

SEPARATA

1963

RC
MNCT
54
BEN

II

Anomalias opticas de crystaes tesseraes

POR

ALFREDO BEN-SAUDE

PRIMEIRA PARTE

ANALCIME

I. INTRODUÇÃO

Depois de pouco a pouco se estabelecer a theoria dos phenomenos que determinam as substancias crystallizadas sobre a luz, admitiu-se que todo o corpo crystallizado no systema tesseral não altera um feixe de luz polarizada que o atravesse.

Brewster, um dos fundadores da optica crystallographica, observa, porém, não ser esta regra absolutamente exacta, pois que ha um numero consideravel de substancias, pertencendo geometricamente ao systema tesseral, que apresentam phenomenos de polarização chromatica; phenomenos todavia differentes dos caracteristicos dos outros systemas crystallinos¹ já anteriormente por elle reconhecidos².

A analcime pertence a esta notavel classe de crystaes que, apresentando exteriormente fórmias tesseraes perfeitamente determinadas, exercem uma acção bastante perceptivel sobre a luz polarizada.

Estando este grupo de crystaes, relativamente ás propriedades opti-

¹ Um resumo dos importantes trabalhos de Brewster encontra-se no seu livro: *A Treatise on Optics*, 1853.

² On the connexion between the Primitive Forms of crystals and the number of their Axes of Double Refraction. Mem. of the Wernerian Society, 1824, III, 50, 337.



RC
TANC
54
BEN

cas, em contradicção com a theoria geralmente adoptada, designaram-se estas por *anomalias opticas*.

As propriedades anomaes da analcime foram descobertas por Brewster em 1818¹, que deu d'ellas uma descripção mais extensa em 1822².

Segundo Brewster são compostos os crystaes icositetraedricos de vinte e quatro elementos opticamente distinctos, divididos entre si por planos paralelos ás faces do dodecaedro rhomboidal; existindo entre os elementos opticos zonas, que não alteram a luz polarizada, e a que elle dá o nome de *planes of no double refraction*.

Existe segundo este auctor uma interessante relação entre a intensidade da refracção para um logar dado no crystal e a distancia d'este logar aos planos inactivos, relação que Brewster exprime do seguinte modo (para uma lamina cortada parallelamente á face do cubo e limitada pelas arestas lateraes do icositetraedro): Seja T a côr de um ponto qualquer P , $Pr=D$ a sua distancia á zona inactiva tomada parallelamente a um dos eixos rhombicos contidos na lamina.

Achar-se-hia, segundo Brewster, a côr t de um ponto p cuja distancia fosse $pq=d$, admittindo que a lamina do crystal tem egual espessura em ambos os logares, pela formula:

$$t = \frac{T d^2}{D^2}.$$

Uma lamina tirada do centro do crystal parallelamente á face do cubo, e limitada pelas 8 arestas lateraes do icositetraedro, mostra-se formada de 4 sectores opticos, apresentando-se os sectores oppostos como se a refracção fosse produzida por tensão e a sua direcção coincidissem com cada um dos eixos rhombicos, que atravessam dois sectores oppostos.

Brewster considerou, como um dos factos mais importantes por elle descobertos, a existencia da variabilidade da refracção não só na lamina do crystal considerada como um todo, mas tambem em cada um dos sectores opticos de que ella se compõe.

O mesmo sabio notou que não se pode deixar de reconhecer a se-

¹ *Philosoph. Transact*, 1818, p. 225.

² On a new species of double refraction accompanying a remarkable structure in the mineral called Analcime, Read 7th jan. 1822. *Transact. of the Roy. Soc. of Edinburgh*, vol. x, 1824.

melhança d'estes phenomenos com os que apresentam laminas de vidro temperado, existindo tambem n'estas logares sem refração, e outros para os quaes a intensidade da birefrangencia é mais ou menos consideravel conforme a posição d'estes logares na lamina de vidro. Taes phenomenos são comtudo differentes, porque a lamina do crystal apresenta as mesmas figuras, côres etc., ainda que se lhe altere a sua fôrma exterior; em quanto que laminas de vidro temperado mudam momentaneamente os phenomenos que apresentam com qualquer modificação que soffram na sua fôrma exterior.

Uma maior analogia reconheceu elle entre os phenomenos da analcime e os que apresentam colloides endurecidos. Os phenomenos opticos d'estas ultimas substancias não variam, ainda que se lhes mude a fôrma que as limita.

Pareceu-lhe provavel existir certa correlação entre as propriedades opticas e a propriedade que este mineral tem de mui difficilmente se tornar electrico pela fricção. Esta propriedade determinou Haüy a dar-lhe o nome de *analcime*.

Uma explicação dos phenomenos anomalos foi dada por Biot em 1844¹.

Na sua extensa e conhecida memoria, sobre as propriedades anômalas que apresentam certos crystaes, Biot tambem admittiu que, em geral, existe a propriedade de birefrangencia propria aos crystaes, sendo, porém, exemptos d'ella, todas as substancias crystallisadas no systema tesseral. A acção d'estas ultimas deve ser considerada como devida a uma constituição lamellar, produzindo esta effeitos analogos aos que mostra uma pilha de laminas isotropes quando um raio de luz polarisada a atravessa obliquamente. Assim deve distinguir-se, segundo Biot, a birefrangencia consequente da estructura molecular, e a que é produzida pela constituição lamellar.

Estudando a analcime reconheceu Biot a acção d'esta substancia sobre a luz polarisada; mas, por falta de material proprio, não verificou as observações de Brewster acima mencionadas; creu portanto poder concluir que *l'action de ces cristaux sur la lumière polarisée n'est point moleculaire, mais provient du groupement de certaines portions de leur masse ayant des dimensions sensibles*, opinião que Brewster rejeitou por não estar de accordo com os factos por elle observados (*Optics*, 1853, pag. 279).

¹ *Mémoire sur la polarisation lamellaire*—lu à l'Académie des Sciences le 31 mai 1844, etc.

Em 1855 publicou Marbach¹ os seus estudos sobre algumas substancias que mostram a chamada *polarisação lamellar*. Este observador admittiu tambem a hypothese da constituição lamellar dos mesmos corpos; modificou-a porém, um pouco, admittindo mais que no acto da crystallisação se produzem tensões nas diversas camadas, apresentando aquellas que teem uma tensão mais energica, uma acção mais intensa sobre a luz polarisada. Com esta modificação da hypothese de Biot creu Marbach dar a razão por que as substancias anômalas mudam a intensidade da refração de um lugar para outro.

A explicação de Marbach foi em parte confirmada por Reusch² em 1867, o qual demonstrou experimentalmente que a tensão admittida por Marbach existe com effeito; fazendo ver que applicando-se em certas direcções uma pressão mechanica ao alumen birefrangente pode-se destruir, em quanto dura a pressão, a acção d'elle sobre a luz polarisada. Attendendo, porém, a que muitos corpos, que apresentam taes phenomenos, não mostram nenhum indicio de estructura lamellar, e que muitos d'elles, exactamente nas partes mais homogeneas é que mostram a acção mais energica sobre a luz, deduziu Reusch ser desnecessario admittir a hypothese de Biot, e que basta, para explicar as anomalias, admittir que os crystaes anômalos adquirem durante a sua formação um estado de tensão, que lhes dá a propriedade de serem birefrangentes como o são crystaes isotropes quando comprimidos.

Estudos recentes teem demonstrado a existencia d'esta tensão n'outras substancias anômalas, e foram principalmente os importantes trabalhos de F. Klocke³ e C. Klein⁴, que mais claramente a comprovaram nos crystaes de alumen, de boracite e de granada; provando egualmente a insufficiencia da hypothese de Biot para estes corpos.

Por nossa parte⁵ podêmos juntar algumas observações ás d'estes

¹ Poggendorf's *Annalen*, 1855, vol. 94, pag. 412, etc.

² » » 1867, vol. 132, pag. 443, etc.

³ *Neues Jahrbuch für Mineralogie, etc.* 1880, vol. I, pag. 53.

» » » » 1881, vol. II, pag. 249.

⁴ *Neues Jahrbuch für Mineralogie, etc.* 1880, vol. II, pag. 290.

» » » » 1881, vol. I, pag. 239.

» » » » 1883, vol. I, pag. 87.

⁵ Ben-Saude. *Nachrichten der k. Gesellschaft der Wissenschaften, Göttingen: Sitzung vom 5^{ten} März 1881.*

N. Jahrbuch für Mineralogie, etc., vol. I, 1882.

Ueber den Perowskite (gekrönte Preisschrift). Göttingen, 1882.

N. Jahrbuch für Mineralogie, etc., vol. I, 1883, p. 163.

mineralogistas sobre as anomalias da analcime (das quães mais amplamente aqui trataremos), da perowskite e do sal commum.

Em 1868 apresentou Des-Cloiseaux¹ observações sobre a analcime, chamando tambem a attenção sobre a sua analogia com as que se verificam no vidro temperado (como tinha feito Brewster), mas sem tirar conclusão alguma d'ellas.

Em 1875, escrevendo Hirschwald² sobre as propriedades opticas e geometricas da leucite tambem tratou da analcime (de Salesl na Bohemia), cuja acção sobre a luz verificou. Devido aos trabalhos de G. vom Rath³ é considerada a leucite, por uma grande parte dos mineralogistas, como pertencendo ao systema tetragonal.

Hirschwald, combatendo esta opinião, apresentou observações bastante notaveis, confirmadas em parte pelos estudos mais recentes.

Em 1876 observou Schrauf⁴ pequenas differenças entre os angulos observados em crystaes de analcime (de Friedeck na Bohemia) e os theoreticamente deduzidos; estas pequenas irregularidades são comtudo proprias a todas as substancias que teem as faces constituídas como a analcime, e não auctorisam a consideral-a pertencente ao systema rhombico para o que Schrauf se mostrara inclinado. Esta consequencia parece fundamentada; pois que se encontram crystaes cujas grandezas angulares não differem das theoreticamente deduzidas.

Do que fica dito vê-se que a maior parte dos auctores, que trataram a questão interessante das anomalias opticas, as consideraram produzidas ou pela constituição lamelar ou por uma dilatação ou contracção, que soffrem os crystaes durante o seu crescimento.

Foi só em 1876 que Mallard⁵ apresentou uma theoria completamente diversa do que até áquella época se admittia para a explicação dos phenemenos anomalos. Mallard considera os crystaes geometricamente tesseræes, que apresentam phenomenos de polarisação, compostos de individuos de symetria inferior (de algum dos outros systemas), os quaes, juntando-se por leis de hemitropia mais ou menos complicadas, constituem um individuo complexo de symetria superior á do systema de crystallisação dos individuos componentes.

A hypothese de Mallard é de certo modo a inversão das hypothe-

¹ *Mémoires de l'Académie des Sciences*, tome XVIII, 1868, p. 515.

² *Mineralog. petrograph. Mittheilungen*, von G. Tschermak, 1875, p. 227.

³ *Monatsberichte der Berliner Akademie*, August, 1872.

⁴ *Anzeiger der K. K. Akademie der Wissench.* Wien, 1876, VII.

⁵ *Annales des Mines*, T. X, 1876. Explications des phénomènes optiques anomaux, etc.

ses anteriores, que tinham por fim explicar as anomalias opticas; pois, considerando-se antes d'elle a fórma *crystallina* como um dos mais importantes criterios para a determinação do *systema crystallographico*, e procurando-se explicar os phenomenos opticos anomalos de uma maneira ou d'outra, e, por assim dizer, fazendo excepção á regra, considera Mallard estes phenomenos como mais importantes e determinativos para as substancias anomalas, e a fórma *crystallographica* como mais ou menos casual.

Este trabalho, em que Mallard apresentou uma quantidade consideravel de observações originaes, que nos mostraram quão vulgar é o que d'antes se considerava como excepção, chamou toda a attenção dos mineralogistas, e deu impulso a estudos como o presente; pois que, sendo a sua *hypothese* verdadeira, veriamos atacadas as leis fundamentaes da *crystallographia*, sacrificando-se os fundamentos d'esta sciencia para poder explicar um pequeno grupo de phenomenos irreconciliavel com aquelles, e cuja natureza era ainda imperfeitamente conhecida. Era por isso necessario, antes de admittir a *hypothese* de Mallard, sujeital-a a uma critica severa.

Um exempló concreto dará uma idéa mais justa do modo como Mallard explica estes phenomenos. Considera elle a *analcime* composta de tres individuos tetragonaes quasi cubicos, cujos eixos principaes (que seriam eguaes á unidade) estão dispostos segundo as tres dimensões do espaço. Estes individuos limitam-se mutuamente por planos diagonaes do cubo, contendo em si os eixos rhombicos e rhomboedricos do *systema tesserale*.

No correr d'estas linhas tentarei contribuir para a demonstração de que a *hypothese* de Mallard não satisfaz de modo algum á explicação dos phenomenos anomalos.

Sem duvidar do valor determinativo das propriedades opticas dos *crystaes* dos outros *systemas*, não devemos admittir a identidade d'estas com as que apresentam as substancias cubicas, por serem taes propriedades, como já reconhecia Brewster, diversas das que apresentam aquellas substancias cujo *systema* de *crystallisação* não é o *tesserale*.

Mallard baseou a sua explicação relativamente á *analcime*, no facto das laminas parallelas á face do octaedro mostrarem uma divisão em tres sectores opticamente distinctos. Os limites d'estes sectores deveriam juntar o centro da lamina triangular com os angulos, e não, como desenhou Mallard, com o meio das arestas que a limitam¹.

¹ Fig. 29, est. 2, l. c.

A. von Lasaulx¹, estudando as propriedades da picranalcime², chegou á conclusão de que este mineral era formado pela juxtaposição de individuos triclínicos ou monoclínicos; mais tarde³ concluiu das suas observações em crystaes do Etna e das ilhas Cyclopes, que as propriedades opticas da analcime são devidas a uma tensão nos crystaes, e que os crystaes cubiformes d'estas localidades são formados de doze pyramides opticamente distinctas, tendo por base as faces do dodecaedro.

Com quanto, de accordo com v. Lasaulx, consideremos a analcime como pertencente ao systema cubico, as nossas observações differem consideravelmente das suas; e, quando adiante as descrevermos, procuraremos occasião de apontar estas divergencias, especialmente no que diz respeito á divisão dos crystaes em diversas partes opticas.

A. de Schulten⁴, descrevendo crystaes icositetraedricos de analcime obtidos artificialmente, dá a noticia de serem estes formados de 4 individuos de character uniaxial (rhomboedrico); havendo coincidência das faces oP (100) com as faces apparentes do O (111) (que não se acha desenvolvido nos crystaes).

A sua explicação é analogá a algumas propostas por Mallard, e completamente de accordo com a sua hypothese; e as difficuldades geometricas, que se apresentam admittindo-a, já foram brevemente apontadas por C. Klein quando apreciou esse trabalho⁵.

Em dezembro de 1882 teve o sr. Fouqué, do Instituto, a bondade de me mostrar em Paris as preparações originaes de Schulten, verificando eu serem os phenomenos, que estas apresentam, identicos aos que se observam em alguns dos crystaes naturaes adiante descriptos⁶, ainda que muito menos intensos; sendo por consequencia a asserção d'este sabio necessariamente baseada n'uma observação imperfeita. Nos crystaes naturaes nada se encontra que, nem levemente, a possa confirmar.

¹ *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 1878, p. 511.

² Segundo Bamberger, identico á analcime, contendo vestigios de magnesia. (*Zeitschrift f. Krystall.*, vi, 32, 1881)

³ *Der Aetna de Sartorius von Waltershausen*, publicado por A. v. Lasaulx, 1880, vol. 2, pag. 509, etc., assim como *Zeitschrift für Krystallographie* de P. Groth, vol. v, 1881, pag. 330, etc.

⁴ *Sur la reproduction artificielle de l'analcime*. Comptes rendus de l'Académie, 1881, sem. 7, x, n.º 25, pag. 1493.

⁵ *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, etc., 1881, vol. i, pag. 26 e 27 (Référé).

⁶ O sr. C. Klein que os estudou mais minuciosamente, teve a bondade de me

Arzruni e Koch¹ chegaram a uma conclusão identica á nossa no que diz respeito ao systema da analcime, conservando este mineral, não obstante a sua birefrangencia, no systema cubico.

Para a explicação da birefrangencia das substancias cubicas anômalas, admittem que nas direcções das tres qualidades de eixos do systema tesseral, existem certas diversidades de densidade, e que são ellas que produzem os efeitos opticos.

A constituição dos crystaes theoreticamente deduzida d'esta hypothese não é, porém, sempre conciliavel com a observação. Mais adiante indicaremos em que differem as nossas observações das que apresentaram estes auctores. Concordamos com elles em attribuir a refração d'estes crystaes a irregularidades de densidade; mas demonstraremos que não estão em relação com estas os eixos crystallographicos.

Bertrand, na noticia que dá no *Boletim da Sociedade Mineralogica de França*², das suas observações sobre crystaes de analcime do Monte Catini na Toscana e de Lang-Sev no Arendal diz serem um pouco deformadas as imagens caracteristicas dos crystaes uniaxiaes com refração negativa, quando observados, segundo a aresta do cubo, em luz polarisada convergente.

O mesmo auctor confirma a theoria de Mallard. Se, porém, nos baseassemos sómente nas suas observações, não nos seria possivel deduzir a verdadeira natureza dos phenomenos.

De Schulten³ obteve crystaes icositetraedricos sem vestigios de birefrangencia, repetindo as suas experiencias para a reproducção artificial da analcime, em circumstancias diversas das que nas primeiras concorreram, observação que confirmou as nossas conclusões anteriormente formuladas.

Tschermak no seu compendio de Mineralogia (pag. 93, fasciculo 1, 1881) inclue a analcime no seu grupo de *crystaes mimeticos* (os que, segundo Mallard e outros auctores, são compostos de individuos elementares de symetria inferior); emquanto que, tratando das suas propriedades opticas (pag. 196, fasciculo II) a classifica entre as substancias que apresentam birefrangencia anomala, não obstante lhe parecer provavel pertencer ella aos individuos mimeticos.

communicar a confirmação d'esta observação pelo que respeita aos crystaes artificiaes de Schulten.

¹ *Zeitschrift für Krystallographie etc.*, vol. II, 1881.

² 1881, tom. IV pag. 62.

³ *Bul. de la Société Mineralog. de France*, t. V, p. 7-9, assim como *Neues Jahrbuch für Mineralogie, etc.* 197 e 198 (Referate).

Para concluir a revista dos mais importantes trabalhos sobre esta materia, que completaram os nossos conhecimentos a seu respeito, resta-nos citar o notavel trabalho sobre a granada, de C. Klein¹.

Demonstra este mineralogista não estarem em dependencia, como admittiu Mallard, a constituição chimica e as propriedades opticas d'este mineral, e fornece-nos promenores interessantissimos, até agora desconhecidos, com relação ás anomalias opticas d'elle; e, para a explicação dos phenomenos anormalos em geral, admitte (baseando-se em parte sobre experiencias nossas com gelatina²) de accordo com Reusch³ que, durante a passagem da materia do estado de dissolução para o crystallino, se deve suppor ter havido um intervallo em que a substancia teve a faculdade de se contrair como as gelatinosas, produzindo esta contracção a tensão, que daria causa á birefrangencia.

A maior parte das observações aqui apresentadas sobre os phenomenos opticos da analcime já as publicámos no *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, etc., 1882, vol. 1, p. 41 etc.

Cingimos-nos, então, á descripção das observações e a apontar quaes as consequencias mais directas com relação ao systema da analcime. O benevolo acolhimento que encontrámos⁴, faz-nos crêr que não será inutil reimprimil-as aqui, accrescentando algumas observações e rectificando outras, visto que n'estes ultimos tempos a questão das anomalias tem despertado vivamente o interesse dos mineralogistas e crystallographos.

A esta parte já publicada juntamos uma segunda, em que apresentamos alguns elementos para a theoria d'essas anomalias, procurando ao mesmo tempo demonstrar, que pelo menos para alguns crystaes artifi-

¹ *Nachrichten der k. Gesellschaft der Wissensch. Göttingen*, n.º 16, 1882 e *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 1883, vol. 1, p. 87.

² *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 1882, vol. 1, p. 68, etc.

³ *Poggendorfs Annalen*, 1867, vol. 132, pag. 621 e 922.

⁴ *Zeitschrift für Krystallographie, etc.*, vol. VII, 1883, p. 104, etc.

E. Dana. 3^d *Appendix to the 5th edition of Dana's Mineralogy*, 1882, pag. ix, Bibliography e pag. 6.

v. Kokscharow fez-nos a honra de transcrever litteralmente uma grande

ciaes, que a birefrangencia anomala é o producto de influencias estranhas á força crystallisante. O desejo de tornarmos perfeitamente comprehensivel a segunda, e nova, parte do nosso trabalho, foi o que principalmente nos levou a publicar em portuguez os resultados da anterior investigação sobre a analcime.

Diligenciámos sempre basear-nos em observações ou experiencias, proprias ou d'outros auctores, e evitar o mais possivel dados hypotheticos. É talvez temeridade nossa procurar contribuir para a explicação d'estes complicados phenomenos que, segundo nos parece, não foram ainda satisfactoriamente explicados pelas auctoridades da sciencia; mas tendo de interromper esta ordem de estudos, por tempo indefinido, pareceu-nos conveniente deixar registrados os resultados a que a nossa investigação nos levava, pensando que, entre os factos que observámos, alguns ha que lançam nova luz sobre a questão.

As localidades dos crystaes estudados são as seguintes¹: Duingen (Hannover), Andreasberg (Harz), Val de Fassa, Aussig (Bohemia), Montecchio Maggiore (Vicenza), Etna, ilhas Cyclopes, Palágonia, Antrim (Irlanda), Foya (Algarve).

Usámos quasi sempre do microscopio apropriado a estudos mineralogicos, disposto de maneira que, para a observação de laminas pouco activas, se podesse collocar entre a occular e o analysador uma lamina de gesso de espessura conveniente para dar ao campo do microscopio a côr do roxo de 1.^a ordem de Newton; applicando, excepto nos casos que vão mencionados, objectivas de pouco augmento.

Ao illustre professor o sr. C. Klein, sob a especial direcção de quem tivemos a fortuna de estudar a mineralogia durante alguns annos, devemos a iniciação n'esta importante questão das anomalias: se no presente trabalho houver coisa de alguma valia, isso deve attribuir-se á proficuidade do ensino de tão distincto mestre.

parte do nosso trabalho na sua importantissima obra *Materialien zur Mineralogie Russlands*, vol. III, pag. 325, etc.

Bulletin de la Société Minéralogique de France, vol. v, pag. 27, 1882, etc.

¹ Devemos a maior parte do material de estudo ao sr. C. Klein, que teve a bondade de nol-o fornecer das amplas collecções da Universidade de Göttingen, e os crystaes de Andreasberg ao sr. v. Groddeck Clausthal.

II. ESTUDO DAS PROPRIEDADES CRYSTALLOGRAPHICAS E OPTICAS DA ANALCIME

1. Irregularidades da superficie dos crystaes e medição dos angulos diedros

Conforme o testemunho dos auctores que estudaram este mineral, são as suas faces pouco apropriadas á medição exacta dos angulos que formam entre si.

As faces do cubo, nos crystaes em que esta fórma domina, posto que mostrem um brilho intenso, desviam-se ás vezes um pouco do plano perfeito, e apresentam irregularidades e elevações conicas mais ou menos perceptíveis. Em alguns casos levantam-se sobre estas faces pyramides muitissimo baixas, cujas faces teem a posição das de um icositetraedro e resultam do agrupamento diversamente regular das elevações conicas acima mencionadas. Geralmente, porém, os elementos conicos não estão dispostos de tal maneira que simulem as faces de um icositetraedro com grandes indices.

As faces do $2O_2$ (211) são menos imperfeitas do que as do cubo, mostrando aquellas, ás vezes, elevações e depressões circulares, que se assemelham a systemas de ondas como as que se produzem na superficie de um liquido.

Nos crystaes em que predomina o icositetraedro, encontram-se regularmente distribuidas pela superficie, systemas de estrias como as representadas na figura 30. Os crystaes de Duingen, de Val de Fassa e de Andreasberg apresentam esta estriação ás vezes bastante determinada, a qual se pode observar melhor quando se colloca o crystal no goniometro, e se faz reflectir luz artificial na face que se deseja estudar.

Deve notar-se que esta estriação não é apropriada a dar-nos esclarecimentos sobre o systema crystallino da analcime, por isso que *não apresenta relação alguma com a estrutura interna d'estes crystaes.*

Voltaremos a este ponto quando descrevermos os phenomenos observados em placas parallelas á face do $2O_2$ (211). Se n'estas placas ha um limite entre duas partes opticas distinctas, a estriação atravessa este limite sem o menor desvio. Na figura 30 está representado o limite das partes opticas por uma linha pontuada.

As imperfeições das faces, que, pelo seu brilho, á primeira vista, parecem apropriadas á medição goniometrica é que devem ser attribuidas as pequenas diferenças entre os angulos observados e os calculados.

Arzruni e Koch obtiveram angulos, cujas diferenças são inferiores ás que obtive. Foi só n'um pequeno crystal de Andreasberg que observei sobre a aresta octaedrica do 202 (211) exactamente o angulo exigido pela theoria: $131^{\circ}49'$.

Em um exemplar da Palagonia, em que domina o 202 (211), observei um mOn (hkl) bisellando as arestas mais curtas do icositetraedro. Estas facetas são todavia arredondadas e muito estreitas, de modo que não foi possivel determinar o seu symbolo crystallographico.

2. Estudo optico

Laminas de crystaes das ilhas Cyclopes e do Etna
que teem o cubo por fôrma dominante

a, Laminas parallelas á face do $\infty 0 \infty$ (100).

Uma lamina tirada da superficie do crystal parallelamente á ace do cubo, observada ao microscopio com os prismas de Nicol cruzados, produz uma acção nulla ou quasi inapreciavel.

Uma lamina tirada do centro do crystal apparece dividida em quatro sectores separados por zonas parallelas ás suas diagonaes, como nas figuras 1 e 2. Na posição em que as arestas da lamina fazem angulos de 45° com os planos de polarisação dos nicols, observa-se a maxima intensidade das côres.

As zonas limitrophes dos sectores são quasi ou totalmente inactivas, apparecendo assim os quatro sectores activos separados por uma cruz negra, formada pelas mencionadas zonas. A posição em que os braços da cruz coincidem com os planos de polarisação do instrumento, é aquella em que os phenomenos chromaticos são mais intensos. A esta posição chamaremos *posição diagonal*.

Observa-se mais uma parte inactiva no meio d'algumas laminas parallelas á face do cubo, formando, ainda que pouco determinadamente, um quadrado, cujos lados fazem angulos de 45° com os limites da lamina (fig. 3); algumas se encontram, porém, cujos limites são pa-

rallelos aos limites exteriores da lamina, como primeiramente observaram Mallard e v. Lasaulx (fig. 4).

Às vezes encontram-se na mesma lamina os dois limites combinados, tendo assim a parte inactiva no meio da lamina a fórma de um octogono mais ou menos regular. Os braços da cruz escura, que divide os sectores activos, são ou sensivelmente rectilíneos ou irregularmente curvos.

À maneira que as laminas se vão aproximando das faces do cubo, cresce gradualmente a parte central inactiva até os sectores e a cruz desaparecerem quando a lamina coincide com a face do cubo.

Arzruni e Koch¹ não puderam confirmar esta observação já feita por Mallard e von Lasaulx; contudo, em todos os crystaes bem formados, que n'este sentido estudámos, podémos verificá-la. Os dois primeiros auctores dizem haver partes isotropes no meio dos crystaes; todavia as partes centraes não são verdadeiramente isotropes, por isso que, inclinando a lamina para ser atravessada obliquamente pela luz polarizada, esta é decomposta; o que não aconteceria se fossem totalmente exemptas de birefrangencia.

A intensidade da refacção é a maior parte das vezes diferente para os diversos pontos dos sectores, sendo geralmente de uma refacção mais energica os mais visinhos das faces exteriores do crystal: nos pontos mais afastados d'essas faces diminue a intensidade de modo que em preparações muito delgadas só se observa a refacção na zona exterior.

As extincções dos 4 sectores (quando a lamina é simplesmente limitada pelas faces do cubo) são parallelas aos seus limites periphericos: não faltam, contudo, excepções a esta regra, especialmente na zona de mais intensa acção², onde se observam os maiores desvios do parallelismo com aquelles limites.

Em preparações que são limitadas tanto por elementos do $\infty 0 \infty$ (100) como pelos de 202 (211) apparecem, além dos sectores descriptos, que confinam com as faces do cubo, outros correspondentes ás do 202 (211).

A grandeza dos sectores é dependente da extensão dos limites crystallographicos. Se as faces do cubo estão bastante desenvolvidas, são tambem grandes os sectores exteriormente limitados por ellas; se os elementos do 202 (211) augmentam em extensão crescem com elles os sectores opticos que limitam estes elementos.

¹ Loc. cit. pag. 486.

² As partes mais activas das laminas estão mais sombreadas nas figuras.

Uma lamina preparada de um crystal da combinação $\infty 0 \infty$ (100) e 202 (211) paralela á face do cubo, e atravessando oito faces do 202 (211) apresenta a configuração optica desenhada na fig. 5, na qual as partes marcadas com *l* correspondem ao icositetraedro e as marcadas com *w* ao cubo.

Todas estas propriedades ficam mais distinctas, mórmente pelo que respeita á divisão em sectores opticos, quando se introduz uma lamina de gesso a córar o campo do microscopio de roxo de 1.^a ordem. Aparecem então os sectores com côres vivas, tomando os diametralmente oppostos côres eguaes.

Os sectores da lamina sobre os quaes passa o eixo de menor elasticidade do gesso, apresentam-se córados de amarello e de azul na direcção perpendicular á do mesmo eixo¹. As laminas são por isso como o alumen² de uma birefrangencia negativa.

A parte central quasi inactiva apresenta-se mais ou menos egualmente córada de roxo de 1.^a ordem, observando-se comtudo algumas manchas e estreitas faxas irregulares amarellas e azues, mas de intensidade diminuta. O verdadeiro limite dos sectores é uma zona estreita, que se estende longitudinalmente sobre os braços da cruz: sem a lamina de gesso interposta, este limite não apparece bastante claro. Os braços da cruz, assim divididos segundo a sua extensão, tomam as côres correspondentes dos sectores a que pertencem.

Podem-se distinguir geralmente em cada sector tres zonas de intensidade differente no colorido (na refração): uma, que é geralmente a mais activa, junto do limite exterior do sector; outra, contigua ao seu limite interno que apresenta as côres mais desvanecidas, e a terceira, de uma intensidade média, situada entre estas duas.

As linhas limites dirigem-se diagonalmente, ainda quando o crystal por um disequilibrio no seu desenvolvimento faça com que a lamina tenha a fôrma de um rectangulo em vez de um quadrado, dando assim causa a que os limites dos sectores (limites das *macles* de Mallard) se cruzem sob diversos angulos. *D'aqui se deduz a impossibilidade de considerar estas linhas como a projecção de planos crystallographicos determinados, communs aos (suppostos) individuos componentes.*

Nas laminas, limitadas por um lado pela superficie natural do crystal, observam-se dois systemas de pequenas fendas, que se cruzam per-

¹ As partes amarellas estão representadas nas figuras por campos pontuados; as azues por campos estriados; as de roxo de 1.^a ordem ficaram em branco.

² F. Klocke, *N. Jahrbuch für Mineralogie, etc.*, 1880, vol. I, p. 53.

pendicularmente, sendo estas parallelas aos limites das faces. Veja-se fig. 6 em que a lamina é limitada pela aresta de combinação do 202 (211) e $\infty 0 \infty$ (100).

Estas fendas são superficiaes e desaparecem descendo com o tubo do microscopio: não podem por isso ser consideradas como correspondentes a uma verdadeira clivagem.

As fendas mais distinctas rodeam mais ou menos regularmente o centro inactivo e ligam o polygono central com os angulos periphericos. Estas ultimas fendas, como as superficiaes acima descriptas, mostram haver uma dependencia manifesta entre a sua posição e a fôrma da lamina (fig. 3).

Não apresentando uma lamina taes fendas facil é produzi-las aquecendo-a, para depois a resfriar repentinamente (E. Cohen, *Neues Jahrbuch für Mineralogie etc.*, 1879, p. 866). Os diversos systemas, tanto das fendas superficiaes como das internas, encontram-se mais vulgarmente nos maiores crystaes, coincidindo as ultimas descriptas com os limites dos sectores (fig. 3).

Em luz polarisada convergente encontram-se, na parte central, logares que apresentam uma cruz negra, a qual para alguns d'estes e durante a revolução do porta-objecto, se transforma em dois ramos d'hyperbole mais ou menos distinctos. Passando da parte central aos sectores de birefrangencia mais determinada, e empregando luz muito convergente (objectivas 7 e 9 Hartnack), observam-se dois ramos d'hyperbole nos logares mais homogeneos e activos, os quaes, na posição da extincção completa, se transformam n'uma cruz. Em todos os logares do mesmo sector apparecem os dois ramos d'hyperbole approximadamente na mesma posição, e movem-se aparentemente no sentido inverso ao movimento rotatorio do porta-objecto.

Não se devem confundir com os phenomenos que se observam em luz convergente, os de aspecto muito semelhante mas de natureza diversa, que nos mostram as laminas em luz polarisada parallelas: — faxas escuras com movimento em egual sentido ao do porta-objecto, mas com dupla velocidade angular. Klocke¹ observou estas faxas no alumen, e von Lasaulx foi o primeiro que indicou a sua existencia na analcime.

O centro de rotação d'estas faxas negras é sempre fixo n'um logar da lamina, e desloca-se quando movemos esta; o que se não dá com os ramos de hyperbole anteriormente descriptos, comparaveis ás

¹ Loc. cit., pag. 488, fig. 1.

figuras mais ou menos deformadas, que se observam em luz polarizada convergente, com laminas cortadas parallelamente ao pinacoides basico de cristaes uniaxiaes.

As faxas negras com ponto de rotaçãõ fixo sãõ identicas ás que se observam em laminas de vidro temperado, ou de substancias colloidales transparentes contrahidas.

Nãõ foi possivel encontrar preparações parallelas á face do cubo, que mostrassem a estructura que descrevem Arzruni e Koch¹ (divididas em 8 sectores). A existencia de uma tal estructura é duvidosa, pelo menos nos cristaes das localidades acima indicadas.

b, *Laminas parallelas á face do 0 (111).*

Estas laminas na sua fórma mais simples sãõ triangulares, e mostram-se em luz polarizada compostas de tres sectores, correndo as linhas limites do centro da lamina para os seus angulos (fig. 7).

Sendo a preparaçãõ tirada mais do interior do crystal, de modo que atravessasse as seis faces do cubo, observam-se tambem seis sectores. Os lados maiores do hexagono limitam os maiores sectores; os mais curtos limitam os sectores menos desenvolvidos (fig. 9).

Sendo limitada a preparaçãõ por tres faces do cubo e seis do icositetraedro, apparece ella constituida como na fig. 10, apresentando tambem junto a cada elemento do icositetraedro um sector optico.

As placas da posiçãõ descripta, nãõ sendo tiradas do centro do crystal, mostram um triangulo interno concentrico ao seu limite exterior (fig. 10).

Os limites d'esta figura interior sãõ muitas vezes pouco distinctos, e tem por isso escapado a anteriores observadores. Nas melhores preparações observa-se que o triangulo interno é dividido em tres sectores opticos. Se a fórma da lamina nãõ é perfeitamente triangular, mas corresponde á fig. 10, tambem o polygono interior tende a apresentar limites semelhantes.

Este polygono interno augmenta á medida que aproximamos o corte das arestas de combinaçãõ do $\infty 0 \infty$ (100) e 202 (211), e domina exclusivamente quando a lamina é limitada pelas tres faces do icositetraedro, que despontam o angulo solido do cubo. A figura interna mos-

¹ Loc. cit., pag. 62.

tra-se, ainda que pouco distinctamente, dividida em tantos sectores quantos os lados que a limitam¹.

Á medida que o corte se aproxima do centro do crystal diminue a figura central, e desaparece totalmente quando a lamina é tirada do centro.

As laminas talhadas parallelamente á face do O (111), que attingem o centro do crystal e são da fórma d'um hexagono regular, mostram-se formadas de seis sectores opticos com extincções parallelas aos limites; (a fig. 11 representa uma das melhores preparações).

Em todas as preparações representadas nas figuras 7 a 11 são as extincções parallelas aos elementos do cubo, não faltando porém casos em que estas se desviam consideravelmente da posição indicada. O character da birefrangencia n'estas laminas é tambem identico ao dos crystaes de alumen.

Raras vezes, mas sempre em preparações proximas da superficie dos crystaes, se encontra uma outra divisão menos distincta, combinada com a anteriormente descripta. Esta divisão corre do centro da lamina para o meio dos lados da mesma. A presença d'estes limites parece alterar a direcção das extincções; pelo menos as preparações em que se observa esta divisão apresentam a maxima divergencia (fig. 12).

São estes limites secundarios que Mallard descreve e representa na sua fig. 29, est. 2.

Em preparados espessos tirados da superficie de crystaes, e nos fragmentos que trazem as faces do icositetraedro, apparece ás vezes, se é que estes mostram uma constituição regular, a divisão de Mallard. Adelgacando mais estes fragmentos parallelamente á face do octaedro, desaparece esta ultima divisão total ou quasi totalmente; e predomina a que acima descrevemos, estendendo-se do centro de gravidade da placa para os seus angulos. A raridade com que apparece esta divisão, que nunca observei predominante, leva a crer que a observação de Mallard representada na sua figura, não deve ser considerada characteristic para estas preparações.

Em luz convergente observa-se, nos sectores das laminas octaedricas (fig. 8), uma barra escura com movimento contrario á rotação do porta-objecto: pode-se por isso, com a reserva necessaria n'este caso em que faltam os outros characteres, fallar da apparição de um

¹ Devido á pequena differença na birefrangencia da figura interior, e a das partes opticas que a rodeiam, é ás vezes difficil observar estes limites.

eixo optico em posição obliqua sobre cada sector¹, como os de crystaes biaxiaes; mas não se deve esquecer que em laminas de crystaes uniaxiaes, cortadas parallelamente á face de uma pyramide qualquer, podem apparecer figuras bastante semelhantes, quando acontecer, como aqui, ser a birefrangencia fraca.

Tambem se observam faxas escuras em luz parallela, como já acima descrevemos para as preparações parallelas á face do cubo.

Collocando uma preparação octaedrica por tal modo no microscopio, que o meio d'ella, isto é, o ponto em que se juntam os tres sectores (fig. 7 e 8), esteja no centro do campo do instrumento, observa-se, girando com a mesa d'este, uma faxa da fôrma de um pincel, com a parte mais larga voltada para o exterior, e cujo centro de rotação coincide quasi sempre com o da lamina, correndo a faxa escura egualmente pelos tres sectores.

Estas faxas escuras lembram, como dissémos, as que mostram o vidro temperado, as laminas de gelatina contrahida, e outros corpos amorphos que soffrem ou soffreram uma pressão qualquer.

c, Laminas parallelas a $\infty 0$ (110).

No caso mais regular são compostas as preparações dodecaedricas de oito partes opticas, quando teem a fôrma e posição das figuras 13 a 15.

A cada face collocada acima do corte corresponde um elemento optico: a cada aresta um limite. As partes opticas limitadas pelas faces do cubo estão marcadas nas figuras com *w*, as limitadas pelas do icositetraedro com *l*.

As figuras 13 a 18 são desenhadas na posição normal: na posição diagonal estas mesmas laminas apresentam a maior intensidade nas côres.

Desenvolvendo se no crystal as faces do 20_2 (211), de modo que comecem a apparecer as arestas mais longas d'esta fôrma, observa-se na lamina uma estructura correspondentemente (fig. 13).

Sendo o cubo pouco desenvolvido pode-se cortar uma preparação parallela a $\infty 0$ (110), limitada totalmente ou quasi totalmente, pelas faces do icositetraedro com a fôrma de um rhombo. Estas laminas rhomboidaes são compostas de quatro sectores opticos, limitados segundo

¹ Ben-Saude, loc. cit.

as diagonaes do rhombo (figuras 15 a 17); desaparecendo por este desenvolvimento as partes *w* correspondentes ás faces do cubo, e desenvolvendo-se mais as *l* do icositetraedro (fig. 14, 15, 16, 17 e 18).

Não se encontram frequentemente laminas com estructura tão distincta como a desenhada nas figuras 13 e 14; em quanto que são facéis de obter as das figuras 16, 17 e 18.

Observa-se esta transformação successiva da disposição optica, correspondente á transformação exterior do crystal, em individuos d'um mesmo exemplar. Quando uma preparação atravessa o centro do crystal, observa-se tambem que de cada um dos seus lados partem sectores opticos, que se juntam no interior.

As extincções dos sectores limitados pelos elementos do cubo, correm parallelas a estes: as dos limitados por elementos icositetraedricos afastam-se mais ou menos d'essa direcção.

Em luz convergente observam-se nos diversos sectores barras escuras pouco distinctas, como as que observámos nas laminas parallelas as faces do cubo e octaedro, e referiveis talvez a eixos opticos.

d, *Laminas parallelas á face do 202 (211).*

As preparações parallelas a estas faces são geralmente homogeneas, e quasi sem acção. Se mostram uma birefrangencia apreciavel, as extincções fazem-se em geral parallelamente ás diagonaes do deltoide, e nunca se apresentam formadas pelo conjuncto regular de sectores opticos, ainda que ás vezes appareçam constituidas de porções birefrangentes irregularmente dispostas.

Esta observação sobre a estructura das laminas parallelas á face do 202 (211), tambem não concorda com a de Arzruni e Koch: baseando-se esta minha asserção sobre o estudo de muitas placas.

Do estudo das laminas de individuos em que predomina o cubo em combinação com o icositetraedro, deduz-se que a estructura optica, que attribue v. Lasaulx a estes crystaes, não pode ser a verdadeira. A homogeneidade das laminas superiores do cubo; a figura concen-

trica das laminas octaedricas; assim como a constituição optica das do-decaedricas, não reconhecidas por este auctor, mostram claramente a inadmissibilidade de tal estrutura.

Laminas de crystaes icositetraedricos
de Duingen, Andreasberg, Val de Fassa, Aussig, Antrim, Palagonia,
Montecchio Maggiori e (raras vezes)
das ilhas Cyclopes e da Foya.

Tendo todos os crystaes d'estas proveniencias o mesmo desenvolvimento crystallographico, e visto termos já observado haver certa correlação entre as fórmias crystallographicas e a configuração optica dos crystaes de analcime, era de suppor encontral-os com egual estrutura.

Esta suposição verificou-se com effeito; e vamos descrever simultaneamente os crystaes de todas as sobreditas localidades.

a, *Laminas parallelas á face do $\infty 0 \infty$ (100).*

As preparações parallelas a uma face do cubo, se são obtidas de crystaes regularmente desenvolvidos, e se atravessam só as faces terminaes do icositetraedro, teem a fórmula de um quadrado, cujos lados fazem angulos de 45° com as arestas do cubo inscripto. Em luz polarizada apparecem formadas por quatro sectores opticos, que apresentam a maior intensidade nas suas côres quando as linhas limites dos sectores fazem angulos de 45° com os planos de polarisação dos nicols.

As extincções são geralmente parallelas aos limites exteriores, mas encontram-se frequentemente variações d'estas direcções. Em quanto que os crystaes cubiformes mostram, como vimos, refração negativa, ha um pequeno numero de crystaes icositetraedricos para os quaes esta é positiva.

Uma lamina do interior do crystal, parallelas á face do cubo, limitada por oito faces do icositetraedro 202 (211), tem a fórmula de um octogono com angulos de $126^\circ 52'$ e $143^\circ 8'$. As linhas rectas, que unem os vertices dos angulos menos obtusos, coincidem em direcção com a dos eixos principaes; as que ligam os mais obtusos, com a dos eixos rhombicos.

A lamina fica d'este modo dividida em oito partes opticas (fig. 19 e 20).

Na posição em que a direcção dos eixos principaes coincide com os planos de polarisação dos prismas de Nicol, apparece toda a lamina escurecida. Mas como não são parallelas as extincções em todos os oito sectores, a preparação não se apresenta absolutamente escura.

Girando 3° a 5° para a direita ou para a esquerda (fig. 19), apparecem, dos oito sectores que compõem a placa, alternativamente quatro escuros e quatro corados. Continuando a rotação, até que a bissectriz do angulo menos obtuso fórme com os planos de polarisação angulos de 45° , apparecem intensamente coradas as partes dos sectores mais proximas das diagonaes parallelas aos eixos principaes, em quanto que do centro para os angulos mais obtusos ($143^\circ 8'$) se dirigem zonas quasi inactivas, formando uma cruz escura entre os campos de cores vivas (fig. 20).

Quanto mais distante d'estas zonas escuras está um logar na lamina, tanto mais intensa é a sua côr, que attinge a maxima intensidade da birefrangencia na immediata proximidade dos angulos menos obtusos do octogono.

São estas propriedades que Brewster tentou exprimir pela formula mencionada (veja-se Introducção, pag. 173), que pode servir para dar uma idéa da distribuição da intensidade da birefrangencia n'estas laminas, mas que não exprime rigorosamente o que na natureza se observa.

Não só se percebe uma diminuição na intensidade da refração em direcção perpendicular aos elementos do icositetraedro, mas tambem na direcção do lado do octogono, e no sentido do vertice do angulo de $126^\circ 52'$ para o de $143^\circ 8'$.

Nos oito sectores em luz convergente, empregando objectivas de forte augmento, observam-se barras escuras; mas devido á fraqueza da refração e á pequena espessura das preparações (0,1 a 0,12 de mm.), são muito pouco distinctas para poderem ser devidamente estudadas.

Laminas de crystaes muito pequenos mostram ás vezes no centro uma porção quasi ou totalmente inactiva.

Como já notámos, conhecia Brewster quasi tudo o que diz respeito a estes phenomenos; mas na sua descripção e desenho ha confusão entre os angulos mais e os menos obtusos, apparecendo a cruz escura n'uma posição que differe da verdadeira em 45° ¹.

As propriedades opticas da picranalcime, descriptas por v. La-

¹ No seu *Treatise on Optics*, 1853, pag. 278, encontra-se isto rectificado.

saux¹, são bastante semelhantes ás que mostram as placas aqui descriptas.

Se se observam laminas tiradas proximo da superficie do crystal, essas mostram, em luz polarisada convergente, phenomenos que lembram os de crystaes biaxiaes, mas muito pouco distinctos para um estudo perfeito.

Uma preparação mais espessa apresentou-nos uma figura semelhante ás correspondentes a um eixo optico dos crystaes uniaxiaes com character negativo de refração, mas sem as curvas caracteristicas coloridas.

b, *Laminas parallelas á face do O (111).*

Os cortes d'esta direcção, sendo superficiaes são limitados por tres faces do icositetraedro 202 (211), teem uma fórma triangular e mostram-se divididos em tres sectores. As extincções são parallelas aos limites exteriores. Laminas cortadas mais proximo do centro do crystal apparecem formadas como está representado nas fig. 21 a 23.

Do centro d'estas laminas correm para os angulos obtusos os limites dos tres sectores que a compõe. As suas extincções estão indicadas nas figuras 21 e 22.

Ás vezes apparecem as divisões dos sectores sómente na parte exterior da lamina, desapparecendo pouco a pouco para o centro da mesma, que é então quasi ou totalmente isotrope. N'outras faz-se esta diminuição de maneira que para o interior vão apparecendo faxas quebradas com a convexidade para o centro da preparação, e são tanto menos intensamente córadas quanto mais proximas estão do centro da lamina. (fig. 22).

As partes da preparação, que no crystal estavam proximas dos angulos solidos mais agudos, são as que mais energicamente decompõem a luz polarisada.

Estas preparações parallelas á face do octaedro de crystaes icositetraedricos mostram os phenomenos mais interessantes da analcime; e são tanto melhor definidas na sua constituição optica quanto menores são os crystaes d'onde se tiram, não obstante ser a refração n'estes crystaes mais fraca do que em outros maiores. O diametro das melhores preparações é de 1,5 a 2 millimetros.

Em luz convergente observa-se aqui, mais claramente do que em

¹ *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 1878, pag. 513, etc.

outras preparações, ramos escuros de hyperbole, com a posição desenhada na fig. 23. Muitas vezes encontra-se n'estas preparações uma parte central unirefrangente, o que leva a concluir que o crystal no começo da sua formação era isotrope.

c, Laminas parallelas á face do $\infty 0$ (110).

Cortando-se as preparações abaixo das duas arestas sobrepostas á do octaedro inscripto, limitam-se estas só por quatro faces do 202 (211) (figuras 17 e 18), e ficam com a fôrma de um rhombão.

Quando as faces collocadas por cima do corte são irregularmente desenvolvidas; isto é, quando em logar de um angulo solido apparece uma aresta, tambem em luz polarisada se observa na preparação, uma irregularidade correspondente á aresta formada pelo disequilibrio no desenvolvimento do crystal: irregularidade, que produz mais um limite optico (fig. 18).

Se os limites opticos estão collocados parallelamente aos planos de polarisação dos nicols cruzados, apparecem os quatro sectores quasi totalmente escuros; mas a maxima escuridão sómente se produz de cada vez, para dois sectores oppostos fazendo as suas extincções pequenos angulos com as diagonaes do rhombo.

São vulgares os casos em que as extincções são irregulares e se desviam mais ou menos consideravelmente do parallelismo com as diagonaes (fig. 24).

Estas preparações de fôrma rhombica são identicas ás que se tiram de crystaes em que domina o cubo, mas que são sómente limitadas por quatro faces do 202 (211).

d, Laminas parallelas á face do 202 (211).

Quando estas laminas são tiradas de crystaes bem formados mostram-se homogeneas e quasi ou totalmente inactivas: se proveem de crystaes deformados, cujas faces não são já deltoides, apparecem porções irregulares mais ou menos consideraveis e com acção energica sobre a luz polarisada.

Nunca podêmos observar uma regularidade na coordenação das partes activas da preparação.

Nos casos em que apparecem porções activas estão estas quasi

sempre collocadas nas proximidades do angulo mais agudo do deltoide, as suas extincções são geralmente parallelas ás diagonaes da face.

Em luz convergente não se observam phenomenos sufficientemente determinados.

3. Figuras produzidas por corrosão

É sabido que, expondo as faces de uma substancia crystallisada á acção de outra que a decomponha não muito energicamente, as primeiras manifestações do ataque evidenciam-se em pequenas figuras polyedricas mais ou menos regulares, com uma symetria determinada e correspondendo á symetria da face sobre a qual se produziram.

Admittindo haver esta absoluta correlação entre as figuras de corrosão e a symetria da face, é claro que, em casos em que outro methodo de determinação da symetria e valor crystallographico não dêem resultados absolutamente decisivos, o estudo d'estas figuras pode-nos dar esclarecimento sobre a symetria e valor relativo das diversas faces que compõem uma fôrma crystallographica qualquer, e assim proporcionar a determinação do systema a que essa fôrma pertence.

Já por outra occasião notámos¹ que se nos afigura que os corpos crystallisados que mostram as anomalias opticas (o que segundo o nosso modo de ver é expressão de uma anomalia na disposição das densidades), poderiam talvez apresentar figuras de corrosão em certa relação com taes anomalias, e que ha effectivamente observações que em parte confirmam esta supposição.

Expozemos á acção do acido chlorhydrico muito diluido preparações cortadas dos crystaes de analcime parallelamente ás faces do cubo, do octaedro e do dodecaedro.

Nunca se produziram figuras cuja fôrma fosse bem determinada para se poder, da sua symetria, tirar conclusões relativamente á das faces. A applicação de uma mistura de acidos chlorhydrico e sulfurico, em diversas proporções, teve equal resultado negativo. Todavia produziram-se figuras que, por outras circumstancias, despertam bastante interesse.

¹ Ueber den Perowskit, pag. 26.

As faces naturaes, expostas á acção dos acidos, são atacadas irregularmente. As figuras a que se refere a descripção que segue, são obtidas em laminas do interior dos crystaes.

Uma lamina parallela á face do cubo, exposta á acção do acido, apparece primeiramente coberta de cavidades mais ou menos regularmente circulares, segundo estão isoladas ou em contacto (fig. 25); emquanto que nas partes mais proximas do bordo da lamina, assim como no centro d'ella, se observam grupos de outras cavidades conicas com igual posição nas partes opticas eguaes. Na fig. 26 está reproduzido um grupo d'estas figuras de corrosão com o augmento de 800 diámetros. No interior da lamina apparecem ellas em posição vertical, e com a sua base circular.

As figuras conicas estão collocadas mais profundamente do que as cavidades que primeiro apparecem sobre a lamina.

Obtivemos algum esclarecimento sobre a natureza d'estas cavidades, examinando uma lamina parallela á face do octaedro, e cujos dois lados foram igualmente expostos á acção do acido. Nas superficies superior e inferior da lamina estão as pontas das figuras inclinadas para o interior d'esta; o que se observa bem elevando ou abaixando o tubo do instrumento.

As figuras conicas são muito numerosas no bordo exterior e no centro dos sectores, em quanto que nas proximidades dos limites opticos diminue o seu numero.

Estas cavidades conicas são interessantes, porque indicam a direcção em que os crystaes são mais atacaveis: em que a materia é menos densa.

Preparações expostas algum tempo á acção do acido são *menos atacados nas partes mais proximas das arestas do crystal* do que no meio das faces.

4. Influencia do calor sobre as propriedades opticas

A applicação do calor ao estudo das propriedades anomalas foi feita, e pela primeira vez, por C. Klein¹ na boracite. Consiste o methodo em aquecer a preparação a estudar, cujas propriedades são previamente estabelecidas, para que depois de exposta ao calor se possa verificar se houve alguma alteração na sua constituição optica; isto é, se pela acção do calor variaram os seus limites opticos, a intensidade da birefrangencia, etc.

Applicando-se este methodo á analcime observam-se algumas ainda que fracas transformações opticas.

Laminas paralelas á face do $\infty 0 \infty$ (100) de cristaes cubiformes, mostram que a porção quasi inactiva do centro da lamina perde da sua grandeza, desenvolvendo-se ao mesmo tempo os quatro sectores opticos que a rodeiam. Uma lamina, com a configuração da figura 2, apresenta-se, depois de aquecida, identica á figura 1, tornando-se as côres um pouco mais vivas do que eram. Nas experiencias melhor succedidas desaparece completamente a parte central quasi inactiva, mostrando quasi todas as preparações augmento na intensidade da refração. É necessario para bem observar as pequenas mudanças, que o calor faz soffrer a estas laminas, humedecel-as ou collocal-as em balsamo do Canadá depois de aquecidas.

Laminas paralelas á face do O (111) soffrem as mesmas alterações. Se correspondem á figura 10, (veja-se pag. 187) apparece o triangulo concentrico com refração um pouco mais viva, o que facilita a sua observação. Se são cortadas de cristaes icositetraedricos, apresentando só no bordo da lamina uma refração perceptivel, apparece a parte interior d'ella, depois de aquecida, dividida em tres sectores opticos; isto é, uma preparação como representa a figura 22, transforma-se, pela acção do calor, n'outra como a desenhada na figura 21.

A intensidade da refração, em laminas paralelas á face do dodecaedro, augmenta igualmente pela acção do calor. As extincções, assim como as barras escuras em luz polarisada, conservam-se inalteradas.

¹ *Nachrichten von der K. Gessellschaft der Wissenschaften, etc.*, Göttingen, 6 de fevereiro de 1881. *Neues Jahrb. für Mineralogie*, 1881, vol. 1, pag. 248.

Partes primitivamente inactivas mostram, depois de aquecidas, as mesmas extincções do que as outras primitivamente anisotropes.

Desnecessario é notar-se que não deve o calor transpôr o limite em que a substancia perde a translucidez, decompondo-se.

5. Consequencias das observações e imitações das anomalias por meio de corpos de gelatina endurecida

O estudo das laminas acima descriptas revela que os crystaes d'analcime são birefrangentes, e compostos de um certo numero de partes opticas distinctas.

O cubo-icositetraedro é formado de trinta partes componentes; em quanto que o icositetraedro sómente tem vinte e quatro.

A forma das partes opticas depende directamente dos elementos exteriores dos crystaes: desaparecem partes opticas desaparecendo faces no crystal.

A sua composição pode formular-se do modo seguinte: *cada uma das faces do crystal é base d'uma pyramide central; cada uma d'estas pyramides é elemento optico do crystal; e a cada uma das arestas corresponde um limite optico interior*¹.

Preparações cortadas parallelamente á base de uma d'estas pyramides e tiradas da superficie, são absolutamente ou quasi absolutamente inactivas; cortadas em outra qualquer direcção mostram-se birefrangentes.

As fig. 31 a 33 apresentam os schemas das transformações que soffrem os elementos opticos com a mudança da forma do crystal, indicando as linhas pontuadas, que vão dos vertices dos angulos solidos ao centro do crystal, as arestas das pyramides de que devemos considerar constituidos opticamente os crystaes d'analcime.

Devido todavia á pequena intensidade da refração, os phenomenos observados em luz convergente são tão pouco distinctos que, se

¹ A constituição da granada estudada recentemente por C. Klein poder-se-hia, ao que nos parece, exprimir igualmente pela mesma formula. Vide, *Jahrb. für Mineralogie*, 1883, pag. 87. etc.

n'elles só nos fundassemos, não alcançariamos resultado satisfactorio. Algumas observações, feitas em laminas parallellas á face do cubo e á do octaedro, parecem indicar uma uniaxia das pyramides opticas tendo por base a face do cubo; em quanto que as pyramides limitadas pelas faces do icositetraedro como não nos mostraram figura alguma distincta em luz convergente, usando nós de placas delgadas, não é facil determinar qual o seu character optico. A avaliar pela posição das extincções estas pyramides deviam ser opticamente monoclinicas (fig. 19 e 21).

O facto de crystaes pequenos se apresentarem quasi sempre exemptos de fendas, ao passo que succede o contrario nos maiores; a diminuição e augmento da intensidade da refração nos diversos campos opticos; as variações na direcção das extincções nos mesmos, e as pequenas alterações, que lhes faz soffrer a acção do calor, mostram-nos claramente a impossibilidade de admittir a hypothese de Mallard, que considera a analcime um conjuncto de individuos de symetria inferior.

Se a admittissemos, por um instante, complicar-se-hia consideravelmente a explicação dos phenomenos; visto que as propriedades acima mencionadas, assim como a *variação constante que se dá no que Mallard considera individuos componentes sempre que varia a fórma exterior do crystal*, seriam factos irreconciliaveis com as noções theoricas e empiricas que temos dos agrupamentos de individuos *gemeos*. Abandonemos, por isso, tal hypothese para examinarmos mais uma das propostas para a explicação dos phenomenos aqui tratados.

Arzruni e Koch, conservando como dissémos, para a analcime o systema tesseral, admittem que as anomalias são provavelmente devidas ás diversas densidades dos crystaes cubicos nas direcções das tres qualidades d'eixos do crystal. A disposição das partes opticas, que d'esta hypothese deduzem estes auctores, não corresponde, como indicámos, ás observações aqui expostas; nem por tal hypothese se poderia explicar o facto acima notado de variarem as propriedades opticas do crystal quando a fórma varia: lei que lhes era desconhecida.

A hypothese de Arzruni e Koch não pode, por estas e outras razões, ser admittida para a explicação das anomalias em geral.

Em quanto que estas considerações nos mostram não ser possivel a explicação dos phenomenos em questão pelas hypotheses propostas, a *presença de numerosas fendas* nos crystaes de diversas localidades, parece revelar a verdadeirã causa da birefrangencia: *a causa d'esta é tambem a que produz as fendas*, como adiante demonstraremos.

Vamos descrever umas experiencias feitas com gelatina, que nos parece terem certa importancia, por mostrarem que podemos imitar

quasi completamente as propriedades opticas das substancias anomalas do systema cubico, empregando para isso substancias amorphas.

É ha muito tempo conhecido (Brewster, 1814) que colloides endurecidos apresentam phenomenos de polarisação. Já Brewster observara a grande semelhança d'elles com os da analcime. Sabe-se tambem que, entre a estructura optica de laminas de gelatina endurecida e a fórma das mesmas laminas, ha uma certa dependencia. Por isto era de esperar que modelos de crystaes fundidos de gelatina deveriam igualmente apresentar uma dependencia entre as suas propriedades opticas e os seus limites crystallographicos. Para averiguar esta supposiçãõ fizemos de gesso fórmas negativas de crystaes, nas quaes se introduziu gelatina, para assim se obter os modelos desejados. Depois de postos a seccar durante dois ou tres dias podémos passar ao seu estudo optico.

Os modelos de gelatina representavam o cubo, o octaedro, o do-decaedro e o icositetraedro¹.

As laminas dos modelos de gelatina, destinadas ao estudo optico, foram cortadas com uma faca bem afiada parallelamente á face de $\infty 0 \infty$ (100), $0 (111)$ e $\infty 0 (110)$, e para evitar um endurecimento maior d'estas laminas, que poderia alterar a fórma da figura de polarisação, produzida pela contracção do modelo inteiro, foram immediatamente mergulhados em balsamo do Canadá.

Estas laminas apresentam phenomenos analogos aos dos crystaes com fórmas eguaes aos respectivos modelos. *Não sómente se dividem, assim como as de crystaes anomalos, em sectores; mas mostram tambem as mesmas extincções; e, em preparações apropriadas, eixos opticos com uma posição analogo aos que se observam em verdadeiras laminas de crystaes.*

Nas fig. 27 e 28 estão representadas duas laminas de gelatina cortadas do cubo parallelamente a uma face d'esta fórma. A fig. 29 representa uma lamina cortada d'um modelo do octaedro parallelamente á

¹ Na occasião em que faziamos estas experiencias estudava Klocke, independentemente de nós, a mesma substancia em laminas; e descobriu n'ellas, como nós nos nossos modelos, eixos opticos e mais phenomenos muito semelhantes aos dos crystaes anomalos, veja-se: Klocke, *Berichte über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg*. VIII, 1, 1881. Ben-Saude. *Nachrichten der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen*. Sitzung von 5ten März 1881. Eram-nos então desconhecidas as observações sobre esta materia de W. Steeg (*Poggendorf's Annalen* 1860, vol. III) e de Bertin (*Annales de chim. et phys.* t. XV, 1878), que tinham feito observações semelhantes ás de Klocke.

face 0 (111). É desnecessario dizer que não reconhecemos analogia entre o colloide e o crystal anomalo de systema cubico, senão no que diz respeito á sua birefrangencia.

Os modelos do cubo mostram em luz polarizada uma configuração como a dos crystaes d'alumen¹ e sal commum de igual fôrma; os octaedricos as propriedades da senarmontite² e do alumen limitados por 0 (111); modelos dodecaedricos apresentam-se opticamente constituidos como certos crystaes de granada com fôrmas identicas, e finalmente os icositetraedricos são semelhantes aos crystaes de analcime que acabamos de descrever.

Em luz polarizada quasi se não pode distinguir uma lamina de gelatina, produzida do modo como indicámos, de uma verdadeira lamina crystallina.

Baseando-nos n'estas observações, e nas que mostram indubitavelmente que a configuração optica da analcime varia com a mudança dos elementos exteriores, parece licito admitir que, para a producção dos phenomenos opticos, foram esses elementos exteriores d'uma importancia capital; e considerando tambem que alguns limites opticos não são constantes para todas as temperaturas, que varia com estas a intensidade da refração, e que alguns individuos contem partes isotropes, devemos concluir: *que a birefrangencia d'estes crystaes não é derivada a uma disposição molecular constante, mas sim a um desvio mais ou menos energetico das moleculas crystallinas da posição normal.*

Sendo as propriedades ópticas variaveis não nos é permitido basear n'ellas a determinação do systema de crystallisação; só nos resta para esta determinação a fôrma exterior, que nos indica, com toda a evidencia, *pertencerem os crystaes d'esta substancia ao systema tesserale.*

(Continua)



INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
HUMBOLDT DE CARVALHO

¹ Klocke loc. cit. pag. 72.

² Mallard loc. cit. pag. 108 e Grosse-Bohle, *Zeitschrift für Krystallographie etc.* 1880, vol. v, pag. 222.

Fig. 1.

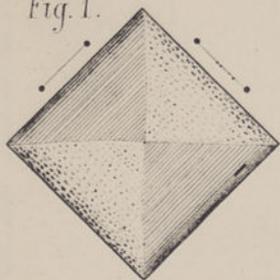


Fig. 2.

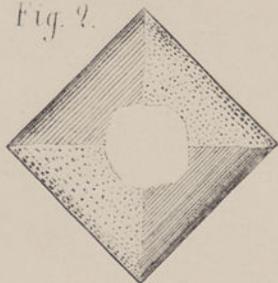


Fig. 3.

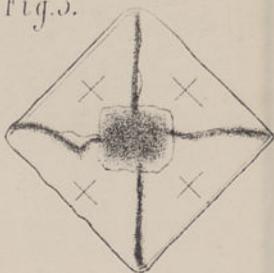


Fig. 4.

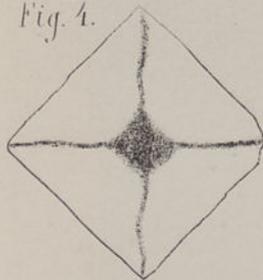


Fig. 5.

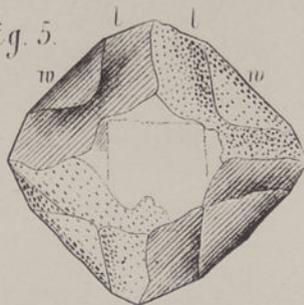


Fig. 6.

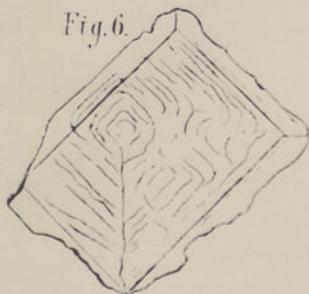


Fig. 7.

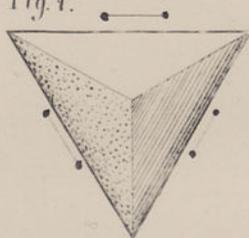


Fig. 8.

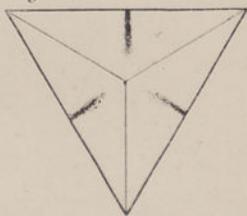


Fig. 9.

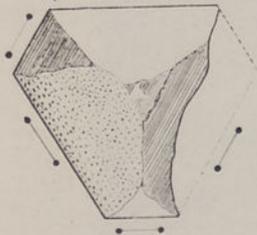


Fig. 10.

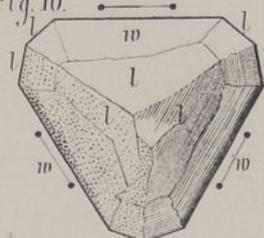


Fig. 11.

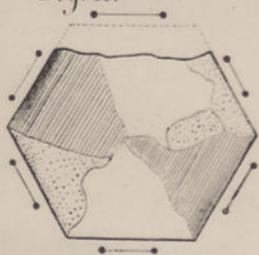


Fig. 12.

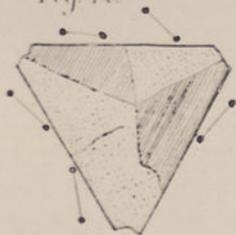


Fig. 13.

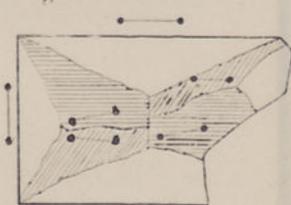


Fig. 14.

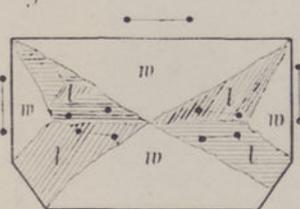


Fig. 15.

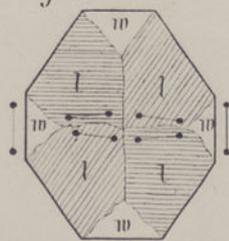


Fig. 16.

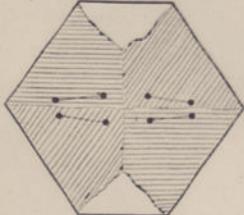


Fig. 17.

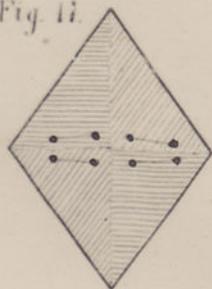


Fig. 18.

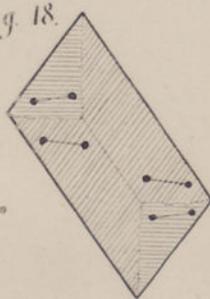


Fig. 19.

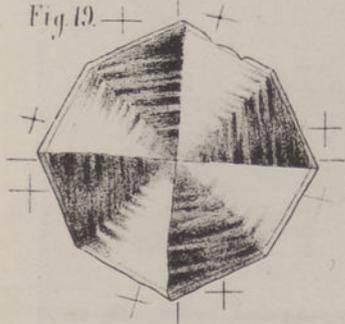
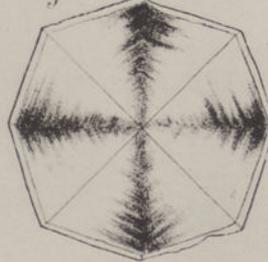


Fig. 20.





RÓ
MU
LO

CENTRO CIÊNCIA VIVA
UNIVERSIDADE COIMBRA



1329682584

