração da luz no "meio" externo, já o árabe **ALHAZEN** faz referência à refração luminosa dentro do olho; mas foi Della Porta o 1.º a escrever uma obra explicitamente especializada sobre o assunto, à qual deu nome latino: "De Refractione Optices" (1589 — em 9 livros). A obra, ainda que pouco científica e por isto severamente criticada, já fazia diferença entre Refractio e Reflexio. Voltaremos a esta questão.

Segue-se a obra de Descartes, que já foi buscar o título no grego: "Dioptrique" (1637), assim como Kepler, que em 1611 já havia feito estudo minucioso do assunto, que até hoje é digno dos maiores encômios.

Em seu trabalho também usou nome de origem helênica à ciência da refração: "Dioptricae" — Augsburg — 1611.

Euler também escreveu uma Dióptrica, bem como Huyghens (Dióptrica — in Opera Posthuma — 1704).

A Molyneux, Hartfoeker, Cherubin (D. Ocular) D. Gregory e Wolfius devemos tratados de Dióptrica com tal nome. Newton tratou da matéria em sua "Óptica" (Teatrise On Optics e Optical Lectures — 1704), Dollond



è tantos outros vieram trazer suas preciosas contribuições à ciência da refração.

Foi, portanto **Kepler** quem buscou no grego o étimo do neologismo.

A leitura dos seus "Paralipômenos à Óptica de Vitellio" evidencia sua predileção (que aliás é bem frequente na Renascença) para a exumação de termos gregos: é o que faz quando descreve o olho, e cita somente os nomes gregos da retina, e da conjuntiva em tipos gregos. (Paraliponema in vitellionis opticam — 1604).

Como procuramos expor historicamente, há refração luminosa extra e intra-ocular.

Esta segunda refração se faz silenciosamente, insuspeitadamente, no âmago do globo ocular. Passa-nos despercebida, pois a ela nos avezamos desde nossa infância visual.

Subsequentemente procuraremos considerar tal refração que a luz sofre quando atravessa o globo ocular, passando sucessivamente por meios de refringência diferente, como são os meios transparentes intra-oculares.

b — **Análise etimológica do termo Dióptrica** — seus cognatos (dioptra, dioptria, dioptro) — Anaclástica, um sinônimo hoje inusitado.

**Catóptrica** e **Dióptrica** são termos que diferem pelos elementos iniciais: cata e dia.

**Cata** vem do grego e significa para baixo (catarro é próprio para o que corre para baixo); **Dia** vem também do grego e significa (dentre muitos de seus sentidos) aí através.

O segundo elemento **OPTR** lhes é comum; prende-se a uma rica raiz indo-européia com copiosos derivados no grego, e tem o sentido de **VER**, sendo-lhe cognatos (irmãos, oriundos da mesma raiz) óptica (ciência da visão), optometria, e tantos outros termos.

Notemos aqui que a própria palavra (e também a ciência) catóptrica já nos veio, pré-formada do grego (Euclides — Catóptrica).

Já Dióptrica veio de elementos gregos, e parece ser neologismo (no sentido de ciência da refração) do grande astrônomo alemão. Isto podemos dizer, dado que o grego *διοπτρικη* - dioptriké (scil. *τεχνη* - téchne) pré-existent tinha outro sentido, qual o da "Arte de medir distâncias" (tal é o sentido com que aparecem em texto de PROCLUSO), Plutarco nas "opera moralia" também usou do adjetivo.

CHARLES HUTTON, no século XVIII, em seu respeitado dicionário de ciências matemáticas, soube resumir em poucas palavras o conceito de utilidade científica e prática (em entretenimentos agradáveis e curiosos) que os contemporâneos davam à Dióptrica.

DELLA PORTA (1589) numa obra que mais parece um tratado de prestidigitação tinha procurado dar a conhecer quão interessantes e ilusórios eram os efeitos obtidos de diferentes aparelhos dióptricos.

Escrevia HUTTON (1795) em seu verbete sobre a Dióptrica:

"Dioptrics is one of the most useful and **pleasant** of all human sciences; bringing the remotest objects near hand, anlarging the smallest objects so as to shew their minute parts, and even giving sight to the blind; and

all this by the simple means of the attractive power in glass and water, causing the rays of the light in their passage through them to alter their course according to the different substances of the medium”...

Apontemos agora alguns termos da **Física** e da **Oftalmologia** mais diretamente relacionados com a palavra **Dióptrica**.

a — **Dioptra** — é o nome de instrumento geométrico também conhecido por **Perspectiva** (não no sentido de perspectiva como parte do desenho, da perspectiva a que em grego se dava já o nome de esquiografia e cenografia). Bento Pereyra, um dos primeiros dicionaristas em Portugal, em sua famosa “Prosodia” assim definia **Dioptra**: “he hũ instrumento geométrico, que vulgarmente se chama Perspectiva” (apud Bluteau in art. — Perspectiva).

Plínio e Vitruvius usaram do latim **Dioptra** com este sentido. “Note-se que os elementos formadores de **Dioptra** e perspectiva se equivalem”.

**Dioptra** se cinde em di (A)-OPTR-a e **perspectiva** em: per-spect-iva.

**Dia** e **Per**, grego e latino, têm o mesmo sentido de por, através de: **Optr** e **spect** — prendem-se a verbos da mesmo sentido: ver.

Ao sufixo — iva corresponderia antes um sufixo-ica e a correspondência morfológica seria mais perfeita entre dióptrica e perspectiva, mas a perspectiva não era assim conhecida em grego (e sim por cenografia e esquiografia). Foi **Boethius** quem usou do termo latino **Perspectiva** para a parte do desenho que ensina a representar num plano os objetos tais como se apresentam “a vista”.

Note-se, porém, que ele tomou o adjetivo perspectiva de um verbo perspício que já tinha sofrido uma diferenciação semântica e tinha um sentido de “ver perfeitamente” (per aí teria adquirido uma idéia de perfectibilidade). De fato, no desenho perspético ou perspectivo o escopo a atingir é vasar em traços e tintas a imagem de um objeto a diferentes distâncias do olho, e não reproduzir o objeto tal como é.

b — **Dioptria** — Felix Monoyer em 1873 formou no francês o cognato “**dioptrie**” para a nova unidade de vergência de base decimal (usava-se a polegada como unidade de medida de refringência de lentes).

É o que desenvolveu em seu trabalho: “Du système metrique dans le numerotage des lunettes”. *Annales d’Ocul.* 49.º 1873 (apud. G. Ovvio op. cit. na Bibliografia).

c — **Dioptro** — era nome dado à pínula ou alidade, instrumento usado para observar objetos distantes; era também nome de um tipo de espéculo dilatador usado em cirurgia; por fim, no século XIX já vem averbado como termo da Física: aplicado às superfícies refratoras (as duas faces de uma lente, por exemplo são dois dioptros, um côncavo e um convexo).

Neste sentido mantém o sentido etmológico, pois é através (dia) de tais superfícies que vemos os objetos colocados em outro meio que fica atrás.

## O TÊRMO ANACLÁSTICA

Foi correnteio por muito tempo o termo Anaclástica como sinônimo de Dióptrica. É um sinônimo de origem grega também, de um termo de mesma proveniência, que não conta com um correspondente latino univocabular (Della Porta recorreu à expressão: DE, Refractione).

Anaclástica está averbado no antigo Léxico Inglês do grande lexicografo especialista em Shakespeare: Samuel Jonhson.

Aí aparece grafado **ANACLATICS**.

Se está dicionarizado nesta época, já aparecia o termo aludido em 1696 em Phillips, que a define como parte da Óptica.

É, porém, termo obsoleto, assim, já era considerado em 1795, por Hutton, que escrevia:

“Anaclastics — or anoclastics — an ancient name for the parte of Optics which considers refracted light: being the same as whhat is more usually called dioptrics”.

Este nome apareceu encabeçando obra de pequeno valor na história da Dioptrica, e por isto não venceu o concurso com o seu sinônimo.

Hoje subsiste o adjetivo anaclástico, aplicado às curvas ditas anaclásticas (nome dado por Mairan) que se vêm no fundo de vasos cheios de água, sob certas condições.

Anaclástica é termo composto de **ana** de origem grega que tem a idéia de repetição, dentre outros sentidos. **Clast** e **ica** são seus outros elementos morfológicos.

Ana — clást — ica: **clast** se prende a um verbo grego que significa quebrar, fraturar. **Ica** é sufixo aí com sentido de ciência ou arte (é na verdade, desinência adjetiva, com o substantivo técnico oculto). **Ana**, de origem grega, corresponde ao prefixo latino RE — e **clast** ao elemento latino FRACT (de fractura).

Assim sendo, compreende-se o nome grego dado a re-fraç-ão; anáclasis. Há perfeita correspondência dos elementos mórficos.

Se **Dióptrica** tinha impròpriamente correspondente latino univocabular em perspectiva, que sempre teve outro sentido, e carece, portanto de um correspondente homossemântico latino univocabular, **catóptrica** corresponde em forma e sentido ao latim **Specularia**, que, no entanto, não subsistiu.

Aliás a “catóptrica” de Euclides teve seu título traduzido pelo latim “Specularia” (speculum é espelho, palavra que, aliás lhe é derivada, assim como kátotron é espelho em grego).

## c — APARELHOS DIÓPTRICOS EM GERAL — SUA HISTÓRIA

Cabe aqui considerarmos perfunctòriamente os diferentes aparelhos dióptricos na ordem de aparição no arsenal dióptrico.

Assim espero que melhor se compreenda a complexibilidade e maravilhosa constituição do aparelho dióptrico ocular.

## α — LENTES E ÓCULOS

Lentes ou lentilhas, como eram mais conhecidas no século XVIII, em português — são “vidros redondos cortados a modo de lentilha, (do legume, de cuja semelhança derivou a denominação) com alguma elevação no meio e quase chatas na extremidade de sua circunferência. Na Óptica chamam-se *Lens-tis*, fem., e faz-se por vários modos, porque algumas vêzes este vidro é convexo, e outras é côncavo de ambas as partes: *Lens convexa* ou côncava *utrimque*. Nos óculos de longa mira, a lentilha que se põe no boquim, que olha para os objetos, é convexa, e a que respeita ao olho, é côncava” (Bluteau — Voc. Port. Lat. — 1712).

Romanos, gregos e egípcios trabalharam o vidro e o usaram para os mais diferentes fins.

“Esferas de vidro cheias de água eram empregadas pelos trabalhadores gregos e romanos para aumentar objetos. É no entanto estranho que gregos e romanos não tenham conhecido os óculos. É que os antigos não talharam vidros de aumento. Foi somente no século XIV que se construíram os primeiros óculos, isto é, lunetas munidas de lentes de vidro para míopes e presbíopes. Uma passagem do “*Opus Majus*” de R. Bacon, este monge prodigioso que no século XIII criou, por assim dizer tôdas as ciências físicas, teria sido dedicado à maneira de construir óculos: eis a passagem: “há coisas mais importantes a referir sobre a visão por refração, pois é fácil compreender, segundo as regras precedentes que os objetos mais extensos podem parecer diminutos, os mais afastados mais próximos, e vice-versa. Pois podem se moldar corpos transparentes e combiná-los em relação ao olho e às coisas, de tal maneira que os raios, sendo mais ou menos quebrados, segundo se queira, possa se ver uma coisa aproximada ou afastada, ler pequenas letras a grande distância, contar os grãos de areia e de poeira, devido a grandeza do ângulo sob o qual serão vistos. Uma criança poderia aparecer-nos como um gigante, um homem como uma montanha, uma pequena armada como grande. Fariamos de qualquer forma descer o sol sobre a terra, assim como a lua e as estrêlas; nós as fariamos do mesmo modo aparecer sobre as cabeças de nossos inimigos, e muitas outras coisas semelhantes, tais que o espírito humano ignorante da verdade não as poderia sustentar... Se um homem olha letras e outras coisas diminutas através de um cristal ou um vidro, ou outro corpo transparente colocado sobre as letras, e que este corpo seja uma porção de esfera menor que a metade, cuja convexidade seja voltada para o lado do olho, ele verá melhor as letras e elas lhe parecerão maiores”. Mas tais escritos não foram divulgados senão muito tempo após a morte”. (Figuier — “*Connalstoi toi-même — Notions de Physiologie — Paris — 1879 — pg. 446*).

Acredita-se que o inventor dos óculos seja um florentino: SALVINO ARMATO DEGLI ARMANTI.

Lê-se num manuscrito de 1299: “*Tratado da Conduta*”, escrito por um florentino: POPOZO DI SANDRO: que ele está já idoso de tal forma

que não lê nem escreve sem o auxílio dos vidros chamados de "OCCHIALI", descobertos recentemente.

Figuiet argumenta com textos da época em favor da tese por muitos negada que considera S. ARMATI como o inventor dos óculos, no século XIII.

O assunto é muito discutido, e tal como DUPUIS negou a existência de Cristo com farta documentação histórica e linguística, autores que estudaram o assunto tais como RISTRA e CANOVA (segundo OVVIO) chegam a negar-lhe a existência.

DEL LUNGO considera esta tese de S. ARMATI inventor dos óculos como uma "ERUDITA IMPOSTURA".

Redi confere a honra de invenção dos óculos a um padre de Pisa: Alexandre della Spina (a quem se deve segundo Figuiet apenas a disposição das lentes em armações, com apoio na raiz do nariz e nas orelhas) que morreu em 1313 e em cujo túmulo há uma inscrição que o toma por inventor dos óculos: "vir modestas et bonus que ocularia ab aliquo primo facta, et communicare nolente, ipse fecit et comunicavit corde ilari et volente" (homem bom e modesto que sabendo de outro que pela primeira vez construiu óculos e que não quis comunicar o feito, fez e ensinou de bom grado seus processos).

Para uns este primeiro inventor, que não transmitiu o invento é Rogério Bacon.

Por fim ainda há os que tomam ainda que erroneamente como autor do dito invento o veneziano S. CIROLAMO.

Os historiadores não consideram como óculos as esferas cheias de água.

A exegese histórica moderna não interpreta como referente a óculos (para miopia) a famosa citação de PLINIO em a "NATURALIS HISTORIA MUNDI" livro 39 - 16) de que Nero assistia às lutas dos gladiadores munido de uma esmeralda do que muitos concluíam erradamente ser Nero míope, o que não é admitido por GREEFF e HIRSCHBERG, que aduzem forte argumentação às suas asserções.

O mesmo se diga de passagem das comédias de Plauto (Castelaria, 1.º - 1) e Medicus.

Para os que consideram a esfera de vidro cheia de água (que Girolamo Cardano — 1501 - 1576 — chamava de "orbem e vitro") já como óculos, R. Bacon é o inventor dos óculos.

Mas para a moderna exegese é antes um aparelho precursor dos óculos.

Os primeiros óculos foram para presbiopia; só mais tarde vieram os para miopia, os coloridos (tão em voga em 1600) etc..

$\beta$  — **LUNETAS** — Só de 1608 a 1610 aparecem estes instrumentos de observação astronômicas, que combinam uma lente côncava (ocular) com uma convexa (objetiva). Atribuem muitos sua invenção a um holandês de Middelburgo: Jacob Metz, sendo depois melhorada e divulgada por Galileu, do qual recebeu o nome.

Quase ao mesmo tempo Kepler (1611) descrevia um outro tipo de luneta com lentes convergentes associadas.

$\gamma$  — **TELESCÓPIO** — Não é o mesmo que luneta. Enquanto a luneta é um aparelho dióptrico, o telescópio (no sentido atual) é um instrumento catadióptrico.

Sua invenção se deve a GREGORY, em 1663 e desde então vem ganhando em perfeição.

Lunetas e Telescópios são aparelhos monoculares (ou melhor unioculares), enquanto os binóculos como se refere o nome são instrumentos “binoculares”. Sua descrição para muitos foi feita pelo padre francês RHEITA, em 1678.

$\delta$  — **MICROSCÓPIO** — Este só aparece em 1590, por obra do ótico holandês ZACHARIAS JANSEN. O neologismo porém é de JOHANNES FABER, que assim o batizou em 1628.

$\Sigma$  — **O ÓLHO.**

### III — REFRAÇÃO — CONSIDERAÇÕES GERAIS

Refraçtio e reflexo — Anáclasis — Dióptrica e Anaclástica — Inicial confusão entre reflexão e refração — “De Refractione Dioptrica”.

Já salientamos que **DIOPTRIO** é o nome dado a qualquer superfície refratora, refrativa, refringente ou refrangente.

Qual será o adjetivo correto a empregar-se:

REFRATOR  
REFRATIVO  
REFRANGENTE ou  
REFRINGENTE?

Serão formas corretas, sinônimas, que se possam ser indiferentemente usadas ou a gramática faz diferenciação entre elas?

O latim possuía **REFRINGERE** e seu adjetivo deverbal **REFRINGENTE**.

Mas o português não formou refringir, que não se acha dicionarizada como bom português.

Há sim, **REFRANGER. REFRANGENTE** e **REFRANGÊNCIA** e **REFRANGIBILIDADE**.

A. Nascentes e o Pequeno Dicionário da Língua Portuguesa de A. B. Holanda e coletânea, indicam todas estas formas, dando como preferência o verbo **REFRATAR** e seus derivados, e tomando **REFRANGER** e derivados como galicismos vitandos. O certo é pois, refrativo, refrator etc..

Existe, no entanto, um verbo **REFANGIR**, mas seu sentido é de **FRANGIR** de nóvo ou com fôrça, o qual como Figueiredo abona com um exemplo de M. Lobato (Urupês 52): “refrangir a testa” onde refrangir é o mesmo que franzir ou frangir (forma alcaica) de nóvo.

Ambas foram emanadas do latim frangere, quebrar (espanhol fruncir).

Por ter evolvido mais neste sentido de franzir, enrugar, e aparecer na Literatura com tal significado, convém evitar no sentido de “refratar”.

A diferença entre reflexão e refração estomlógicamente falando é que: **REFLETIR** (que é um fenômeno físico que ocorre com o raio luminoso ou sonoro em um mesmo meio) é **DOBRAR** (**FLECT**).

Euclides na *Catóptrica* (Propos. I) usava o verbo *ανακλῶνται* - **Anaklôntai** neste sentido, que tem traduzido por **REFRINGITUR** em latim.

Em latim usava-se antes de **REPERCUSSIO**, de **REVERBERATIO** que de **REFLEXIO** quando referente a fenômeno actínico que ocorre com raios luminosos ou sonoros (eco).

Sêneca usou neste sentido do termo **DUPLICATIO** (*radiatorum duplicatio*).

Reflexio o refletir tomam origem na raiz **FLECT** (curvo).

Desta raiz rica em derivados emanam: flexão, infletir, refletir, flexível, flexara, flexor, inflexão, flexiloquo (ambíguo ou obscuro na linguagem).

Já **FRANGERE** de que originou **REFRAÇÃO**, tinha o sentido de **QUEBRAR**.

**FRANGERE** se liga à raiz **FRANG**, indo-européia (donde vem o inglês to break e o alemão zu brechen, quebrar).

Desta raiz vêm: o verbo latino frangere, que deu em português frangir, franzir, franzir, franger, refranger e confranger (angustiar).

Os tempos primitivos do verbo Frangere são: frango, fregi, fractum frangere.

Seus derivados podem vir do tema do supino (**FRACT**).

Apontam-se no latim:

**FRACTIO** — ação de quebrar (fracionamento).

**FRACTOR** — o que quebra.

**FRACTURA** — quebradura.

**FRAGILIS** — quebradiço.

**INFRAGILIS** — inquebrável.

**FRAGILITAS** — fragilidade.

**FRAGOR** — ruído quebradura.

**FRAGOSUS** — quebrado.

**FRAGMEN** — fratura, estilha.

**FRAGMENTUM** — pedaço.

**NAUFRAGIUM** — destruição da nau.

**ANFRACTUS** — (**AMB** é curvo).

**ANFRACTUOSO** — cheio de curvas.

**SUFFRAGIUM** — pedaço de vasilha de barro por meio do qual se votava (compare-se com o grego **ostracismo**, votação em ostras, usado em Atenas e com o grego **pséphos**, pedrinha para votar) — daí passou ao voto, ao direito de voto...

**SUFFRAGARI** — votar (compare-se com o grego **psephizo** votar com pedrinhas) — votar a favor.

**INFRINGERE** — quebrar.

**INFRACTIO** —

**REFRINGO** — ore — cujo termo alemão correspondente tem a mesma análise morfológica: wiederbrechen (wieder igual ore e brechen a frangere) — quebrar — arrombar — refratar.

Em português é grande a cópia de cognates:

REFRATADO

REFRATO

REFRATAR

REFRATÁRIO

REFRATIVIDADE

REFRATIVO

FRATURA ou FRACTURA

ANFRACCTO AMFRACCTUOSO

FRANGÍVEL

FRANGALHO (frango ave tem outra origem, não é cognato — aliás é um problema seu étmo, que tem sido bem estudado por C. Michaelis)

FRAÇÃO

FRÁGIL

FRAGOR

FRAGA (penhasco)

FRAGOSO (escarpado)

FRAGMENTO

NAUFRÁGIO

SUFRÁGIO

FRANJA (para alguns é cognato — há discordância).

REFRÃO (idem).

**REFRANGER:** Segundo Pedro Machado é adaptação do francês *re-franger* que Moraes averbou em sua edição de 1813. Refrangível vem do inglês *refrangible*. Refrangibilidade vem do inglês *refrangibility*, ambos têm ingleses tidos como formados por Newton.

Refringente está averbado em 1890.

**REFRAÇÃO:** *Refraction* (of light) em inglês está registrado na língua escrita desde 1603.

Em latim **REFRACTIO** (*luminis*) é, segundo Meillet, mais recente. De fato aparece só no **DIGESTO** com tal sentido. Boethius usou de **REFRACTIO** em nomenclatura filosófica, para denominar a conversão de uma proposição.

Plínio usara “radius” refringitar in selem”, para exprimir que o raio do sol volta para si, reflete-se. Ainda não faz a diferença hoje cediça entre refração e reflexão.

O fato do **REFRACTIO** aparecer no **DIGESTO** de Justiniano (533) em latim da Decadência explica porque não está averbado em Léxicos de Latim Clássico, como os de QUICHERAT GAFFIOT, e outros.

Bento Pereyra o consigna em sua Prosódia na parte Latino-Portuguesa: *Refractius Radius*: raio de luz que passa de um corpo transparente a outro de diversa natureza. Bento Pereyra tomou a lição da *Amalthaeae Onemástica* de fr. Tomás da Luz (1673).



Na "Prosódia" achamos também dicionarizada o adjetivo Refractivus.

Foi na Grécia que primeiro se estudou a refração luminosa, que recebia o nome de ανακλασις - Anáklasis que, no entanto, era aplicado também à reflexão da luz, como compreende Bailly, um dos maiores dicionaristas da língua helênica. Bailly em certas passagens de Aristóteles e Plutarco traduz anáklasis por "reflexion de la lumière, reverberation".

Anáklasis se desdobra em **ANA** que tem aí o mesmo sentido de repetição que o prefixo latino **RE**, e **KLAS**, de uma raiz **CLAST**, quebrar, romper, da qual derivam: clava, clero (partilha, herança, pois o clero, segundo Constâncio se considera como tendo herdado a doutrina de Jesus Cristo) gládio, clástico, clasmátécito, estococlasto, iconoclasta (destruidor de imagens).

A **CATÓPTRICA** estuda os fenômenos de reflexão, os espelhos, a câmara escura, sombras, telescópio (da reflexão) e **FOTOMETRIA**.

A **DIÓPTRICA** estuda a refração, as lentes, lupas, óculos, microscópios, telescópios (de refração) o arco-íris, e halo da miragem, o olho como instrumento de refração e a visão.

#### IV — PAPEL DO ÓLHO NA FISILOGIA DA VISÃO

Aristóteles já falava de um movimento luminoso do objeto ao olho.

Para Ptolomeu **SOTER** o Homem busca ao longe a sensação em lugar de receber passivamente a ação da luz. Os raios luminosos partiriam do olho, e em especial do cristalino, então considerado órgão emissor da luz.

A visão era pois um **ATO** e não um efeito.

Este modo errôneo de considerar a função do olho não entrou no entanto os estudos de **CATÓPTRICA** e Ptolomeu mostrou em sua **ÓPTICA** quão longe iam tais estudos.

Ele conhecia o fenômeno da refração atmosférica (que faz com que os astros fiquem mais altos do que são).

Os Pitagóricos também faziam os raios luminosos nascer do olho.

Apolodoro fazia o raio provir do objeto.

Para Aristóteles a visão dependeria da vibração de um meio físico situado entre o olho e o objeto.

**ESCOLA DE EUCLIDES:** Euclides criou a óptica geométrica. Sua **CATÓPTRICA** chega a fórmulas e considerações idênticas a muitas hoje adotadas, e, paradoxalmente foram reduzidas partindo do princípio falso de que a luz emana do olho. Ao menos avisado suas figuras muitas vezes superpõe-se as usadas nas ópticas geométricas atuais mas suas demonstrações valem, mutatis mutandis olho por objeto.

A Escola de Euclides pertenceram **HIPARCO**, Damiano e Heron de Alexandria.

**EPICURO** (apud Lucr. in De Nat. Rerum) numa carta a Herodes adotava a famosa teoria da visão baseada nos **EIDOLA** (simulacros, como traduz Lucrécio Caro):

“A visão poderia explicar-se pela formação de simulacros (eidola, imagens), espécies de membranas ou **CASCAS**, emanando continuamente de todos os corpos cuja superfície seria guarnecida de uma multidão de corpúsculos imperceptíveis podendo destacar-se sem perder sua ordem, guardando sua forma primitiva para vir em definitivo entrar no olho”.

De parte de Galeno, de Pérgamo, os médicos para explicar o mecanismo da visão negligenciavam perceber a participação do olho neste mecanismo.

A teoria Galênica (que OVVIO prefere atribuir a Celso) cairá somente no século XV com Leonardo da Vinci, cujas asserções vão encontrar apoio na bem conduzida obra de KEPLER e nos experimentações de SCHEINER.

Galeno e os alexandrinos tomavam o cristalino indevidamente como órgão divino do olho (divinum oculi) — seria o receptor da luz, que daí seria transmitida ao nervo ótico.

Aliás cite-se de passagem que o conhecido Brás Luís de Abreu, autor da velha medicina portuguesa, que escreveu o procurado “Portugal Médico ou Monarchia Médico-Lusitana” Lisboa, 1726 ainda applicara ao cristalino a expressão epitética: “Oculi centram”.

No século X Ibn Al Haitan ou Alhazem (como é conhecido no Ocidente) põe em relêvo o papel do olho interno — afasta com firmeza a idéia das membranas impalpáveis e concebe a formação das imagens ponto por ponto. Considera a luz como um fenômeno exterior que bate no objeto, o qual emana em tôdas as direções e em particular para o olho.

Para êle a luz se prepara em linha reta e se reflete ou se refrata (fêz muitas experiências bem conduzidas).

Referiu o fenômeno das refrações intra-oculares. É ainda o primeiro a descrever a câmara escura.

Só no século XIV é que sua obra foi traduzida e difundida por F. RISNER em 1752: som o nome: OPTICAE THESAURUS.

**VITÉLIO:** (polonês) cuja obra RISNER juntou à de Alhazem chegou a resultados análogos, mas melhor estudados.

Rogério Bacon escreveu um “TRATADO DE PERSPECTIVA” (Francofort, 1514); conhecia os trabalhos ópticos de Ptolomeu, Alhazem e Vitélio, que cita e imita muitas vêzes.

No século XIII aparecem os vidros lenticulares para óculos (em latim não há nomes: só frases: orbem e vitro) para óculos de presbiopia e miopia.

DU CANGE já falava dêles. Holanda, Alemanha e Espanha ou melhor Itália, disputavam a honra da invenção dos óculos: sendo S. ARMATI o mais creditado (Maria Manni prova em: “De Florentinis inventis”).

Para uma minoria Rogério Bacon ou A. de Spina seriam os inventores.

MAUROLYCUS DE MESSINA, no século XVI, em seus “Theoremata de Lumine et Umbra e Diaphanorum libri tres”: já se aproxima da verdadeira teoria da visão.

Leonardo da Vinci, no início do século XVI foi o 1.º a comparar o olho a uma câmara escura. É o primeiro também a destronar as idéias ditas galênicas sobre o cristalino, passando a vê-lo como uma lente biconvexa convergente, a rotina como o anteparo da câmara escura ocular.

Presentiu o mecanismo de formação da imagem retínica, que já havia sido entrevisto por Felix Prater (médico).

Scheiner em Roma, em 1625 provará em praça pública, com olho de boi, que imagem retilínea se forma à semelhança da imagem formada no fundo de uma câmara escura.

Giambattista Della Porta (Nápoles) por volta de 1589-1593 em suas obras: "MAGIA NATURALIS" e "DE REFRACTIONE" (teoria das lentes) trata vários assuntos correlatos.

Os orientais com Alhazem nessa época já considerava a imagem formada ponto por ponto. No Ocidente ainda se recorria aos simulacros, o que não permitia explicar os problemas simples propostas pela reflexão e refração.

Na "Magia" Porta receita lentes divergentes.

Della Porta comparou o olho a uma câmara escura lenticulada, mas não chegou a verdadeira teoria da vista pois ainda concentrava no cristalino tôdas as funções dos órgãos visuais.

**Kepler** foi o primeiro nas **Paraliponema in Vitellonis Opticam** (1604) a completar a assimilação do olho à câmara escura (retina-anteparo); a Kepler se devem as bases da óptica moderna.

É criador de vários termos (foco, dióptrica etc.); seu trabalho aparece 11 anos depois do "De Refractione" de Della Porta.

Aí Kepler estudou a natureza da luz, a reflexão, a refração da luz e a visão.

As explicações de Porta eram confusos. Kepler observou que a imagem dada por uma esfera provida de um diafragma é muito nítida na vizinhança do centro. Inventou um telescópio, dito dióptrico.

**GALILEU GALILEI:** no "Sidereus Nuncius" estudou aparelhos dióptricos e travou polêmicas.

**SNELLIUS** descreveu as leis da refração e estudou índices de refração.

**DESCARTES** estudou a refração, as lentes — ainda não conhecia a diferente refrangibilidade das luzes monocromáticas.

**NEWTON** (1704) fez a grande descoberta da decomposição da luz, que estudou em sua Óptica ou Tratado das reflexões, refrações e inflexões e côres da luz, Londres, 1704.

**MARC MARIE** entrevira as descobertas de Newton (in "Thau Matias iris — Praga, 1648). No tempo de Newton construíram-se telescópios, microscópios, instrumentos exatos.

**FRANCISCO MARIA GRIMALDI** (jesuíta) em obra póstuma: "Physico mathesis de Lumine, coloribus et iri, de allisque anexis libri duo" — Bolonha, 1665 — com feixes luminosos estreitos, de fontes de pequena dimensão — êle mesmo indica como procedeu: "Tendo aberto na janela um buraquinho menor possível, AB, deixa-se por êle entrar a luz do Sol numa câmara completamente escura".

**FRESNEL** explicou o fenômeno da difração cujo nome é devido a Grimaldi.

A teoria ondulatória deu a explicação teórica do fenômeno experimental.

**GAUSS** em 1777 estudou os sistemas dióptricos aplicando neste estudo a chamada aproximação de Gauss, que é uma limitação dos fatores determinantes para poder chegar a resultados previsíveis matematicamente.

Em 1856 Helmholtz na "**ÓPTICA FISIOLÓGICA**" ainda hoje obra respeitada quão rara (traduzida por Javal ao francês) precisou o estudo da visão com bases ópticas.

Não houve assunto correlacionado com a visão que Helmholtz não ventilasse. Ilusões de ptica, inversão da imagem retínica, que explica por teoria bastante divulgada. Helmholtz fez um estudo pleno de óptica em relação com a arte pitórica, na sua "Óptica da pintura", que vem apenas a obra de Brucker: "Princípios científicos das Belas Artes".

Ele é o autor da expressão óptica Fisiológica.

Gauss, Listing e Sturm fizeram aplicação da matemática à Óptica Fisiológica.

## V — FENÔMENOS ÓPTICOS NÃO REFRAATIVOS QUE OCORREM NO ÔLHO: REFLEXÃO (CATÓPTRICA DO ÔLHO)

A. **Córnea como superfície de reflexão:** A córnea reflete 2,5% da luz incidente. Como "Speculum rotundum" que é, (espelho convexo), ela é sede de imagens corneais de reflexões (imagens catóptricas).

Estas imagens catóptricas corneais como as imagens formadas em espelhos convexos sob certas condições, são diretas diminuídas.

## A — DÊSTE FENÔMENO FÍSICO ADVÊM A DENOMINAÇÃO DA PUPILA

De fato, pupila é nome que também é popular, além de aceito em nomenclatura técnica.

Ele vem do latim pupilla, que já era o nome dado à "menina dos olhos" por Lucrecio, Plínio, Horácio e outros.

É diminutivo de **PUPPA**, boneca, menina, termo da linguagem infantil. Também significa Virgem e órfã. Pupila é, pois, menininha.

No grego o nome de pupila, κορη - kóre, também significa boneca, menina, virgem e órfã Aparece em Plutarco, Aristóteles, Sófocles, Platão e outros.

Em grego à pupila também era aplicada a denominação de γλῆνη - gléne que tem o sentido comum de menina, como aparece na Ilíada e na Odisséia.

Tais nomes, de formas diminutas (menina, pupila) ou de fundo diminutivo (menina, boneca) advêm da pequenez das imagens de pessoas for-

madras no espelho corneal, pois tais imagens nas condições em que são visíveis são diretas e diminutas.

O espanhol *niña*, o português menina dos olhos (que Camões usou nos *Sonetos* para denominar a pupila ocular) e o italiano **CITTINA** (Toscano), diminutivo de **CITTO**, **ZITTO**, rapaz, tem a mesma origem e explicação físico-óptica.

Ainda cabe aqui citar a denominação dada à pupila ocular na Beira Alta, em Portugal: **ROSINHA**.

O hebraico, o alemão e o francês criaram seus nomes para a pupila a partir de outras motivações psicológicas: o hebraico e *ish-min-can*, homem do olho; o alemão e o francês usaram os termos carpológicos (relativos a frutos): **AUGENAPFEL** (que também é nome de globo ocular) e *Pranelle*.

## B — IMAGENS DE PURKINJE — SANSON

Purkinje em 1823 (“*De examine physiologico organi visus*”) e Sanson em 1837 (“*Leçons sur les maladies des Yeux*”); descreveram tais imagens corneais e cristalínicas (na face anterior e posterior do cristalino). Purkinje salientou a utilidade da observação de tais imagens na semiologia das cataratas.

Antes de Purkinje, Young já descrevera as imagens de reflexão corneal dadas por uma grade de ferro.

Foi **LANGENBECK** em 1849 que tirou de tais imagens conclusões úteis no estudo da **DIÓPTRICA** Ocular. Verificou a mudança de amplitude de tais imagens (que é desigual nas imagens cristalínicas) durante o fenômeno da acomodação.

Helmholtz desenvolveu então sua famosa teoria da acomodação, fenômeno cristalínico em que há um aumento da curvatura das faces do cristalino, em especial da face anterior, como se pode depreender da observação da alteração da imagem cristalínica anterior, que se achata mais.

Com tais imagens também se pode notar que a córnea não participa do fenômeno da acomodação dada a inalterabilidade da imagem corneal.

## C — ASTIGMÔMETROS

Sinônimos: { OPTÔMETRO  
CERATÔMETRO  
OFTALMÔMETRO (de Javal)

Tais aparelhos usam imagens catóptricas corneais para realizarem a ceratometria.

**HISTÓRICO:** Pourfour de Petit mediu a córnea em 1710 (com arcos de cobre mediu em cadáver).

Tomas Yong, em 1801, fez o mesmo usando régua, compasso e espelho.

Kohlrausch em 1839 foi o primeiro a usar para medida da curvatura da córnea a medida de uma imagem obtida por reflexão, obtidas de objetos de dimensão e distância conhecidas.

Helmholtz em 1854 constrói seu Oftalmômetro, de difícil manêjo.

Javal em 1880 constrói o primeiro Oftalmômetro prático.

Surgiram então os CERATOSCÓPIOS, de Wecker, Masselon, Hubert, Prouff e outros.

O disco CERATOSCÓPIO ou simplesmente disco de Plácido ou ceratoscópio de Plácido, foi descrito pelo oftalmologista português Antônio Plácido da Costa, do Pôrto (em seu trabalho: *Novel Instrument pour la recherche rapide des irrégularités de courbure de la cornée* — *Periódico de oft. Prat.* - 2.<sup>o</sup> - 5-6-1880) — as imagens corneais distorcidas obtidas com êste Disco denunciavam de modo prático o astigmatismo corneal.

## VI — FENÔMENOS ÓPTICOS NÃO REFRAATIVOS QUE OCORREM NO ÔLHO — (ÓTICA OCULAR-ABSORÇÃO DA LUZ)

É a reflexão interna (difusão). Para Tscherning é a difração. São reflexões elementares. A verificação de tais fenômenos pode ser feita nas:

**LÂMPADAS DE FENDA** — cujo histórico está nas Biomicroscopias.

**FENÔMENO DE TYNDALL** — (John Tyndall, físico irlandês, 1820-1893).

### SINÔNIMOS

RELUSCÊNCIA (Tyndall effek)

CÔNE DE TYNDALL

**HISTÓRICO:** Êste fenômeno foi descrito pela primeira vez por Michael Faraday (1857) em suspensões finissimas de ouro coloidal. O feixe de luz intensa se ilumina vivamente neste sol. Tyndall verificou em águas do Mediterrâneo e do Atlântico (1869). A luz que dispersa mais é a azul (menor comprimento de onda, por isto dispersa mais). Daí a côr do céu (azul). De frente, no fenômeno Tyndall se vê vermelho e de lado, azul. A côr azul de fumaça é outro exemplo do fenômeno Tyndall. Não há fenômeno Tyndall nas soluções e sim nas suspensões. Spring criou a expressão: ópticamente vazio para os meios homogêneos em contraposição a heterogeneidade óptica dos “colóides”. Nas partículas pequenas há dispersão nas maiores, reflexão, dando origem a côr branca. A luz vermelha difunde pouco em meio heterogêneo, donde o sol poente ser vermelho em atmosfera carregada.

Tyndall escreveu um trabalho sobre a côr do céu: “sobre a côr do céu”.

Não confundir efeito com fenômeno de Tyndall com experiência de Tyndall.

## VII — FENÔMENOS ÓPTICOS NO ÔLHO: REFRAÇÃO DA LUZ NOS MEIOS OCULARES

### A. RAIOS NORMAL E OBLÍQUO

#### A. RAIOS NORMAL E OBLÍQUO — Forame óculo estenopéico

Prova-se experimentalmente que um raio luminoso normal (norma aí está por esquadro e linha normal é a que advém do esquadro) não se refrata. Já um raio oblíquo em relação a um meio de refração, quando sôbre êle incide, refrata-se, tal se faz em diptro: retos ou curvos, consoante a curvatura do diptro e o índice de refração (refringência) de meio subjacente ao dito diptro.

O fato de um raio luminoso normal a um diptro não se refratar, encontra aplicação prática no diagnóstico dos defeitos de refração pelo:

**FORAME ESTENOPÉICO:** (ou óculo estenopéico) — foi concebido segundo Ovvio (op. cit. na Bibliografia) por um físico itoliano: **MORATELLI**, em 1871 — que fazia os velhos ver bem através de um pequeno orifício em um disco negro.

**J. JANIN** em 1772 os aconselhava para pupilas grandes.

**PELLIER** em 1783 usou-os em um rapaz de olhos grandes, como os de boi, que via mal e muito melhorou.

### B. O SISTEMA DIÓPTRICO OCULAR

#### a) Tipo

É um sistema, um conjunto de dioptrios classificável:

CENTRADO  
FOCAL e  
CONVERGENTE

É centrado porque tem os eixos dos diferentes dioptrios numa só reta (tal não é exato, mas sim aproximado). É focal porque tem focos onde se concentram os raios luminosos que incidem sob certas condições. Há sistemas desprovidos de foco (ou têm-no no infinito), como por exemplo o sistema usado em lunetas tipo Galileu.

É convergente (ou coletivo, segundo Hermann) porque, como podemos de um modo prático salientar, tem tôdas as superfícies dióptricas convexas voltadas para o meio menos denso (a córnea para o ar, a cristalóide anterior para o aquoso e a posterior para o vítreo).

#### b) Elementos do sistema dióptrico ocular

Citaremos em resumo, as constantes ópticas dos meios oculares:

CÓRNEA  
HUMOR AQUOSO  
CRISTALINO  
HUMOR VÍTREO

Note-se bem que estes dados são variáveis tal como é variável este aparelho biológico que é o olho.

#### $\alpha$ — DIOPTROS E SEUS ELEMENTOS

**CÓRNEA:** É considerado o mais potente diptro ocular, tendo uma potência de 40,98 dioptrias, segundo alguns autores. Seu índice de refração gira em torno de 1,3374. Seu raio de curvatura é de 8 mm aproximadamente. O primeiro diptro ocular é o filme das lágrimas, mas sua espessura é desprezível.

**HUMOR AQUOSO:** Como seu índice de refração está dentro de 1,337, pouco diferindo do da córnea, usa-se fundir teoricamente córnea e humor aquoso num bloco só, constituindo o primeiro meio intra-ocular que a luz encontra.

**CRISTALINO:** É uma lente biconvexa, cujo raio de curvatura anterior é maior (10 mm) que o posterior (6 mm), sendo, pois, mais achada na sua frente e mais abaulada, mais convexa atrás. A refringência do cristalino não pode ser expressa por um índice de refração único, pois varia do córtex ao núcleo, sendo o núcleo mais refringente. O índice varia de 1,38 a 1,40, sendo, pois, maior que o da córnea-aquosa. Seu poder dióptrico é de 19 d (em repouso).

**HUMOR VÍTREO:** Já tem um índice menor, de 1,336. A força óptica total do olho é de pouco mais de 50 d.

#### $\beta$ — PONTOS CARDEAIS DE UM SISTEMA DIÓPTRICO E OS DO OLHO HUMANO EM PARTICULAR

Tais pontos cardeais também são conhecidos por alguns como “constantes” do aparelho dióptrico (Ovvio). Chamam-se cardeais (cardo, em latim é eixo, dobradiça, gonzo) por serem o “eixo” (os pontos mais importantes) em torno do qual gira o aparelho dióptrico. De fato, são pontos tais que são necessários e suficientes para definir um sistema dióptrico (tal como dois pontos definem uma reta na vastidão do espaço). Tais pontos que são abstrações matemáticas, foram dados a conhecer em 1829 por MOEBIUS, em 1838-40 por GAUSS e em 1845 por LISTING. São seis tais pontos:

DOIS FOCOS PRINCIPAIS (ANTERIOR E POSTERIOR)  
DOIS PONTOS PRINCIPAIS  
DOIS PONTOS NODAIS

**FOCOS PRINCIPAIS:** (ou pontos focais). São dois: um anterior e um posterior. O foco principal anterior é aquele em que se reúnem na frente do sistema dióptrico (no olho fica na frente da córnea a 14 mm de seu vértice) os raios paralelos provenientes do vítreo (May).

O foco principal anterior também se chama primeiro foco principal. O foco principal posterior ou o segundo foco principal é aquele ponto do eixo no qual os raios paralelos se unem após serem refratados pelo sistema dióptrico ocular: está situado (no olho em etrope em repouso) do lado ir-



terno da mácula, entre esta e a papila (ou disco) do nervo óptico, mais ou menos 23 mm para trás da córnea (May).

O termo **FOCO** foi primeiramente usado em física por Kepler em 1604, em Catóptrica, para os espelhos curvos. É antes um termo de calorimetria, pois onde se reúnem os raios paralelos forma-se calor por convergência simultânea dos raios calóricos (foco é palavra cognata de FOGO). Daí passou ao FOCO dos sistemas dióptricos.

#### PONTOS PRINCIPAIS

São também dois: São dois pontos de tal modo relacionados que quando um raio incidente passa através do primeiro ponto principal, o raio emergente que lhe corresponde passa pelo segundo ponto principal (May).

São tão próximos, no olho, ficam na câmara anterior, um a 0,4 mm do outro, que podem ser considerados um só ponto, situado a mais ou menos 2 mm atrás da córnea, na câmara anterior.

Há autores como Axenfeld, que o esquematizam no vértice da córnea. Em geral é representado por H, quando único, ou por H e H' (HAUT PUNCKTE, de Moebius (1829) e Gaus (1840)).

#### PONTOS NODAIS

Foram descritos por Moebius e Listing. Listing usava para êles o nome: KNOTENPUNCKTE (1845) motivo pelo qual são representados nos esquemas por K e K<sub>1</sub> ou K (quando são fundidos em um só).

#### SINÔNIMOS

##### CENTRO ÓPTICO

##### NÓ

##### PONTO DE CRUZAMENTO (CAMUSET)

É o centro de curvatura de cada dióptro. No olho reduzido é um só, e fica em local onde todo o raio luminoso que passa por êle não sofre desvio. Ficam próximos do raio posterior do cristalino, a 7 mm da córnea, (7,58 e 7,26).

Ficam adiante da cristalóide posterior mais ou menos 0,5 mm (6,7 e e 0,3 mm). Distam um do outro 0,4 mm, sendo portanto muito próximos, o que leva a reuni-los em esquemas, em um só ponto nodal, o centro óptico que Axenfeld, aproxima do centro de curvatura do olho.

Com êstes pontos determinados, constrói-se a imagem num dado sistema dióptrico.

#### γ — UTILIDADE DO CONHECIMENTO DÊSTES ELEMENTOS DO SISTEMA DIÓPTRICO OCULAR

O conhecimento e determinação dêstes pontos cardeais foi obra de pacientes investigações de muitos físicos e fisiólogos do século passado, mesmo em nosso século tem-se feito revisão destas medidas.

Listing, Helmholtz, Tscherning, Guelstrand, Haas e Yves Le Grand têm estudos sobre o assunto. É interessante notar que não são concordes os resultados de tais autores, razão pela qual citamos dados aproximados,

mais para formar uma idéia de tais pontos que para definir com precisão matemática sua localização.

Dêstes conhecimentos dióptricos adveio a teoria na imagem de fundo de olho.

A refratometria, que conhece como pai o holandês Donders, deveu seu desenvolvimento às medidas de Listing, como confessava o próprio mestre da refração ocular: Donders (1849).

Euler inspirou-se no olho para idealizar sistemas acromáticos de lentes.

Kepler já fazia ver que para a visão ser distinta argia que o foco principal caísse na retina.

### c) **ÓLHO ESQUEMÁTICO (OU TEÓRICO COMPLETO)**

Esquematiza quando considera o  $n$  (índice de refração) igual 1,33 da córnea e aquoso como iguais e dá ao cristalino um  $n$  médio (1,42).

Os principais modelos de olho esquemático (completo) ou teórico são:

de Listing (1852)

de Helmholtz (1896)

de Tscherning (1898)

de Sigalas (1903)

de Gullstrand (1908)

de Haas (1939)

de Yves Le Grand (1945)

Yves Le Grand idealiza um “olho simplificado” que pouco difere do olho esquemático clássico.

### **ÓLHO REDUZIDO**

Neste olho a redução do sistema pode ser extrema, reduzindo-o a um dióptrico único, de mesmo efeito.

Foi HUYGHENS que idealizou o primeiro em 1652, se bem que a denominação de “reduzido” se deva a Listing (1851).

Comparem-se o olho esquemático (com dióptros cristalínicos) e o olho reduzido.

Dito olho reduzido teria seu vértice a 1,75 mm, do vértice corneal. Teria uma força de 60 d, um raio de 5 mm e um índice de refração médio de 1,386.

Constrói-se facilmente a imagem em tal olho.

## **C. O ÓLHO COM CÂMARA ESCURA**

### **1 — História das câmaras escuras**

Discute-se sobre o inventor da câmara escura.

O árabe ALHAZEN (965-1038) já aludia à câmara escura e seus prodígios.

Roger Bacon (1214-1294), que conheceu a obra do predessor, também se refere a ela.

Girolamo Cardano (1501-1576) já dotava as câmaras escuras de uma lente (orbem e vitro), para tornar a imagem mais nítida.

Giovanni Battista Della Porta (1538-1615) aconselhou pela primeira vez seu uso para desenhar e copiar eclipses solares (MAGIA NATURALIS).

Escrevia êle que o povo é visto na rua "UT ANTIPODIS" e o que é direito aparece esquerdo e vice-versa.

Bárbaro mais tarde usou câmara escura com diagrama, para aguçar a imagem.

Friedrich Risner (1580) aconselhava o uso de câmara escura portátil (traduziu Alhazen), para a fácil e acurada delineação de vistas topográficas.

No século XVIII a câmara escura era uma verdadeira paixão.

"Uma das coisas mais belas vistas no mundo" (John Harris — Lexicon Technicum — London, 1704).

## 2 — O olho como câmara escura

a) Leonardo da Vinci foi o primeiro autor a comparar o olho com uma câmara escura e destronar a teoria galênica da visão (Ovvio faz ver que na verdade tal teoria era antes de Celso que Galeno).

b) Porta também compara o olho a uma câmara escura.

c) Kepler desenvolveu mais longe a aproximação olho-câmara escura.

d) **Elementos da câmara escura ocular:** O olho é uma câmara escura provida de lente biconvexa (cristalina) o que como se viu na história da câmara escura, traz maior nitidez à imagem, tal como já afirmava o introdutor do melhoramento na câmara escura artificial: Girolamo Cardano.

O olho é também uma câmara escura diafragmatizada.

Na câmara escura ocular reconhecem-se:

**CÓRNEA:** sem vasos, com nervos sem mielina, o que explica sua transparência: funciona como um vidro de relógio.

**CRISTALINO:** É a lente biconvexa (objetiva).

**RETINA:** É o anteparo.

**ESCLERÓTICA:** (e córnea) — estôjo protetor.

**PUPILA:** É o diafragma.

**PÁLPEBRAS:** Fecham a câmara qual uma cortina.

A coriorretina com sua pigmentação escurece o interior da câmara e absorve raios de luz difusa.

A córnea é um importante meio refringente e também absorve luz.

O humor aquoso absorve raios infra-vermelhos.

O cristalino funciona como um aparelho dióptrico (convergente) e também absorve luz (Após facectomia é comum o aparecimento de ERI-TROPSIA).

O diafragma pupilar irídico assume várias formas nos animais: fenda vertical, elíptica horizontal (ruminantes) e circular (no homem por exemplo).

Nicati chamou a visão dos vertebrados de visão camerular, por ser o olho comparável a uma câmara escura.

e) **Óptica fotográfica:** Uma das grandes aquisições do século XIX (Daguerre e Niepce) foi o da arte fotográfica, cujos conhecimentos sedimentaram numa Óptica Fotográfica.

A máquina fotográfica é a sublimação da câmara escura artificial. Diga-se, no entanto, que a óptica fotográfica imitou o olho ao criar o diafragma por isto mesmo chamado íris.

f) **Imagem retínica — é invertida:** Que o olho atua como uma câmara escura era fato já salientado por Leonardo da Vinci (1452-1519), Porta (1589) e Kepler (1604).

Foi porém o padre Scheiner que em 1625, em Roma, primeiro com um olho de boi e depois com olhos de outros animais, demonstrou públicamente a formação da imagem invertida retínica.

Leonardo da Vinci já conhecia a formação da imagem de objetos exteriores na retina.

Felix Plater também já descrevia tal fato no seu “De partium corporis humani structura et usa” — 1583.

Scheiner porém procurou provar em olhos de animais e também em olho humano ressecando a esclerótica no polo posterior do olho e verificando no fundo de olho a formação da imagem retínica invertida. (Scheiner — *Oculus sive fundamen opticum* — 1619).

Kepler em 1604 também chamara atenção ao fato da inversão da imagem (ad *Vitallionem Paralipomena qui bus astronomiae pars optica traditar*).

Maarolycus em 1575 considerava o olho uma câmara escura onde o cristalino era comparável a uma lente de vidro convergente, mas negava que a imagem fôsse invertida, “senão veríamos os objetos invertidos”.

Quando Kepler admitiu a inversão da imagem (a inversão é do objeto e não da imagem), explicou logo em seguida “que a experiência e a atividade da alma” endireitam a imagem”.

O oftalmoscópio de Helmholtz permitiu ver no vidro a formação da imagem retilínea e localizar a imagem do PUNTO DE FIXAÇÃO na fóvea.

Urge saber como é que vemos endireitados os objetos cujo optograma (imagem retínica) é invertido.

Há teorias bem conhecidas como a de Hering e a de Helmholtz.

**Teoria de Hering:** (também conhecida como teoria nativista) — Refere o A. que nossas idéias são inatas e a faculdade de transformar a imagem retínica em objeto real nos foi legada por nossos antepassados.

**Teoria de Helmholtz:** (ou empírica) — Para êle a hereditariedade não influi; para o criador da óptica fisiológica desde a infância adquirimos o hábito de associar as sensações visuais às sensações de tato.

Assim é que a criança vendo um objeto quer logo pegar para conhecê-lo.

A teoria de Helmholtz parece confirmada nas observações em indivíduos operados de catarata congênita em idade avançada: o operado sente-se ofuscado, não podendo interpretar o mundo exterior, começa a servir-se do tato para reconhecer os objetos.

Não há dúvida que o sentido muscular está ligado ao da vista, tanto que nós no escuro podemos dirigir a vista para a ponta de nosso dedo, isto porque sabemos a posição dos músculos do dedo em relação ao do olho.

NERVAL DE GOUVEIA, físico e fisiólogo que lecionou no Rio de Janeiro no início do século elaborou teoria segundo a qual desempenha o papel não de anteparo, mas de um espelho que projeta a imagem do objeto sobre o próprio objeto, de sorte que a imagem atravessando outra vez os mesmos meios, é revertida.

Escreve Thibau Jr. em seus "Elementos Physica Biológica", cujo texto seguimos de perto, no tocante a estas três teorias, que Nerval de Gouveia defende sua teoria com indestrutíveis argumentos.

Os fisiologistas francêsés VIAULT e JOLYET, em seu excelente (*Traité Élémentaire de Physiologie Humaine*", Paris - 1894 - à pág. 718, pareceram a nós tratar este delicado ponto controverso da Fisiologia Ocular com rara clareza.

A leitura do mesmo assunto em outras Fisiologias como as de Laurantiè, Arthus, Langlois e Varigny e outros, mostra, pelo confronto, como Viault e Jolyet foram mais didáticas na exposição da matéria.

Até mesmo Tscherning em sua "Ótique Physiologique" — Paris - 1898, silenciou sobre o assunto.

Transcrevamos, pois o que ensinaram os supra-citados aoutres:

"Visão direita — Projeção da imagem — Emitiram-se muitas teorias para procurar explicar como vemos os objetos direitos, quando as imagens retínicas são invertidas. Sob esta forma a questão é mal colocada. Supõe-se, com efeito que o olho vê a imagem que se forma sobre a retina, o que não se dá. Para colocar a questão sobre suas bases verdadeiras, é preciso compreender o mecanismo das percepções visuais. O olho é um órgão que nos ensina à distância sobre a forma dos objetos exteriores e sua posição.

Ora, estes objetos atuam sobre ela, senão pelos raios luminosos que emitem. Estes raios são retilíneos; para conhecer a direção deles será suficiente conhecer dois de seus pontos.

Deve existir no aparelho visual uma disposição que permite resolver este problema.

Nos olhos compostos dos articulados o estreito calibre dos bastonetes cristalínicos rodeados por seu manguito de pigmento não permite acesso aos raios luminosos senão segundo o eixo do bastonete, o elemento nervoso situado na parte profunda deste órgão não recebe pois os raios luminosos a não ser segundo uma direção única. A impressão marcha de uma extremidade a outra do elemento nervoso atuando sucessivamente sobre pontos contíguos colocados em série linear segundo o eixo do elemento, e pode se supor que é por este mecanismo que é fornecida a noção da propagação retilínea dos raios luminosos.

Encontramos no olho dos vertebrados uma disposição análoga. Os cones e bastonetes são também elementos retilíneos através dos quais a ação luminosa se transmite de uma extremidade a outra e pode dar a noção de um movimento que se propaga em linha reta. Aí é preciso notar que os cones e bastonetes são separados por expansões pigmentares das células de revestimento da retina; eles não recebem, pois, senão os raios luminosos que seguem a direção de seu eixo. Em suma, toda a excitação

de um elemento terminal retínico dará a impressão de um raio luminoso dirigido segundo o eixo prolongado do elemento.

Ora, os cones e bastonetes são ordenados segundo os raios de curvatura da retina cujo centro de curvatura coincide aproximadamente com o centro óptico do cristalino. Consequentemente, os raios luminosos dos objetos vistos nitidamente chegam segundo o eixo prolongado dos cones e bastonetes, pois passam pelo centro óptico (pontos nodais) de cristalino.

Os elementos terminais da retina dão então a impressão da direção real dos raios luminosos pois que êles são adaptados a perceber tôda excitação dirigida segundo o seu eixo. Não é, pois, a imagem formada sobre nossa retina, o optograma, que vemos; nós percebemos vibrações luminosas cuja causa projetamos para o exterior graças a um mecanismo fisiológico pré-estabelecido. A prova disso é que se fecharmos os olhos depois de fixar por alguns instantes um corpo brilhante, nós o vemos na sua posição normal. Este fenômeno se explica pela persistência de uma impressão feita sobre os elementos retínicos cuja causa projetam para o exterior no prolongamento de seu eixo. Uma outra prova desta propriedade fisiológica dos bastonetes e dos cones é que o fenômeno determinado pela compreensão de ambiente do globo ocular aparece no ponto diametralmente oposto, isto é, no prolongado eixo dos elementos excitados.

## VIII — DEFEITOS FISIOLÓGICOS DO ÔLHO

Não estranhemos o termo “defeito”, pois, o olho como aparelho dióptrico foi abominado por Helmholtz, que afirmou devolvê-lo a um artifice, se o recebesse após encomenda.

O olho mesmo emétrope, pode ser sede de inúmeros defeitos na produção da imagem, desde a difração até às mais complexas aberrações. Muitos destes fenômenos, porém, só ocorrem no olho em condições excepcionais e não ordinariamente, e é por isto que muitos autores negam o seu aparecimento no aparelho dióptrico ocular.

### A — Difração-Franjas

A luz tem, como já dizia o padre Grimaldi no século XVII (1665) quatro modos de propagar-se ou difundir-se não só: diretamente, por meio de refração e reflexão mas também por um outro quarto modo; pela difração. (*Lumen, propagur seu diffuditur non solum direct, refracte ac reflexe etiam sed alio quondam quartomodo diffracte*).

Note-se que há ainda a dupla refração ou polarização.

Isto estava na sua: “*Physicomathesis de Lumine et coloribus et Iride*” — pe. Francisco Maria Grimaldi — 1665.

Foi Fresnel quem explicou o fenômeno da difração descrito pelo padre Bolonhês. Êle escreveu em 1815 uma memória “Intitulada: Sobre a difração da luz”. Melhorou as condições de obtenção das franjas: usava luz do sol, orificio e câmara escura, tal como Grimaldi, mas já adicionou uma gôta de mel como lente.

Fresnel ainda considerava a luz composta de vibrações, quando na verdade são transversais.

No anteparo Fresnel pôs uma lupa para melhor observar as figuras de difração.

A difração ocorre tôda vez que a luz encontra pela frente uma pequena fenda ou um pequeno objeto opaco de dimensão diminuta. O foco luminoso deve ser puntiforme.

Com a luz branca a figura de difração consta de franjas brilhantes com bordas irisadas e franjas escuras.

Com luz monocromática vêem-se franjas de difração alternadamente brilhantes e escuras.

No olho em condições de miose há formação de imagens com o ponto central circundado por círculos claros e escuros, alternadamente. Fechando-se o olho também podemos ver imagens franjadas por difração luminosa (os cílios também participam na formação de fendas).

Constâncio, um dos mais perfeitos dicionaristas da língua portuguesa na época (1836) definia difração como “térmo de óptica, substantiva feminina, de dois prefixos disjuntivo e fracção — desinflexão, desvio que sofrem os raios de luz passando rente da superfície de um corpo”. De fato, dis (com assimilação do S ao F dá Dif — fracção) é disjuntivo, pois os “raios” como que se desinflexam, se separam, se disjuntam.

Na difração por um corpúsculo, as franjas aparecem até na sombra geométrica deste corpúsculo projetada no anteparo.

Êste prefixo dis, disjuntivo, separativo, (que aparece na própria palavra disjunção) é o mesmo que há em distar, discriminar, disseminar, divórcio, difluir, difundir, dispersão, etc.

Hutton considera inflexão e difração luminosa, como sinônimo.

De difração podemos derivar difrator, difrativo e difringente, que se acham averbados como bom português, evitem-se outros derivados que não têm a sanção da lexicografia. Terminando estas breves considerações sobre a difração note-se que os ingleses reclamam para Hook a descrição do fenômeno, mas de fato foi Grimaldi quem não só descreveu como denominou o fenômeno.

## **B — Aberração — o que é aberração — considerações filológicas e ópticas (Vasco Ronchi) — a aproximação de Gauss.**

Aberração de um modo geral é desvio. Aberratio — era o desvio de um caminho, o descaminho, o extravio, o engano.

Aberrar significava em latim sair do caminho, perder-se, afastar-se, apartar-se, desviar-se, de **AB**, que exprime afastamento (donde abôrto, abjurar) e **errare**, andar vagando de um lado para o outro, Aberrare era desviar-se da verdade, errar gravemente.

**Errare** significava andar vagando sem destino, andar às cegas nas trevas, andar aqui e ali sem direção certa — vagar — daí para o sentido de desviar-se da verdade, enganar-se, é fácil o passo semântico.

**Errare** era sair-se do caminho, extraviar por não conhecer o caminho, tatear, levar vida de andarilho, vida errante, não ter domicílio fixo — e já em sentido figurado: estar em êrro, cometer um êrro.

Andar com destino certo em latim era *ambulare, ingredi, incedere, iter facere* ou *iter habere, cedere, ire, ambire*.

Andar sem destino era *vagari, errare*. Foi de um frequentativo de *ambire*: *ambitare* que veio o nosso verbo andar.

De *ambulare* veio-nos *perambular*.

Em **aberrare** o **AB** reforça o sentido de desvio, de separação.

**Aberrare** é mais que **errare**: é andar bem longe, distanciar-se do caminho.

O Dicionário da Academia de Lisboa de 1793 (que abortou na letra A) dá um exemplo de **aberrar** neste sentido de desviar-se: “veio Cristo, di Sto. Epiphânio e Sto. Agostinho, para dar indulgência àqueles que antigamente conhecerão, e não **aberrarão**, ou se desviarão da sua Deidade”.

Interessante notar que **errar**, andar sem rumo e **errar**, desviar-se da verdade, sentidos diferentes do mesmo v. **errare** em latim, em grego também eram sentidos comuns de *πλανη* - *Plana*, *Pláne*; planeta, o astro errante vem daí.

O verbo é *πλαναομαι* - *Planáomai*, *Planáomai*, vaguear, errar *πλαναω* - *Planáo*: *Planáo*, desencaminhar, enganar; *πλανη* - *Pláne*, *Pláne*, vida errante, êrro, equívoco.

Em grego distinguam-se dois tipos de astros: os errantes (*πλανητης* - *Planétes*, hoje planetas) e os fixos, inerrantes: (as estrélas) *απλανητος* - *Aplánetos*.

Em grego *απλανησια* *aplanesía* significava infalibilidade.

Os planetas eram, pois, tidos como astros vagantes (em tórno do Sol), em oposição à fixidez estrelar.

Não se julguem inaproveitáveis, em **Dióptrica** as considerações acima: elas visam a esclarecer tēmos com *aplanético*, *aplanetismo*, etc. correntios na nomenclatura *dióptrica* das *aberrações*.

Sistema *aplanético* é aquēle isento de *aberração*, no sentido etimológico.

A palavra *aberração*, que de início só tinha estes sentidos, foi enriquecendo seu conteúdo semântico.

Foi aplicada em astronomia pela primeira vez por MANFREDI em 1730 para exprimir os fenômenos descobertos por James Bradley da chamada *aberração astronômica*, ou *aberração da luz* como também é conhecida em *óptica meteorológica*; tal *aberração* traz como efeito verem-se da Terra as estrélas numa direção diferente da real. Bradley (1692-1762 — diretor do observatório de Greenwich — chamado por Newton o melhor astrônomo da Europa) descobriu e explicou o fenômeno.

Manfredi usou o nome **aberração** para denominá-lo.

Manfredi usou **Aberratio** — Clairoult em 1737 nas *Mém de l'Ac des Sc.* já usava **abérration** para traduzir o tēmo latino.

O mesmo se deu fora da astronomia, na **óptica** comum. O fenômeno da *aberração* já era conhecido há muito tempo, mas o primeiro a usar



do termo aberração em sentido óptico geral foi, segundo Darmesteter e Hatzfeld, o sueco KLINGENSTIERNA em 1761.

Examinando-se a vasta correspondência em francês e latim, de Christiaan Huygens não encontramos sequer uma vez a palavra **aberratio** ou **aberration**.

Klingenstierna usou o noie para a aberração de esfericidade e cromática.

Dito matemático sueco foi o primeiro a descrever as lentes acromáticas (que Newton afirmara serem uma utopia).

Klingenstierna publicou então o “tentamen de definiendis et corrigendis aberrationibus” St. Petersburgo — 1762.

Das aberrações a de esfericidade foi descrita antes que a de Refrangibilidade. Daí o termo passou às outras aberrações da luz.

#### **Aberração nas diferentes línguas**

Em alemão: Abweichung (weich é desviar) — Abirrung.

Em inglês: aberration.

Em italiano: aberrazione.

Em francês e espanhol: aberration, aberración.

## DO CONCEITO DE ABERRAÇÃO

**Aberração em Medicina:** Littré a define como afastamento, irregularidade de aspecto de estrutura de estado, de ação de função; na aberrações dos sentidos, do julgamento dos flúidos.

Aberração em óptica deve ser definida com precisão, por meio de uma definição que sirva às diferentes variedades de aberração luminosa que ocorrem nos sistemas dióptricos.

Uma definição grosseira de aberração é a de que é a deformação da imagem em relação ao objeto.

Tal deformação pode ser produzida em imagens por reflexo ou refração da luz em espelhos, lentes ou outros sistemas dióptricos.

Um espelho curvo, sempre dá aberrações (exceto os parabólicos que são aplanéticos); uma lente sôzinha e muitos sistemas dióptricos produzem também aberrações.

Os espelhos planos são aplanéticos. Os curvos (exceto os parabólicos) e as lentes não são, pois, fiéis nas suas imagens. Não é necessário que sejam defeituosos para tal.

Com rigor a aberração deve antes ser definida como veremos adiante.

Vasco Ronchi, um dos maiores estudiosos da Óptica, especialmente da Dióptrica Ocular, autor de muitos verbetes de óptica da mais afamada Enciclopédia italiana a Trecanni, explica-nos bem como adveio o conceito e o nome dado ao fenômeno.

“Com a intenção de aumentar o rendimento dos instrumentos foram feitos, já no século XVI estudos para dar o máximo de abertura nos sistemas ópticos.

Naturalmente verificou-se que aumentando esta abertura (maior iluminação, imagem mais clara e nítida) os raios emergentes dos sistemas ópti-

cos não se dispunham em CONES tendo vértices nos diferentes pontos da imagem real ou virtual que fôsse, mas davam lugar a complexos mais ou menos complicados.

Disse-se então que os raios ABERRAVAM, pois não se dispunham como se podia esperar pela teoria elementar.

Começou assim o estudo das ABERRAÇÕES ÓPTICAS com a finalidade de classificar e individualizar-lhes as origens, e de encontrar os diferentes processos para eliminá-las.

Também neste setor os estudos foram ingentes.

O conceito fundamental era o seguinte: **Quando os raios emitidos por um ponto objeto e desviados por um sistema óptico passam por um ponto, a imagem é perfeita;** por outro lado é defeituosa tanto mais quanto maior a aberração dos raios, ou seja, o seu desvio da direção que deveriam ter seguido para dar uma imagem perfeita.

Determinaram-se, pois, processos e regras algébricas — e Trigonométricas para encontrar quais as alterações a serem feitas num sistema óptico para diminuir as aberrações. Os resultados não foram pequenos (Apud "L'Ottica Scieza della visione — Vasco Ronchi — 1955, pág. 60).

Ronchi mostrou quão sujeita à crítica é a linguagem técnica da óptica quando fala em objeto e imagem, pois o objeto sempre nos é conhecido por uma imagem luminosa (mais tátil ou olfativa).

O conceito de aberração envolve o conceito de imagem.

É o que Vasco Ronchi nos faz notar em sua magnífica Óptica (pág. 274-5): "recordando a evolução histórica das idéias sobre o mecanismo da visão temos em primeiro lugar os "Eidola" (em Bailly é reprodução dos traços, imagem, particularmente simulacro, fantasma como está na Iliada 2, 451 e Odisséia 5, 796 — fantasma dos mortos depois: imagem de um deus, ídolo, imagem refletida na água e no espelho: Aristóteles: Div. in. Somn. — 2, 12 — imagem concebida no espírito, donde imaginação — imagem está por "imitagem") dos antigos físicos gregos — concepção que depois se transformou na das **Espécies** medievais (ver em lat. era spicere).

Tratava-se de FORMAS diferentes da substância, de aparência privada de materialidade.

Prevalencia o conceito de conjunto: a espécie de uma maçã era um todo na sua natureza como uma maçã material é um TODO no mundo material.

O conceito de que uma maçã pudesse ser um conjunto de pontos ou elementos, cada um agente por conta própria, do ponto de vista óptico encontrou grande dificuldade em afirmar-se.

Apareceu primeiramente na obra do árabe Alhazen (Idade Média) e só foi ser aperfeiçoado 5 séculos depois nas obras de Kepler.

A teoria da imagem formada ponto por ponto desenvolvida por Kepler veio demolir radicalmente o conceito de ESPÉCIE não só como mecanismo de formação, mas ainda como entidade no seu complexo.

A imagem de uma maçã era então o conjunto de pontos imagem dos pontos simples da maçã.

Esta nova concepção deu grande impulso aos estudos de óptica mas logo começou a **dar mais de CRISE**. Porque os casos em que um sistema óptico faz passar precisamente por um ponto os raios emitidos por um ponto do objeto são relativamente raros.

Isto sucede com o espelho plano e em outros poucos casos.

Em geral os raios desviados pelo sistema óptico dão uma **Cáustica** (que é também uma linha que queima mas não um ponto, um foco).

Há cáusticas por reflexão — em espelhos (catacáusticas) e diacáusticas, por refração.

Isto já era conhecido antes de Kepler expor a sua teoria e pelo contrário era tão bem conhecido que o próprio conhecimento destas cáusticas distanciava os matemáticos fiéis à lógica e à exatidão.

O abade Maurolico primeiro e depois Kepler em forma completa e definitiva chegaram a uma nova concepção por um golpe genial e sobretudo por uma quebra da lógica.

Isto é com uma **APROXIMAÇÃO**.

Em termos mais modernos podemos dizer: os raios desenvolvem uma **Cáustica**: consideramos a cúspide da cáustica e desprezamos o resto.

Isto levará a resultados tanto mais precisos quanto menor a abertura angular do feixe luminoso...

Do ponto de vista lógico a definição fundamental de imagem vinha a cair (só espelho plano e certos sistemas a formam — ora, a imagem do espelho plano é vista pelo olho...).

É claro que se chama imagem o ponto de encontro dos raios (quando se encontram num ponto).

Mas como a experiência demonstrava que as imagens se viam igualmente, fêz-se ainda uma quebra da Lógica, e se recorreu a uma espécie de “compromisso” e começou-se a falar em “**aberração**”.

E assim se disse: quando os raios passam por um ponto a imagem é perfeita — quando não o fazem, mas **quase o fazem**, a imagem é imperfeita e chamam-se aberrações os desvios dos raios em relação à posição que deveriam tomar para que a imagem fôsse perfeita.

Este é o modo de raciocinar em todo o mundo, e ninguém lembra que **o que nos falta é a definição da imagem...**

A teoria das imagens nos sistemas dióptricos, como o olho, baseada na **APROXIMAÇÃO**, especialmente na de Gauss é que teorizou a formação das imagens nos sistemas, dadas certas condições imprescindíveis.

O conceito de sistema óptico isento de aberração é teórico quando absoluto. Só o espelho plano faz exceção. Para os outros o que se deve dizer é que são isentos de aberração (estigmático ou anastigmático, que é redundância, aplanético e ortoscópico) quando respeitadas outras condições conhecidas como “**aproximação de Gauss e Abbe**”, em homenagem aos que as estabeleceram.

São elas:

- I — O pincel luminoso enviado pelo ponto objeto deve ser cônico, com raios de pequena abertura (o sistema assim é dito estigmático, de estigma, ponto).
- II — Os raios incidentes devem ser **paraxiais**, isto é, pouco inclinados em relação ao eixo. É claro que aí o sistema deve ser centrado.
- III — O ponto objeto deve pertencer ao eixo ou estar próximo d'ele.
- IV — Se fôr objeto, deve ser frontal e de pequenas dimensões relativamente aos raios de curvatura dos diferentes dióptros do sistema.
- V — A luz deve ser monocromática.

Não sendo satisfeitas tais condições as imagens mostram-se defeituosas, dizendo-se então que o sistema apresenta aberrações.

Exemplo:

- 1 — Se a abertura do feixe é grande, aparece a aberração de esfericidade. O sistema é a-stigmático.
- 2 — Quando a imagem de um objeto **plano frontal** é curva, o sistema é PLANÉTICO.
- 3 — Se a imagem é plana, mas dissemelhante ao objeto há DISTORÇÃO — o sistema não é ortoscópico (é anortoscópico).
- 4 — Nos sistemas não catóptricos podem haver defeitos na imagem quando se usa luz policromática. Há então aberrações cromáticas. Logo, uma condição é usar luz monocromática.

Para os espelhos curvos em particular as condições segundo as quais diminuem as aberrações são:

- { pequena abertura e
- { raios pouco inclinados sobre o eixo principal.

Faltadas estas condições o espelho origina aberrações.

Os espelhos cilíndricos e cônicos dão imagens de um **Homem** e por isto são usados nas feiras. Os côncavos (ou cavos) aumentam e afinam, os convexos aumentam a largura e diminuem a altura.

Os espelhos parabólicos desviam todos os raios para um único foco: são aplanéticos.

As Físicas geralmente dão a definição geralmente adotada de aberração a partir desde as aproximações desta forma:

“Aberrações são as discordâncias entre as imagens previstas pelas equações aproximadas que aplicamos às lentes e às imagens efetivamente obtidas”.

Resultam **de leis** de refração em superfícies esféricas, e portanto não são o produto de lentes defeituosas: por exemplo, com irregularidade de curvatura nos diferentes dióptros.

Há quem classifique as aberrações em:

- a — **Geométricas:** (que se dão com luz monocromática): de esfericidade, com as astigmatismo, curva de campo, distorções.
- b — **Cromáticas** — (só com luz policromática) — longitudinal e lateral.

Começemos por estudar a aberração de esfericidade, sempre procurando estudar o que há no olho humano emétrepe (não acomodado).

### 1 — Aberração de esfericidade

Sinônimos: { aberração esférica  
aberração monocromática (mas há outras monocromáticas)

É uma aberração que ocorre em espelhos de grande abertura (pode-se até prevê-la) — há em lentes espessas (cristalino) quando incidem raios marginais.

Portanto, vem da incidência de raios distantes do eixo que incidem no espelho ou no diptro.

Os raios centrais e marginais refletidos ou refratados não se reúnem num só foco, mas em muitos, que em seu conjunto constituem a chamada CAUSTICA de reflexão ou refração.

Exemplo de aberração catóptrica em espelhos: para uma abertura de espelho de 1 grau há uma aberração longitudinal de 0,02 mm e lateral de 0,0003 mm.

Já para uma abertura de 20 graus há aberração longitudinal de 7,5 mm e lateral de 2,6 mm.

Explica-se pelo ângulo maior do prisma na margem da lente espessa. A lente fina tem a aberração menos acentuada, a cáustica de pequena dimensão, quase punctiforme. Logo, para diminuir tal aberração em uma lente biconvexa deve-se:

- 1 — Interpor um diafragma aos raios marginais — mas tem o inconveniente de diminuir a luminosidade da imagem.
- 2 — Usar lentes delgadas.
- 3 — Adaptar à lente biconvexa, uma côncavo convexa. É a solução dada pela Óptica Fotográfica: o sistema de objetiva aplanética.

É óbvio que as lentes biconvexas, simples têm este defeito, que em Óptica Fotográfica é, como refere a “Enciclopédia Fotográfica” do Prof. Rodolfo Namias (1922) é um dos mais danosos defeitos.

No olho com todas as condições de normalidade: (córnea com raio de 8 mm, diptro cristalínico anterior com 10 mm de raio e posterior com 6 mm, etc.). Não há capacidade de fazer-se tal sistema aplanético por si mesmo.

Há também tal aberração em plano-convexa e convexo-plana, mas é maior nas convexo-planas que nas plano-convexas, o que é demonstrável.

Tal aberração se chama **ESFÉRICA** segundo VASCO RONCHI (Occhi e Occhiali, 1951 — pág. 123):

“L’aberrazione sferica deve il suo nome al fatto che è generata dalla forma sferica (o(piana) delle superficie della lente”.

**Lentes esféricas** — são as livres desta aberração (em geral são sistemas de lentes e não propriamente lentes).

**O olho humano** — como explica LOUIS MURAT nas “MERVEILLES DU CORPS HUMAIN”, corrige tal aberração por vários expedientes:

- 1 — **A córnea:** é um elipsóide de revolução (e não uma esfera), isto é, sua curvatura (raio de curvatura) é maior na margem, sendo pois menor a refringência nas margens.
- 2 — **Cristalino:** aí deveria ser maior a aberração, mas seu índice de refração diminui do centro à margem: os raios marginais são menos fortemente refratados.

Além disto o cristalino tem a face anterior elipsoidal e a posterior parabolóide.

O cristalino é sensivelmente **aplanético:** para TSCHERING é aplanético e um pouco super-corrigido.

O achatamento marginal da córnea não seria suficiente — para corrigir a aberração esférica.

O poder refringente das lamelas do cristalino cresce para o centro (não é uma lente homogênea, mas sim um índice que cresce do cortex ao centro).

- 3 — **O diafragma irídico:** diante da lente — é um dos principais expedientes que torna o olho um sistema esférico (ou quase).

Esta aberração ocorre com raios paralelos ao eixo.

Lentes com esta aberração não reproduzem um ponto do eixo por um ponto. Esta aberração depende da superfície do dioptro.

A superfície cáustica tem forma de um **sino**.

No olho quanto maior a luminosidade, menor a pupila e menor a aberração. Logo, iluminar bem para corrigir tal aberração.

Conclui-se que, **para as condições gerais de visão** o olho é um sistema praticamente aplanético (esférico).

## 2 — Aberração cromática

Sinônimos: {  
Aberração de refrangibilidade  
Aberração de cromaticidade  
Aberração Newtoniana  
Cromasia (Luciani)

Foi descrita por ISSAC NEWTON, que imaginava não ser possível de correção, pois é devida à diferente refringência da luz policromática em seus diferentes elementos.

A luz azul é mais refringente e seu foco fica mais próximo da lente que o da “luz” vermelha.

A luz com comprimento de onda menor (azul) é fortemente desviada (aqui também o raio é paralelo).

Newton com sua autoridade, negando correção a tal aberração fez com que se atrasassem os estudos referentes aos sistemas ACROMÁTICOS.

Foi assim que muitos autores pesquisavam conjuntos de lentes para empiricamente, obter o desejado sistema acromático que para Newton era uma quimera.

Sucessivamente os estudos de EULER (que dizia ser o olho um instrumento óptico que corrigia bem tais aberrações e merecia ser estudados seus expedientes).

CLAIRAUT e KLINGESTIERNA trabalharam neste sentido, de conseguir o sonhado acromatismo, mas a honra coube a JOHN DOLLOND, que em 1757, soube combinar vidros de qualidade diferente e assim obteve o primeiro sistema acromático: em que a objetiva é biconvexa, de vidro "CROWN" e a ocular bicôncava FLINT tem índice de refração maior que o CROWN. O contôrno das imagens obtidas por sistemas cromáticos ou lentes cromáticas não é nítido e é colorido com as côres espectrais — a imagem é dita IRISADA.

No acromatismo procuram-se coincidir os focos do vermelho e do violeta (em geral a retina é míope para o azul).

O olho, como já salientava DOLLOND, é um sistema cromático: as imagens são rodeadas de um halo azul.

Todo o sistema dióptrico convergente é cromático: o olho, que é um sistema dióptrico convergente, tem de ser, mas, o assunto é discutido.

**Experiências que provam a cromaticidade do olho.** No ato comum da visão, estamos habituados a eliminar êstes efeitos. A retina está no círculo de difusão comum a 2 cones de luzes monocromáticas diferentes.

Nestas condições a imagem é nítida, acromática.

Para produzir cobre-se meia pupila com um "ECTRAN" e vêem-se imagens irisadas.

A imagem retínica é rodeada de um anel vermelho se o foco violeta cair na retina (a vermelha atingirá a retina ainda no seu cone).

Helmholtz corrigiu a cromaticidade do olho com lente côncava de "FLINT-GLASS" e convexas de "CROWN-GLASS"; cobrindo meia pupila na via mais os halos coloridos entre os objetos claros e escuros e não aumentava a nitidez.

LOUIS MURAT acoima o olho de cromático e cita para explicar: o menor poder de dispersão dos humores oculares.

SIGALAS crê que a acomodação corrige levando os círculos de difusão do vermelho e do violeta, que são iguais, a coincidir com o das outras côres no meio e se recompõe a côr branca.

O fato é que nas condições normais o olho é um sistema acromático.

A descentralização da fóvea também desempenha papel importante.

**3 — Descentralização (ou descentração)** — O olho não é um sistema dióptrico centrado (centralizado).

O eixo visual (objeto-fóvea) faz com o eixo anatômico do olho ângulo com vértice no ponto NODAL, (ângulo alfa de 5 graus).

#### 4 — Aberração astigmática

Sinônimos: { Aberração periférica  
Aberração monocromático (impróprio)

LOUIS MURAT e muitos compêndios didáticos de Física, tratam aí do astigmatismo córneaal ou cristalínico, por defeito na curvatura de tais dióptros. Mas êste é um vício que ocorre em olhos viciosos, anômalos (astigmatismo por ametropia).

Aquí tratamos do astigmatismo de um sistema dióptrico com seus dióptros perfeitos, no tocante aos raios de curvatura.

Não é uma aberração decorrente de um sistema mètricamente imperfeito. É uma aberração que aparece quando o pincel de raios incide inclinado.

Formam-se duas focais: uma horizontal e uma vertical, cujo conjunto recebe o nome de “curvatura de campo”.

Para conseguirmos um sistema ou uma lente anastigmática (note-se que a lente já é um sistema dióptrico) o diafragma tem certa importância e deve ficar no meio dos elementos do sistema (a íris fica entre córnea-aquoso e o cristalino) e os raios devem ser paraxiais.

#### 5 — Distorção

Ocorre nos sistemas diafragmados (diafragmatizados) com um quadrilátero se vê a ampliação diferente produzida pela lente no centro e na periferia dá origem a ela: daí os tipos: em crescente e em barrilete.

A causa é o diafragma distante.

Se o diafragma ficar em frente, há em barrilete, se atrás, em crescente.

Com o diafragma entre lentes iguais compensam-se as distorções.

Mais uma vez a posição do diafragma irídico ocular entre os meios de refringência diferente garante o sistema contra tais aberrações.

Um sistema dióptrico sem distorção é dito: **ortoscópico** e com distorção anortoscópico.

#### 6 — Coma

É também uma aberração: devido pontos fora do eixo — a figura se assemelha a cometa devido refração diferente dos raios.

Corrige-se com pequena abertura. A curvatura da retina elimina (mas a imagem periférica é aberrante).

#### 7 — Círculos de difusão

Sinônimos: { Círculos de confusão (óptica fotográfica)  
Círculos de dissipação  
Círculos de aberração



É normal no olho, mas dá origem a uma imagem indistinta, mas dentro de certos limites é compatível com a visão distinta.

A imagem periférica é aberrante neste aspecto, e isto chega a ser necessário, para contrastar melhor com a imagem central, que não aberrar.

Quem mostrou a importância destes círculos na visão distinta foi JURIN ("Essay on DISTINCT and INDISTINCT VISION" na famosa OPTICS de Smith, em Appendix).

### IX — VÍCIOS DE REFRAÇÃO

Estes são defeitos decorrentes de alteração no comprimento do olho, das curvaturas corneal e cristalínicas.

Sinónimos: { Anomalias, erros, vícios

Não entraremos no assunto interessante que é o do porque tais defeitos já vêm com o nome de **vícios** desde Kepler, e mesmo desde os latinos, como se pode ver no erudito autor das "Noites Aticas".

### X — AS ILUSÕES DE ÓPTICA — DEFINIÇÃO — (OUTRAS ILUSÕES SENSORIAIS) — ASSUNTO DE GRANDE IMPORTANCIA EM ÓPTICA, FISIOLÓGICA, PSICOLOGIA, FILOSOFIA E ATÉ ILUSIONISMO — AS ILUSÕES ÓPTICAS MAIS CONHECIDAS: DE NARCISO, AS MIRAGENS, A PERSPECTIVA (CIÊNCIA DAS ILUSÕES DE ÓPTICA DA DISTÂNCIA)

Ilusão é engano, decepção, aparência enganosa, mentirosa. Não vamos deter em assunto tão fecundo como este, do sentido etmológico de ilusão. Ilusão de óptica, ilusão óptica, ilusão visual, ilusão da vista ou pseudoscopia é um engano da vista ao receber a imagem de um objeto.

É a imagem visual imperfeita de um objeto.

Desde cedo aprendemos a reconhecer as ilusões a que a vista nos leva: nossa imagem atrás de um espelho (é, diz-se, a primeira ilusão, de que Narciso foi vítima ao mirar-se no espelho das águas) é um exemplo. Se esta não nos ilude, tal não se dá à maior parte dos espectadores de ilusionismo onde imagens especulares são tomadas como objetos (cabeça falante, metarmofoses).

As miragens, que tanto fizeram sofrer os exércitos Napoleônicos na África, são outro exemplo de ilusão de óptica, que recebeu um nome particular (a fada Morgana é um sub-tipo de miragem mista, com denominação própria, onde transparece a mitologia medieval).

A perspectiva, parte que é do desenho, ensina-nos a desenhar respeitando as imagens visuais, em detrimento das proporções geométricas de um objeto — ela é uma ciência exata, que procurou codificar as leis que regem a transfiguração da imagem visual decorrente da distância do objeto ao olho. Estamos elaborando um estudo metódico, histórico e filológico das ilusões ópticas, mostrando as causas sobrenaturais primeiramente atribuídas a elas até as explicações ópticas clássicas de monge e outros.

O assunto é vasto, e interessa não somente à Psicologia, à Óptica Fisiológica, à arte Pictórica, como também ao Ilusionismo e à Prestidigitação.

Ilusões há também no setor dos outros sentidos: as auditivas são conhecidas: zumbidos, zunidos ou tinidos (acuofenos), são tidos como exemplos, mas são antes alucinações que ilusões. O eco, a ventriloquia...

XI — APOLOGIA DO ÔLHO E DA VISÃO. HELMHOLTZ, FIGUIER — OS AUTORES DA ANTIGUIDADE CLÁSSICA — UM TRECHO DE FR. HEITOR PINTO

O aparelho ocular cujas qualidades e soluções não são despiciendas, teve seus detratores.

Vimos já que Helmholtz afirmou “devolvê-lo ao artífice se acaso recebesse por encomenda aparelho tão defeituoso”.

O grande divulgador da ciência que a França teve no século passado L. Figuiet, fazia ver que: “la vue ne nous donne pas la notion exacte de la figure ni de la grandeur des objects, puisque tour carrée, vue dans le lointain, nous paraît ronde, et que les arbres très-élevés, vus dans une perspective éloignée, ne nous paraissent pas plus grands que des arbrisseaux voisins de nous. Elle ne nous donne pas davantage la notion exacte du mouvement, car un object que si meut avec rapidité, comme une roue de voiture, nous semble immobile, et, à l'inverse, des corps immobiles, comme des arbres échelonnés au bord d'une route que nous parcourons en voiture, semblent fuir devant nous **he sens de la vue est donc trompeur**. Ses indications ont besoin d'être rectifiées par le toucher et par l'éducation. C'est ce que Condillac a parfaitement établi dans son “Traité des sensations”. (Figuiet — Connais-toi Toi-même — notions de Physiologie — 2.<sup>a</sup> ed. — Paris — Hachette, pg. 460).

O olho tem seus apologistas desde a antiguidade.

Assim é que Teofrasto, Aristóteles e Plínio só tiveram palavras de aplauso a esta obra maravilhosa da natureza animal, o aparelho visual,

Cícero no “Da natureza dos Deuses” — 56-7-8), tratando das provas da existência de Deus pela causa final teve estas palavras para enaltecer o aparelho ocular: “Sua estrutura do (olho) corresponde maravilhosamente à sua função”... (segue-se um estudo teleológico dos anexos oculares, semelhante à aquêles que mais tarde emanariam da pena de Bernardin St. Pierre).

Na língua portuguesa Frei Heitor Pinto, o sábio moralista de Covilhã teceu estas palavras econmiásticas à visão e ao órgão visual, que mostram a excelência da vista sobre os outros sentidos: “o que sabemos de ouvido pode ser incerto mas o que sabemos da vista é certíssimo. Donde veio a dizer Tales Milésio, mestre que foi do grande Anaximandro e entre os gregos primeiro inventor da geometria, que a diferença que havia dos olhos às orelhas, havia da verdade à mentira, dando a entender que, ainda que os ouvidos se enganassem, a vista se não podia enganar.

E daqui vieram os da Ilha de Creta a pintar Júpiter com olhos e sem orelhas, como conta Célio no 6.<sup>o</sup> Livro das suas Lições Antigas: significando que os que tivessem mando e domínio, não haviam de crer tudo

o que ouvissem porque podia ser falso, mas o que vissem, porque isto é o que haviam de ter por sem dúvida.

E por isso é o sentido da vista mais excelente que todos os outros em tanto que Galeno chama aos olhos: membros divinos.

E não sem causa os pôs a Natureza na mais alta parte do corpo humano, como sentido mais insigne, e o que mais amamos, e a que sôbre todos os outros devemos de estimar.

E assim como estão mais altos, assim descobrem mais “coisas, sendo pois o sentido de maior alcance que possuímos (vemos a estrêlas) mas não lhe ouvimos os ruídos nem sentimos “odôres e sabores estelares”, nem tampouco nos é dado tatear senão no alcance de nosso corpo).

## XII — BIBLIOGRAFIA SUMÁRIA

Não indicaremos as obras de Filologia que alicerçaram nossas asserções, pois seria bastante prolixo indicar tôda a vasta Bibliografia Filológica básica, das línguas clássicas e das românticas.

Da língua Portugêsa consultaram-se os Léxicos Clássicos, mas não foram poucas as vêzes que fomos recorrer à lição dos pioneiros da Lexicografia Portugêsa: J. Cardoso e Bento Pereyra; Bluteau, Moraes-Bluteau, Moraes, Constâncio, Faria, Lacerda, Aulete A. Coelho, João de Deus, C. Figueiredo, C. Freire e tantos outros foram consultados a cada passo.

Não foi pequena a contribuição de Léxicos Especializados como de Littré, Garnier, Skimer, Pepper, P. Pinto em Medicina, e em Física e Matemática o antigo e respeitado Léxico (hoje verdadeira raridade bibliográfica) de Chardes Hutton (1795), ode D'Orbigny e colaboradores e muitos mais, que seria ociosos citar.

### **Bibliografia especializada em óptica, Óptica Fisiológica, Fisiologia Humana, Oftalmologia e assuntos afins.**

- 1 — AXENFELD, TH. — *Traité d'ophtalmologie* — (tradução de Menier) Paris 1914.
- 2 — BASTIAN, L. — *E/ óptica de Anteojeria* — Athambra — Madrid 1963.
- 3 — BERKELEY, GEORGE — “*Teoria de la vision...*” trad. F. G. Vicen Espasa — Calpe — 1948.
- 4 — BIETTI, Prof. DOTT. AMILCARE — *Trattado di oftalmojatria* — Milão 1925 — 2 vols.
- 5 — BLACKWOOD, OSWAL H. e WILMER B. HERRON e WILLIAM C. KELLY — *A Física na Escola Secundária* — 2 vols. 3.<sup>a</sup> ed. — 1963 — trad. de J. L. Lopes e J. Tiomno.
- 6 — BOUTARIC, A. — *Précis de Physique d'après les theories modernes* — 3.<sup>a</sup> ed. — Paris 1933.
- 7 — BRANDLY, E. — *Curso Elementar de Physica* — F. Alves — S.P. s.d.
- 8 — BROCA, ANDRÉ — *Physique Médicale* — 3.<sup>a</sup> ed. — Paris — Baillie-re. s.d.
- 9 — BRUHAT, G. — *Optique* — 3.<sup>a</sup> ed. — Masson — Paris 1947.
- 10 — CAIRO, NILO — *Elementos de Physiologia* — 2 vols. Curitiba 1926.
- 11 — CUVILLIER — *Manuel de Philosophie* — Tomo I — *Psychologie* — Colin — Paris — 14.<sup>a</sup> ed. 1948 — 2 vols.
- 12 — DIAS, ANTÔNIO DE PÁDUA — *Curso Elementar de Physica* — S.P. 1920.

- 13 — DI BARI, DOTT. ENZO — I difetti della vista — Bologna 1934.
- 14 — DURAN, FRÉDÉRIQUE — Regardes neufs sur la Photographie — Paris 1951.
- 15 — FIGUIER, LOUIS — Connais-toi toi-même — Notious de Physiologie — Paris — Hacette 1879.
- 16 — FLORIAN, CHARLES — Optique sans Formules — Paris 1949.
- 17 — FONTENELLE, M. JULIA DE — Manual de Physica Divertida — 2.º tomo — Paris 1837 — (trad. Port.).
- 18 — FREDERICQ LÉON e J. P. NUEL — Elements de Physiologie Humaine — 6.ª ed. — Paris 1910.
- 19 — FRUGIUELE, DOTT. CARLO — Compendio di Ottalmologia — Naples 1818.
- 20 — GANOT, MANEUVRIER — Traité Élémentaire de Physique — Hacette — 27.º ed. 1823.
- 21 — GERNSHEIM, HELMUT e ALISON GERNSHEIM — The History of Photography — from the earliest use of camera obscura in the eleventh century up to 1914 — Oxford — Un. Press 1955.
- 22 — GLEY, E. — Traité Élémentaire de Physiologie — Paris 1924 — 2 vols.
- 23 — GOMES FILHO, FRANCISCO ALCANTARA — Física para o 3.º ano — curso colegial — Ed. Mac. — 9.ª ed. 1951.
- 24 — GOUVEIA, NERVAL DE — Lições de Physica — Fr. Alves — Rio de Janeiro 1903.
- 25 — HÉRAUD, DR. A. — Jeux et Récréations Scientifiques.
- 26 — HERMANN, L. — Manuale di Fisiologia — trad. de Montuori e Albani. Milano — s.d.
- 27 — JEHOVAH, F. — Manual Básico de Fotografia — 2.ª ed. S.P. s.d.
- 28 — JOLYET, F. — Traité Élémentaire de Physiologie Humaine — Paris 1894 — 2.ª ed.
- 29 — JOSEPH, H. — Optique Physiologique in “Traité d’Ophthalmologie de Bailliart e col. — Masson 1939 — (8 tomos — 2.º vol.
- 30 — LABORDE, J. V. — Traité Elementiare de Physiologie — Paris 1892.
- 31 — LAGRANGE, FELIX — Precis d’Ophtalmologie — Octave Doin — Paris 1907.
- 32 — LANGLEBERT, J. — Physique — 55.ª ed. — Paris 1901.
- 33 — LANGLOIS, J. P. e HENRY DE VARIGNY — Nouveaux Elements de Physiologie — Paris 1900.
- 34 — LAULANIÉ, F. — Elements de Physiologie — Paris 1905.
- 35 — LE GRAND, YVES — Optique Physiologique — 2 vols. — Paris 1946.
- 36 — LOURENÇO, OSCAR BERGSTRÖM — Física — 3.ª série ginásial — 6.ª ed. 1938.
- 37 — LUCIANI, PROF. LUIGI — Fisiologia dell’Uomo — 2.ª ed. — 4.º vol. Soc. Ed. Libreria — Milão 1911.
- 38 — LYLE, H. WILLOUGHBY e T. DEITH LYLE — Fisiologia aplicada del ojo — trad. espanhola de Gil del Rio — Barcelona 1961.
- 39 — MARISTAS, IRMAOS — Física — 3.ª série — Curso colegial — ed. F.T.D. — S.P. 1959.
- 40 — MARQUES, H. — La Physique Biologique Pratique — Paris 1913.
- 41 — MAY, CHARLES H. — Manual de Doenças dos Olhos — trad. do Prof. Moacyr E. Alvaro — Rio 1951.
- 42 — MILNE, EDWARDS, H. — Leçons sur la Physiologie et l’Anatomie comparée de l’Homme et des animaux — 12.º vol. — Paris — Masson 1876-7.
- 43 — MORAX, V. — Précis d’Ophtalmologie — Masson — Paris 1913.
- 44 — MURANI, ORESTE — Proprietà Cardinali dei Sistemi Diottrici — Strumenti d’Ottica — Hoepli — Milão 1921.

- 45 — MURAT, LOUIS — Les merveilles du Corps Humain — Paris 1912 — 752 (pgs.).
- 46 — NAMIAS, RODOLFO — Enciclopedia Fotografica — Milano, 1922.
- 47 — NEWTON, ISAAC — Traité d'optique — Reprod. Fac-sm. da ed. 1722 — Paris — trad. de Coste 1955.
- 48 — NOBRE, FRANCISCO RIBEIRO — Tratado de Física Elementar — 13.<sup>a</sup> ed. — Pôrto 1918.
- 49 — OVVIO, G. — Storia dell'Oculistica — 2 vols. — Ghibaud 1950.
- 50 — PANNAIN, E. e LEA PANNAIN — Compendio di Fisica Sperimentale — Parte 4.<sup>a</sup> — Ottica — Napoles 1948.
- 51 — PRADO, DUVAL — Noções de Óptica, refração ocular e adaptação de óculos — 3.<sup>a</sup> ed. — S.P. — s.d.
- 52 — ROZEMBERG, I. M. — Optica — Nobel — S.P. 1964.
- 53 — RONCHI, VASCO — Occhi e Occhiali — 2.<sup>a</sup> ed. — Bologna 1951.
- 54 — RONCHI, VASCO — L'Ottica — Scienza della visione — Bologna 1955.
- 55 — SAAVEDRA, J. C. CARVALHO — Rudimentos de Física Experimental — 7.<sup>a</sup> ed. Lisb. 1929.
- 56 — SIGALAS, C. — In "Traité de Physique Biologique" de D'Arsonval e col. — Tomo II — Paris 1903.
- 57 — SIMON, G. e A. DOGNON — Physique — Masson — Paris 1947.
- 58 — SOUTHALL, JAMES P. C. — Mirrors, Prisma and Lenses — New York — MacMillan — 3.<sup>a</sup> ed. 1950.
- 59 — SZYMANSKI, FR. JULIO — Ophtalmologia para estudantes — Curyt. 1920.
- 60 — TISSANDIER, GASTON — La physique sans appareils — Paris — Masson — 8.<sup>a</sup> ed. s.d.
- 61 — TISSANDIER, GASTON — Les Récréations Scientifiques — 4.<sup>a</sup> ed. — Paris 1884.
- 62 — TSCHERNING — Optique Physiologique — Paris (Lições professadas na Sorbonne) Georges Carré et Nand 1898.
- 63 — VIAULT, F. e F. JOLYET — Traité Élémentaire de Physiologie Humaine — Paris 1894 — 2.<sup>a</sup> ed.
- 64 — VILLARD, H. — Histoire de L'Anatomie et de la Physiologie Oculaire — In "Traité d'ophtalmologie — de Bailliart e col. Masson 1939 — 8 tomos — 1.<sup>o</sup> volume.
- 65 — WALLER, AUGUSTUS — Elements de Physiologie Humaine — Paris 1898.
- 66 — ZANETTI, PROF. DOT. G. — L'Ottica — Milano — Vallardi 1944.

Consultaram-se nos originais as obras de Kepler, Descartes e Huyghens.

De Kepler servímo-nos da edição de Francfort, de 1604 das Opera Omnia, em 5 volumes, 2.<sup>o</sup> volume, capítulo 5 dos Paralipômenos à Óptica de Vitélio "De modo visionis".

De Descartes, usamos: "Oeuvres et Lettres". Edição La Pléiade (1963) cuja Dióptrica está na pág. 180 a 229, só chegando ao 6.<sup>o</sup> discurso.

De Huyghens (cujo nome também aparece: Huygens e Huigens) usamos suas Obras Completas edição de 1728 (editadas por Gravesande).

Aparece neste opúsculo a grafia ditada pelo Pequeno Vocabulário Ortográfico de 1943 atualmente oficial. Excusem-se as correções de erros dactilográficos e as impropriedades inevitáveis de linguagem, em que incorremos para evitar o pedantismo de linguagem, ao qual somos avessos (exemplo ôlho emetrope, meio externo e meio interno, etc.).