

Sitzungsberichte

der

königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften

zu München.

Jahrgang 1862. Band I.

München.

Druck von J. G. Weiss, Universitätsbuchdrucker.

1862.

In Commission bei G. Franz.

480

D

Herr von Kobell hielt einen Vortrag

„Ueber Asterismus und die Brewster'schen
Lichtfiguren.“

(Mit drei Tafeln.)

Die schönen Erscheinungen des Asterismus, welche man lange nur am Sapphir und Granat gekannt hatte, sind durch die Untersuchungen von Brewster¹, Babinet², und Volger³ weiter studirt und an vielen Mineralien und Salzen nachgewiesen worden. Babinet hat sie als Gittererscheinungen bezeichnet und es lassen sich die einfacheren leicht hervorbringen, indem man die geeigneten Systeme paralleler engstehender Linien entweder in eine glatte Kupferplatte einschneidet oder auf eine mit Silber oder Kupfer belegte Glasplatte radirt. Man sieht dann mittelst einer Kerzenflamme in einem sonst dunklen Zimmer durch Reflexion und Transmission des Lichtes bei einem System solcher Linien einen Lichtstreifen, welcher die Linien rechtwinklich schneidet; bei zwei Systemen rechtwinklich sich kreuzender Linien, ein rechtwinkliches Lichtkreuz, oder wenn die Streifen sich schiefwinklich schneiden, ein schiefwinkliches; bei drei Systemen nach den Seiten eines Dreiecks gezogen, einen sechsstrahligen Lichtstern; bei radialen Linien von einem Centrum ausgehend, bei gewissen Einfallswinkeln einen parhelischen Kreis u. s. w.

Letztere Erscheinung sieht man sehr oft durch ein etwa

(1) Edinburgh Transactions. Vol. XIV, 1837, auch Phil. Magaz. Jan. 1853.

(2) Poggendorff's Annal. Bd. 41. 1837.

(3) Sitzungsab. d. Wiener Akad. Bd. XIX. 1856.

zolllanges von einem gewöhnlichen Glasstabe (von $\frac{1}{8}$ Zoll Dicke) abgeschnittenes Stück, an dem man die Endflächen glatt schleifen lässt. Aus gehöriger Entfernung gegen eine Kerzenflamme gesehen zeigt sich bei einigem Neigen des Glases durch diese Endflächen ein kreisrunder Lichtring, an dem die Flamme immer in einem Punkte der Peripherie steht. Dergleichen Glascylinder zeigen im polarisirten Lichte durch genannte Flächen das Kreuzbild; ein Cylinder von homogenem Glase, welches nicht polarisirt, gibt die Erscheinung nicht, aber auch nicht jedes polarisirende Glas gibt sie. Bei Krystallen und Krystallaggregaten ist ein vollkommen geschlossener parhelischer Kreis sehr selten zu beobachten; Prof. Plücker besitzt aber einen Calcit, welcher durch die Spaltungsflächen sogar zwei solcher Kreise oder Lichtringe zeigt, die sich im Bild der Lichtflamme berühren und je nach der Neigung des Krystalls nebeneinander oder ineinander gesehen werden können. — Babinet hat solche Erscheinungen einer Faserstructur und den entsprechenden Blätterdurchgängen der Krystalle zugeschrieben, Volger hat aufmerksam gemacht, dass sehr oft die Zusammensetzungsflächen einer Zwillingsbildung die Ursache sind und dass die Asterie einer gestreiften äusseren Krystallfläche sich zuweilen ändert, wenn man eine solche Fläche abschleift und dann durch die Schliffflächen sieht. Beide erwähnen die Untersuchungen nicht, welche Brewster darüber, gleichzeitig mit Babinet, angestellt hat, indem er theils natürlich vorkommende corrodirte Flächen beobachtete, theils durch leichtes Aetzen oder auch rauh Schleifen die innere Structur für das Licht wirksam bloslegte. Brewster hat in dieser Weise Krystalle von Topas, Granat, Amphibol, Axinit, Boracit, Liparit, Magnetit, Amethyst, Diamant, und durch Aetzung Krystalle von Calcit, Alaun, Liparit, Apophyllit, essigsaurem Kupferoxid-Kalk, schwefelsaurem Kali u. a. untersucht.

Bei den Aetzungen, wozu er Wasser, Salzsäure, Salpetersäure, auch Flusssäure, anwendete, bemerkte er dass je nach der Art des Aetzmittels die Figuren verändert werden und dass durch mechanisches Abreiben auf einem Schleifstein oder mit

einer Raspel oder Feile ähnliche Figuren, doch nicht rein, entstehen und merkwürdigerweise in der Lage verkehrt gegen die durch Aetzen gebildeten. Diese Figuren erscheinen bei reflectirtem Licht (von einer Kerzenflamme) und auch bei transmittirtem und können, wenn man die geätzte Fläche in Hausenblase abdrückt bei durchfallendem Licht untersucht werden.

Brewster hat genauer nur Krystalle des tesseralen, hexagonalen und quadratischen Systems untersucht, für das rhombische, klinorhombische und klinorhomboidische konnte er durch Aetzungen keine bestimmten Resultate erlangen.

Die folgenden Beobachtungen mögen als ein Beitrag zur Kenntniss dieses Asterismus dienen.

Wenn man Krystallflächen durch Aetzung beobachten will, so ist vorzüglich darauf zu achten, dass diese Flächen eben und spiegelnd seien und dass man mit der schwächsten Aetzung beginne. Für sehr leicht in Wasser lösliche Salze habe ich folgendes Verfahren gebraucht. Ich durchfeuchtete ein Stück feinen Kleidertuches mit Wasser und liess einen Theil daneben trocken; ich legte dann die Krystallfläche auf den trockenen Theil eben auf und fuhr mit ihr in die feuchte Stelle und gleich wieder zurück; je nach Umständen wurde dieses öfters wiederholt. Das Tuch legt man auf eine Glasplatte oder dgl. Die Beobachtung macht man mit einer Kerzenflamme, am besten in einem sonst dunklen Zimmer, und hält den Krystall zwischen Daumen und Zeigefinger beider Hände nahe und tief bei der Kerze, dass das Licht möglichst senkrecht einfalle. Der Krystall wird dann gedreht bis das Bild des Lichtreflexes auf der Fläche deutlich gesehen wird und dabei das Auge so nahe gebracht als es geschehen kann. Auf den Tisch legt man an die Stelle, über welcher man den Krystall beobachtet, ein schwarzes mattes Papier. Gestattet die Durchsichtigkeit auch transmittirtes Licht zu beobachten, so hält man den Krystall mit Daumen und Zeigefingern, wie vorhin gesagt, das Seitenlicht möglichst abschliessend, ebenfalls ganz nahe an das Auge und sieht durch denselben nach der Kerzenflamme. Dabei ist zu beachten, dass man

die Lichtfigur meistens erst deutlich erkennt, wenn man zwei bis drei und mehr Schritte von der Flamme entfernt steht. Für die Beurtheilung des Lichtbildes hat man auch daran zu denken ob nur eine Fläche oder zugleich deren parallele geätzt wurde, weil letztere oft das Bild der ersteren verkehrt gibt, daher z. B. bei einer geätzten Fläche ein dreistrahligter Stern zu sehen, dagegen ein sechsstrahliger, wenn auch die parallele Fläche geätzt wurde u. s. w.

Sehr schön zeigen sich die Bilder, wenn man die Krystallplättchen in geschwärzte Korkplatten fasst und mit einem Theaterperspectiv auf etwa 8 Schritte nach der Flamme sieht und den Krystall zwischen das Auge und das Ocular bringt.

Am leichtesten sind solche Bilder am Alaun hervorzubringen und zu beobachten. Wenn man über eine glatte Oktaederfläche ein oder zweimal mit einem feuchten Tuche hinfährt und dann mit einem trockenen, so erscheint sogleich ein dreistrahligter Stern, in der Hauptform ähnlich Fig. 1, bei öfterem Befeuchten ändert er sich im Centrum und kommen noch drei kurze Strahlen zwischen den ersten hervor, augenblicklich aber wird der Stern in den sechsstrahligen Fig. 2 umgewandelt, wenn man in erwähnter Weise den Krystall mit verdünnter Salzsäure oder Salpetersäure überfährt. Ich gebrauchte meistens 1 Vol. concentrirte Säure und 1 oder 2 Vol. Wasser. Weiteres Befeuchten mit Wasser (und Abtrocknen) ändert den sechsstrahligen Stern wieder in den dreistrahligen um. Brewster gibt auch an, dass eine so geätzte Fläche, auf welcher Dreiecke wie in Fig. 3 sichtbar werden, sich wieder vollkommen herstelle, wenn man den Krystall in eine gesättigte Alaunlösung tauche und dass die Ergänzung und Ausfüllung der angegriffenen Stellen in dieser Weise mit unbegreiflicher Schnelligkeit vor sich gehe⁴.

(4) The singular fact in this experiment is the inconceivable rapidity with which the particles in the solution fly into their proper places upon the disintegrated surface, and become a permanent portion of the solid crystal a. a. O. p. 174.

Ich konnte das nicht ganz so finden, doch erhielt ich normale Flächen, wenn ein geätzter Alaunstrahl in eine warme nicht zu concentrirte Alaunlösung getaucht und dann freiwilligem Trocknen überlassen wurde. Die Flächen des Hexaeders und Rhombendodecaeders, welche am Alaun oft in Combination mit dem Oktaeder vorkommen, verhalten sich so, dass auf jenen durch leichtes Aetzen ein rechtwinkliches Kreuz, auf diesen ein in der kurzen Diagonale der Dodecaederfläche liegender Lichtstreifen entsteht. Diese Bilder verändern sich durch Salzsäure nicht. Das rechtwinkliche Kreuz auf der Hexaederfläche zeigt sich parallel den Seiten und nach den Diagonalen der Fläche, das erstere bleibt auch bei schief einfallendem Lichte rechtwinklich, das letztere aber wird dabei schiefwinklich. — Kalialaun, Ammoniakalaun und Chromalaun verhielten sich ganz gleich. Den dreistrahligen Stern der Oktaederflächen sieht man öfters auch an natürlichen Krystallen von Liparit und Magnetit.

Wenn man eine Oktaederfläche des Liparit auf einer groben breiten Feile matt reibt und dann die Fläche mit Wasser reinigt und trocknet, zeigt sich ebenfalls der dreistrahlige Stern bei durchfallendem Lichte, die Strahlen nach den Winkeln des Dreiecks gerichtet. An einem zollgrossen in die Länge gezogenen hemitropischen Krystall von salpetersaurem Strontian war der Stern auf den Oktaederflächen ähnlich Fig. 4 (mit Wasser geätzt) und gingen die Strahlen nicht rechtwinklich nach der Combinationskante der Oktaeder- und Würfelfläche oder nach den Winkeln der Oktaederfläche, sondern standen schief dagegen. Die Würfelflächen zeigten bei wiederholtem Aetzen mit Wasser die Fig. 5. —

Im quadratischen System beobachtete ich auf der basischen Fläche der tafelförmigen Krystalle des Apophyllit von Fassa beim Durchsehen gegen die Kerzenflamme deutlich ein Lichtkreuz in der Lage der Diagonalen, ebenso am Kaliumeisencyanur, bei einem Hauch von Aetzung durch Wasser; am schwefelsauren Nickeloxyd bei reflectirtem Licht auf der basischen Fläche die Fig. 6. —

Auf den Flächen der Quadratpyramide am phosphorsauren Ammoniak und arseniksauren Kali zeigt sich, nach leichtem Aetzen durch Wasser, das Reflexionsbild eines dreistrahligten Sternes, dessen Strahlen aber nicht wie beim Oktaeder nach den Winkeln, sondern nach den Seiten der Dreiecke gehen und sich unter zweierlei Winkeln schneiden, wie die senkrechten nach diesen Seiten.

Im hexagonalen System bietet der Calcit durch Aetzen mit Salzsäure und Salpetersäure schöne Erscheinungen, die zum Theil schon Brewster beschrieb. Man taucht den Krystall in die Säure und dann in Wasser und trocknet ihn mit einem weichen Stück Leinen. Beim Eintauchen in Salzsäure (1 Vol. Säure 1 Vol. Wasser) erhält man auf der Fläche des Spaltungsrhomboeders die Lichtfigur 7; der kurze nach dem Randeck gehende Strahl *r* verlängert sich oft bei wiederholtem Aetzen in der angegebenen Art ähnlich den übrigen und es entstehen nach aussen breiter werdende Lichtbüschel, die man besonders schön bei durchfallendem Lichte sieht. Höchst auffallend ist die Veränderung welche Fig. 7 erleidet, wenn man den Krystall in Salpetersäure (mit 1 Vol. Wasser verdünnt) eintaucht, es zeigt sich dann Fig. 8. Man kann an dieser Figur leicht an einem Krystall erkennen ob er in Salpetersäure getaucht worden war oder nicht und kann durch die Figuren Salz und Salpetersäure unterscheiden. Bei solchem Aetzen erscheinen auf der Rhomboederfläche mikroskopische Dreiecke, deren eine Spitze nach dem Scheiteleck gerichtet ist, also entgegengesetzt dem Strahl *r*. Diese Dreiecke rühren von Vertiefungen her, welche einer dreiseitigen Pyramide (Scheitelstück eines Rhomboeders) entsprechen.

Bei durchfallendem Lichte sind die Erscheinungen folgende:

Wenn eine Fläche mit Salzsäure geätzt wurde, zeigt sich ein Stern aus drei nach aussen breiter werdenden Lichtbüscheln; wenn auch die parallele Gegenfläche geätzt wurde, erscheint der Stern sechstrahlig. Wenn zwei parallele Flächen mit Salpetersäure geätzt wurden, so zeigt sich beim Durchsehen ein

schiefwinkliches Kreuz, an den stumpfen Winkeln mit Lichtflecken. — Von Interesse ist auch das Verhalten des sogenannten Streifenspathes, bekanntlich einer Hemitropie von R in oscillatorischer Wiederholung, wo die Drehfläche $— \frac{1}{2} R$; dabei ist eine Fläche des Spaltungsrhomboeders nach der langen Diagonale gestreift, die übrigen sind glatt. Betrachtet man aus einiger Entfernung durch letztere Flächen eine Kerzenflamme, indem man den Hauptschnitt des Krystalls (durch die Scheiteltante) vertikal stellt, so erscheinen Rauten ähnlich Fig. 9, deren Kreuzungspunkte die Lichtflamme, zum Theil mit prismatischen Farben, zeigen. Durch die gestreifte Fläche sieht man dieses Bild nur verzogen. Ätzt man einen solchen Krystall, so erscheinen die glatten Flächen nun auch gestreift wie Fig. 10 die Fläche b und c und nun erscheint beim Durchsehen gegen die Flamme ein diese Linien rechtwinklich schneidender Lichtstreifen, in welchem nach gleichen Abständen die Flamme in mehreren Lichtflecken sich zeigt.

Volger nimmt an, dass alle Calcit-Kernformen Drillingsbildungen, durch dreifache Wiederholung des eben angeführten Gesetzes seien. Damit stimmt das optische Verhalten nicht überein, denn die Krystalle, an denen die erwähnte hemitropische Aggregation deutlich sichtbar, zeigen im polarisirten Lichte durch die basischen Flächen ganz eigenthümliche Erscheinungen, welche an den gewöhnlichen Calcit-Kernformen nicht vorkommen. Ich habe diese Erscheinungen in den Münchner Gel. Anz. beschrieben. 1855. Nr. 18.

Am hexagonalen Prisma des Calcit's erscheint beim Ätzen durch mehrmaliges Eintauchen in verdünnte Salzsäure Fig. 11, auf den abwechselnden Flächen immer wie 1 und 2; der parallel der Axe gehende Strahl ist den Scheiteltanten des Spaltungsrhomboeders nach oben und unten zugekehrt. Ich beobachtete diese Bilder bei reflectirtem Lichte an zwei zollgrossen Krystallen von Andreasberg. Wenn man am Spaltungsrhomboeder des Calcit eine Fläche auf einer breiten Feile durch Reiben mit kreisförmiger Bewegung matt schleift, dann die

Fläche mit Wasser reinigt und trocknet, so zeigt sich beim Durchsehen gegen eine Lichtflamme eine Lichtlinie in der Richtung der kurzen Diagonale der Fläche; ebenso zeigt sich auf der basischen Fläche ein regelmässiger dreistrahligter Stern, dessen Strahlen nach den Combinations-Kanten mit dem Spaltungs-rhomboeder gerichtet sind. Zuweilen geht, den Winkel von 120° theilend noch ein vierter Strahl durch den Stern.

Am Dolomit ist die Erscheinung ähnlich wie beim Calcit, wenn man ein Spaltungsstück mit Salzsäure ätzt, indem man es einige Tage in der Säure liegen lässt oder die Einwirkung durch Erwärmen beschleunigt. Das Reflexionsbild ist aber von dem des Calcits dadurch verschieden dass der Winkel zwischen den Strahlen a merklich stumpfer, und dass der Strahl r sehr kurz und nicht wie beim Calcit dem Randeck, sondern dem Scheiteleck zugewendet ist. Bei diesem Aetzen zeigen sich an den Scheitelkanten matte und gestreifte Zuschärfungsflächen.

Mit Salpetersäure erhielt ich nur verzernte Bilder, auch durch Rauhschleifen konnte ich den Lichtstreifen nicht sehen wie beim Calcit.

Am Magnesit von Snarum in Norwegen, ist, wenn ein Spaltungsstück einige Zeit in Salzsäure gekocht wird, das Reflexionsbild ähnlich wie beim Dolomit, doch scheint der Winkel zwischen a und a noch grösser und der Strahl r sehr kurz, aber auch dem Scheiteleck zugewendet.

Siderit (aus dem Nassau'schen) verhielt sich, in Salzsäure gekocht, ähnlich wie Dolomit. —

Im rhombischen System beobachtete ich am weinsteinsauren Kali-Natron an ziemlich grossen Krystallen auf der basischen Fläche, welche mit einem mit Wasser befeuchteten und dann mit einem trockenen Tuch überfahren wurde, die schöne Reflexfigur 12, die sich bei öfterem Aetzen mannigfaltig ändert und beim Durchsehen wie Fig. 13 aussieht. Als ich statt Wasser Salzsäure anwendete, verschwand die Fig. 12 zu einem rhombischen unbestimmten Lichtflecken, sie

kam aber sogleich wieder zum Vorschein, als die Fläche mit einem wasserfeuchten Tuch überfahren wurde.

Wenn man ein Prisma von Nitroprussidnatrium, die Combination des rhombischen Prisma's von $105^{\circ} 10'$ mit der makro- und brachydiagonalen Fläche, höchst leicht mit Wasser ätzt, so zeigt es die Reflexionsfiguren wie sie, das Prisma aufgewickelt, die Fig. 14 darstellt. Bei einer gewissen Neigung kann man die Strahlen auf den p Flächen des rhombischen Prisma's ziemlich gleich gross erhalten und erscheint auch wohl nur ein dreistrahligter Stern; die Kreuze gehören den makro- und brachydiagonalen Flächen an. —

Am Kaliumwismuthchlorid erscheint durch einen Hauch von Aetzung mit Wasser auf der basischen Fläche ein schiefwinkliches Kreuz, ziemlich nach den Seiten des Rhombus dieser Fläche, auch ein Lichtstreif nach der langen Diagonale; am Chlorbaryum unter denselben Umständen ein Lichtstreif nach der kurzen Diagonale der gewöhnlichen rhombischen Tafeln; bei weiterem Aetzen zeigen sich daneben noch Lichtflecken aber kein Streifen nach der langen Diagonale.

Am ameisensauren Strontian erscheint ein Kreuz nach den Diagonalen der rectangulären tafelförmigen Krystalle. An den tafelförmigen Krystallen von Kaliumeisencyanid erscheint auf der brachydiagonalen Fläche bei einem Hauche von Aetzung mit Wasser ein schönes schiefwinkliches Lichtkreuz nach den Combinationskanten mit der Pyramide und ein Streifen rechtwinklich zur Axe wie Fig. 15. Bei vorsichtigem weiterem Aetzen erscheint Fig. 16. Auf der Fläche werden kleine Rhomben in der Stellung sichtbar wie sie die Fig. 15 und 16 angibt. Die Lichtfiguren zeigen sich besonders schön bei durchfallendem Lichte, wenn man das Krystallblättchen in ein geschwärztes Stück Pappe fasst. —

Im klinorhombischen System konnte ich schöne Krystalle von schwefelsaurer Ammoniak - Magnesia ringsum beobachten. Die Seitenflächen des Prisma's von $109^{\circ} 12'$ zeigen aufgerollt die Reflexionsbilder Fig. 17 und zwar die

am klinodiagonalen Hauptschnitt anliegenden Flächen 1 und 2 auf der Vorderseite des Hendyoeders (also die Endfläche gegen den Beobachter geneigt) die Kreuztheile a nach oben gegen die stumpfe Randkante an der Endfläche geneigt, die b aber nach unten; ebenso, aber gegen vorne verkehrt, zeigen sich diese Kreuze auf den Flächen 3 und 4 an der Rückseite des Hendyoeders. Die isomorphen Verbindungen: schwefelsaures Nickeloxyd-Ammoniak, schwefelsaures Eisenoxydul-Ammoniak, schwefelsaures Nickeloxyd-Kali und das ähnliche Kobaltsalz verhielten sich ganz ähnlich.

An einem sehr schönen Krystall von schwefelsaurem Manganoxydul-Ammoniak war die rechte Hälfte des Kreuzarmes c an der Fläche 2 kürzer und mit einem elliptischen Flecken begrenzt, ebenso der linke Kreuzarm entsprechend auf der Fläche 3. — Das schwefelsaure Kupferoxyd-Kali zeigte diese Reflexfiguren nur undeutlich.

Am Gyps zeigt sich auf der vollkommenen Spaltungsfläche, wenn man eine Platte einige Tage in Wasser legt oder kürzere Zeit in verdünnte Salzsäure, bei reflectirtem und durchgehendem Licht ein schöner Lichtstreifen, rechtwinklich oder fast rechtwinklich zur Spaltungsfläche, welche durch den muschligen Bruch charakterisirt ist, Fig. 18.

Im klinorhomboidischen System beobachtete ich den Kupfervitriol, Fig. 19. Bei sehr leichter Aetzung zeigte sich auf der Fläche p' ein kreuzförmiger Lichtschein Fig. 20; auf p eine zur Prismenkante rechtwinkliger Lichtstreifen Fig. 21 und auf der Endfläche 0 das Reflexionsbild Fig. 22, das Dreiblatt bei einer gewissen Neigung gegen das Eck c gewendet. Diese Bilder wurden an zwei sehr schönen Krystallen mit glatten Flächen beobachtet; im Allgemeinen sind die Flächen dieser Krystalle nicht eben genug. —

Ich habe hier nur die Fälle beschrieben, wo die Lichtfiguren sich deutlich zeigen, an manchen Salzen, die ich weiter untersuchte z. B. Eisenvitriol, Bittersalz, Zinkvitriol, chromsaures Kali, Salpeter etc., konnte ich zu keinem bestimmten Bilde ge-

langen, weil wahrscheinlich ein anderes weniger rasch angreifendes Aetzmittel als Wasser, welches ich anwendete, erforderlich ist. —

Die mikroskopischen Beobachtungen geätzter Flächen von Leydolt haben zwar gezeigt, dass die Krystalle aus Molecülen bestehen, deren Formen in die Krystallreihe des regelrecht gebauten Aggregates gehören und ebenso haben die Untersuchungen von Volger und Scharff dargethan, dass der Bau ein sehr mannigfaltiger und complicirter sei; die Brewster'schen Lichtfiguren aber erweisen dieses in einem noch höheren Grade. Wie muss eine Lagerung der Molecüle und eine Verschiedenheit ihrer Theile beschaffen sein, welche, wie z. B. am Calcit, für die Aetzung durch Salzsäure sich ganz anders verhält als für die durch Salpetersäure, und wenn nicht zu bezweifeln, dass alle Linien dieser Figuren Streifungen nach Richtungen andeuten, die zu ihnen rechtwinklich stehen, welcher Bau kann die Veränderungen hervorbringen, die mit jedem Hauche einer weiteren Aetzung wechseln und die mannigfaltigen Curven und Ranken, wie wir sie an den durch Salpetersäure geätzten Rhomboederflächen des Calcit und an vielen anderen Krystallen wahrnehmen!

Die theoretische Krystallogenie steht hier so zu sagen vor einem Spiegel, der alle Schwierigkeiten und Räthsel zeigt, die sie besiegen und lösen soll, und es ist vorläufig nicht abzusehen, dass sie je zu solcher Lösung gelangen wird. Schon Brewster sagte darüber — „in whatever way crystallographers shall succeed in accounting for the various secondary forms of crystals, they are then only on the threshold of their subject. The real constitution of crystals would be still unknown; and though the examination of these bodies has been pretty diligently pursued, we can at this moment form no adequate idea of the complex and beautiful organisation of these apparently simple structures.“ A. a. O. p. 164.

Fig. 1.

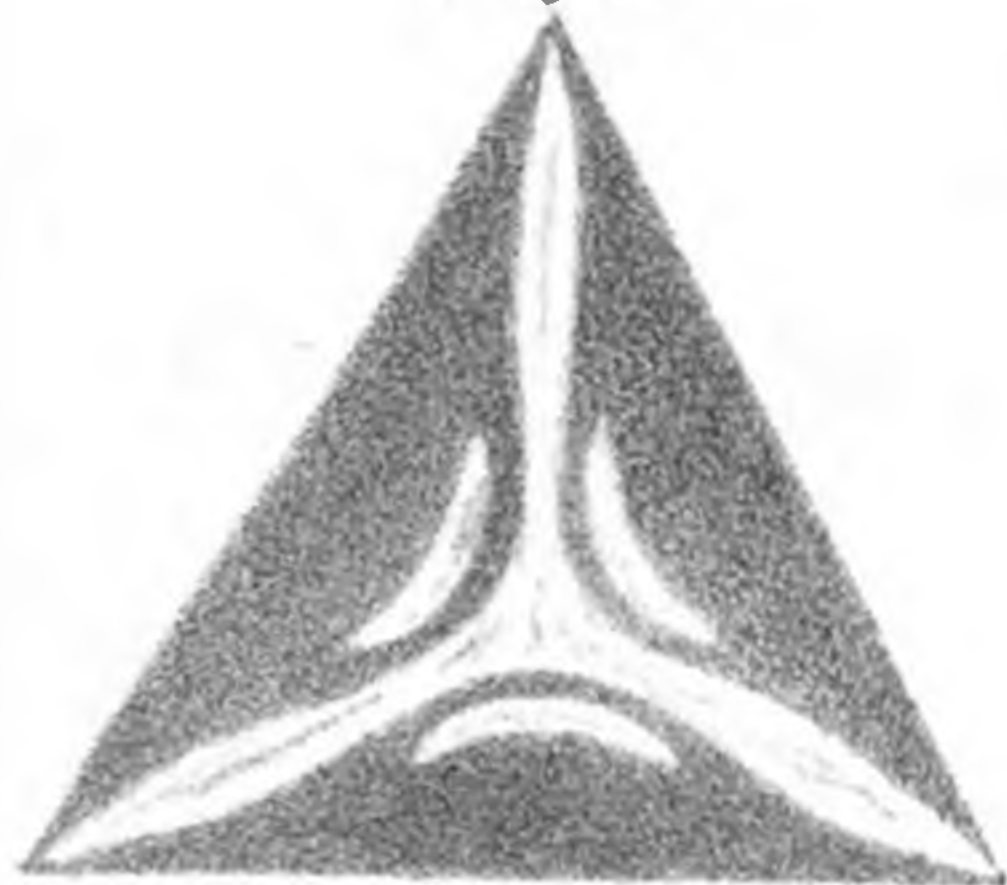


Fig. 2.



Fig. 3.

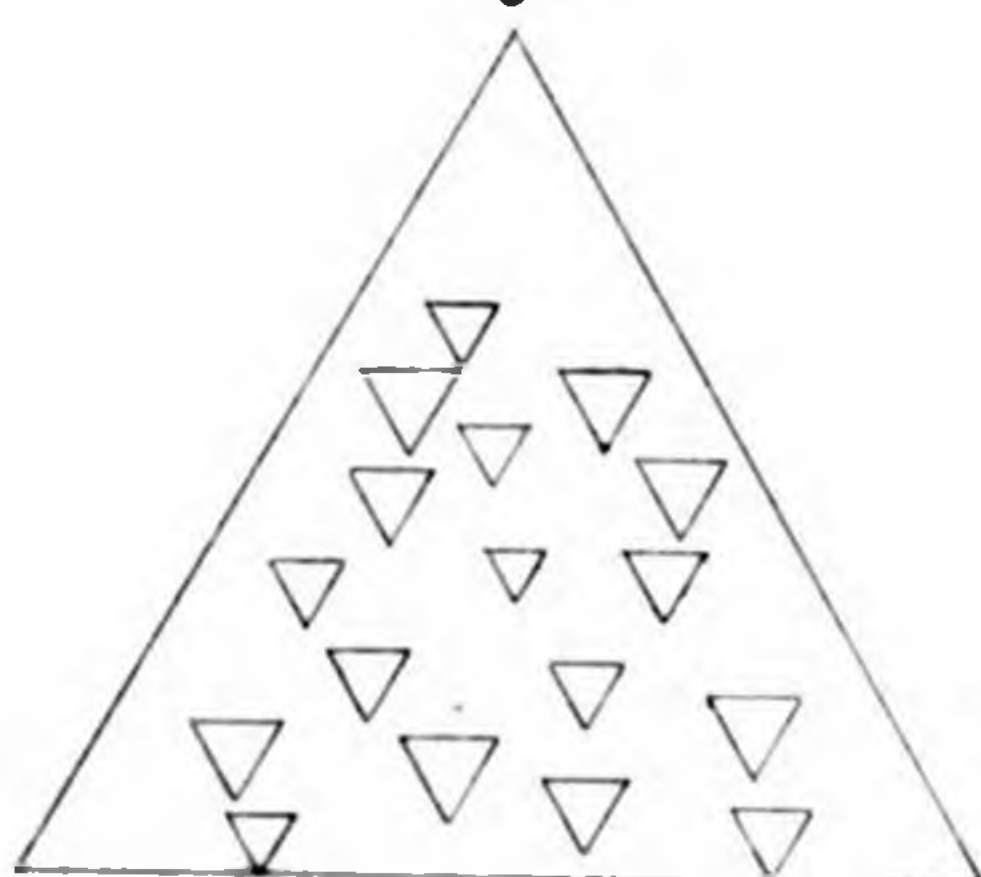


Fig. 4.

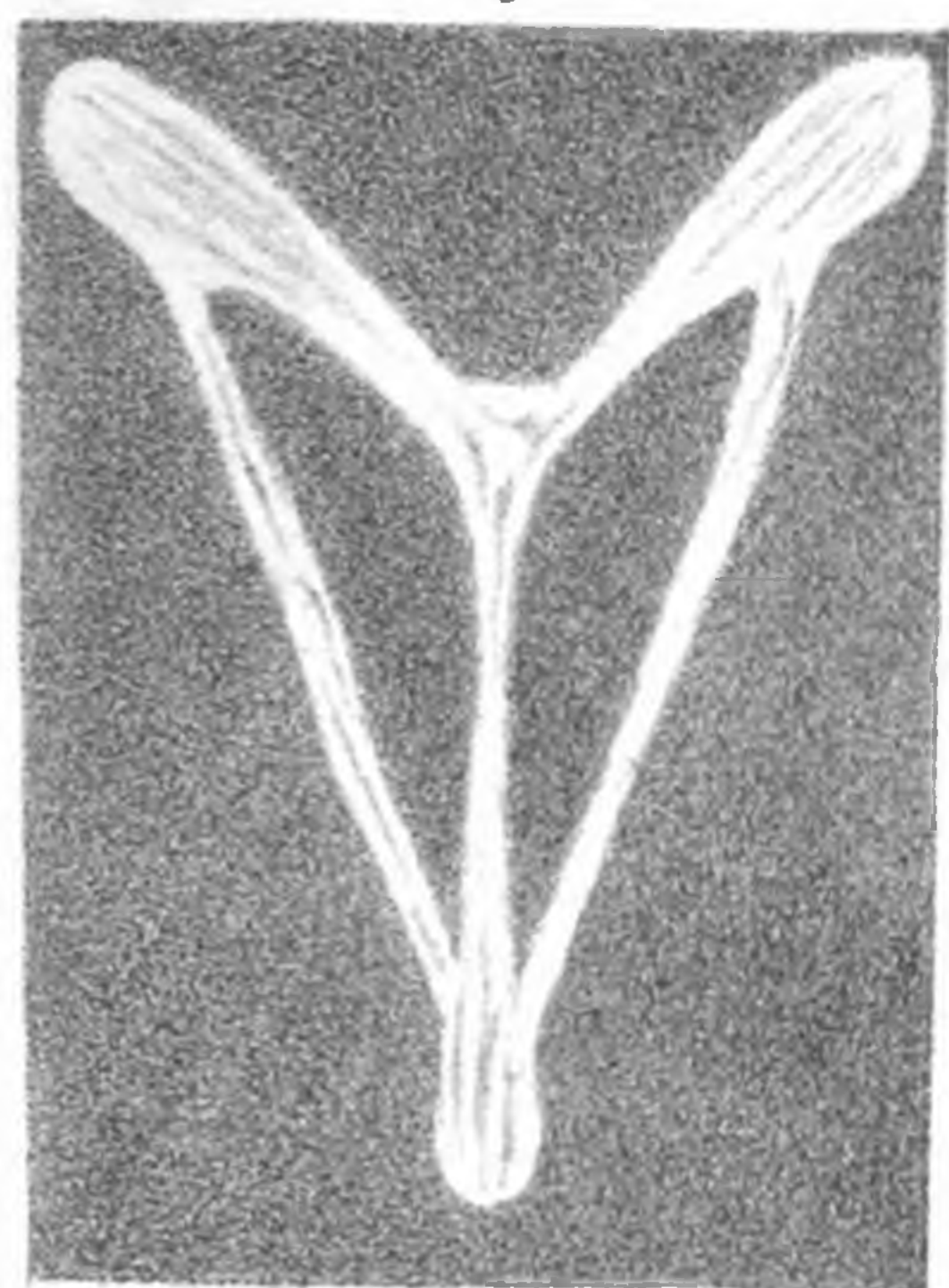


Fig. 5.



Fig. 6.



Fig. 7.

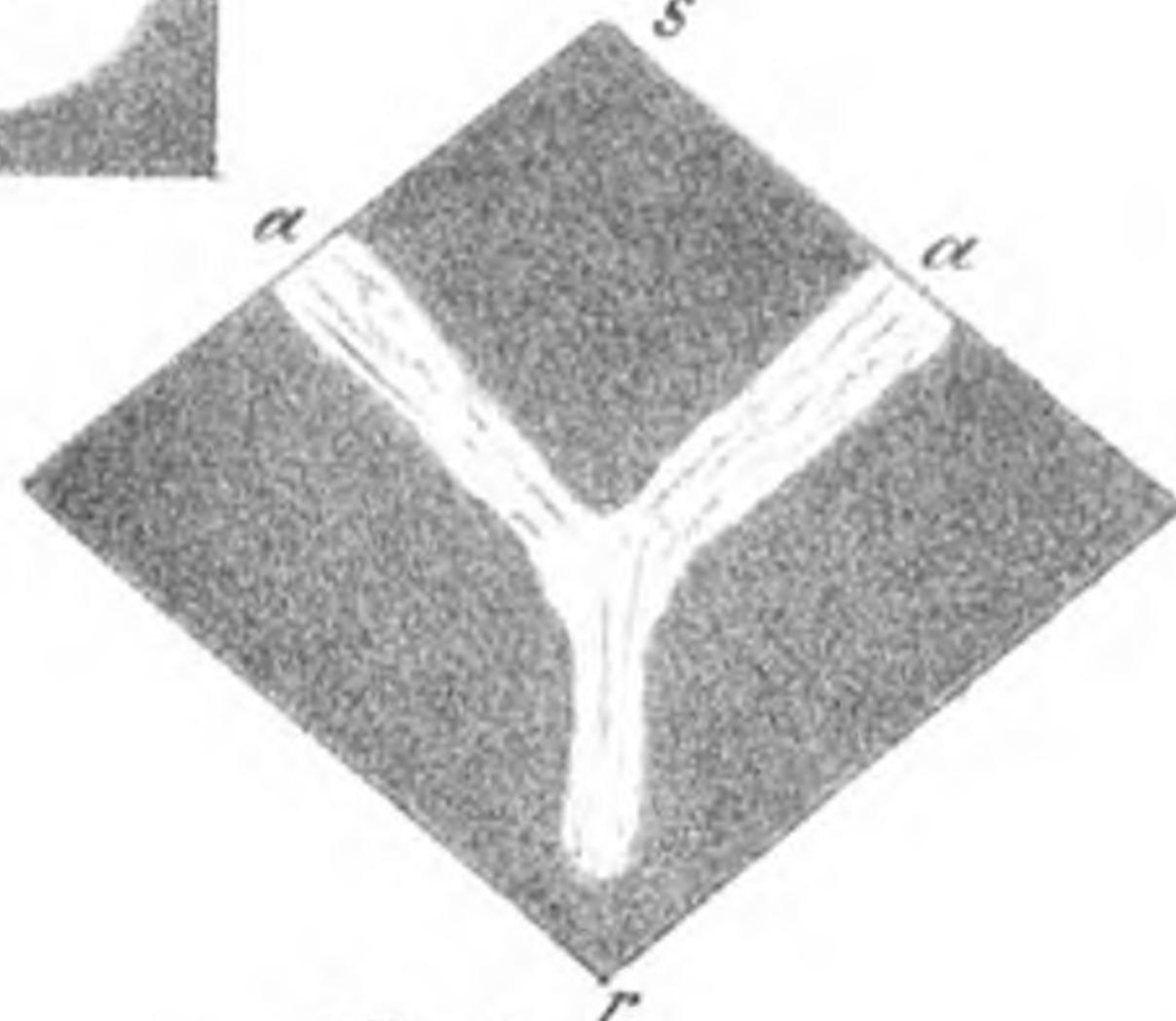


Fig. 8.



Fig. 9.

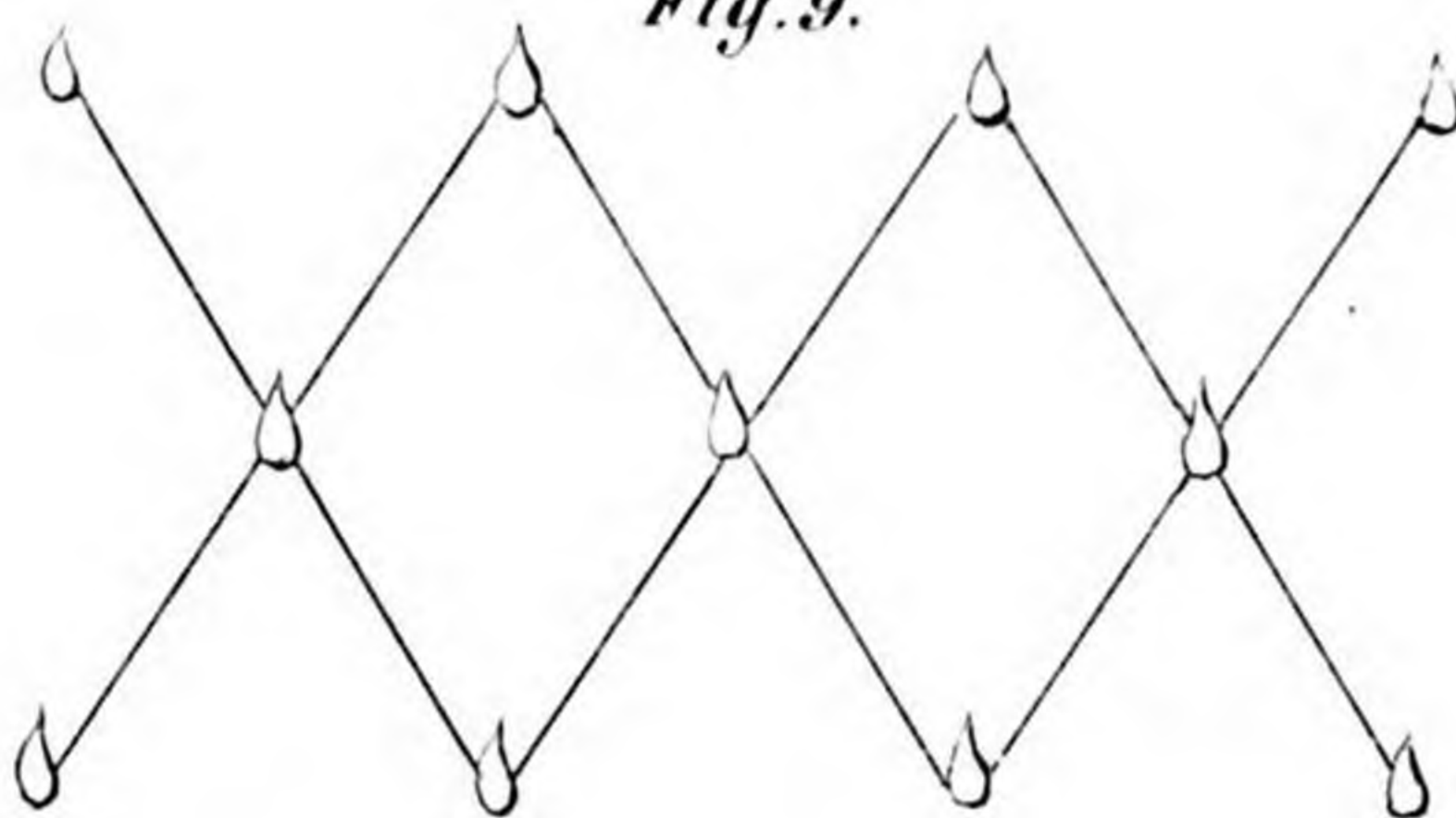


Fig. 10.

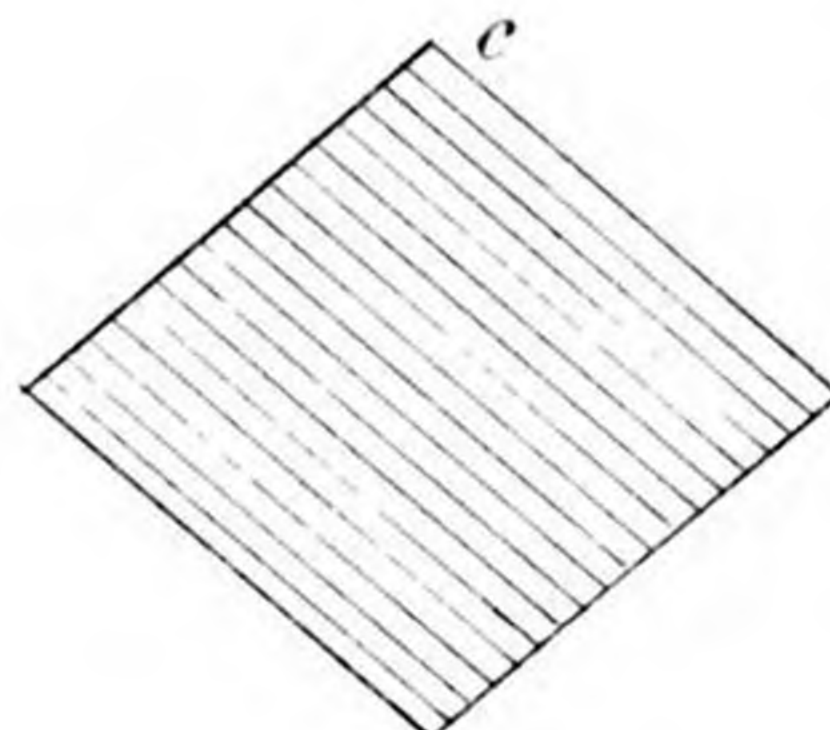
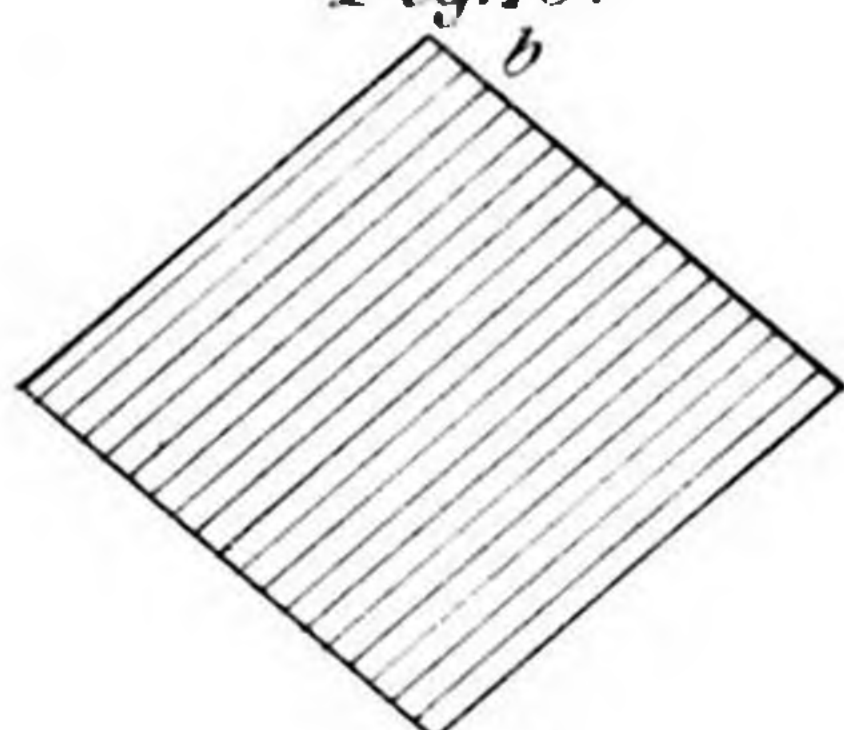
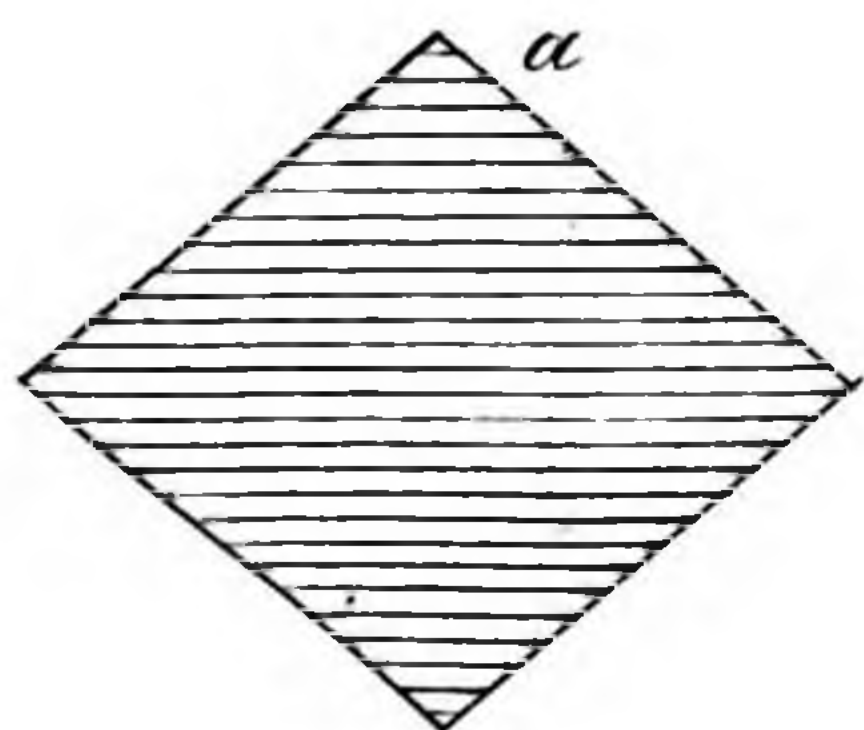


Fig. 11.

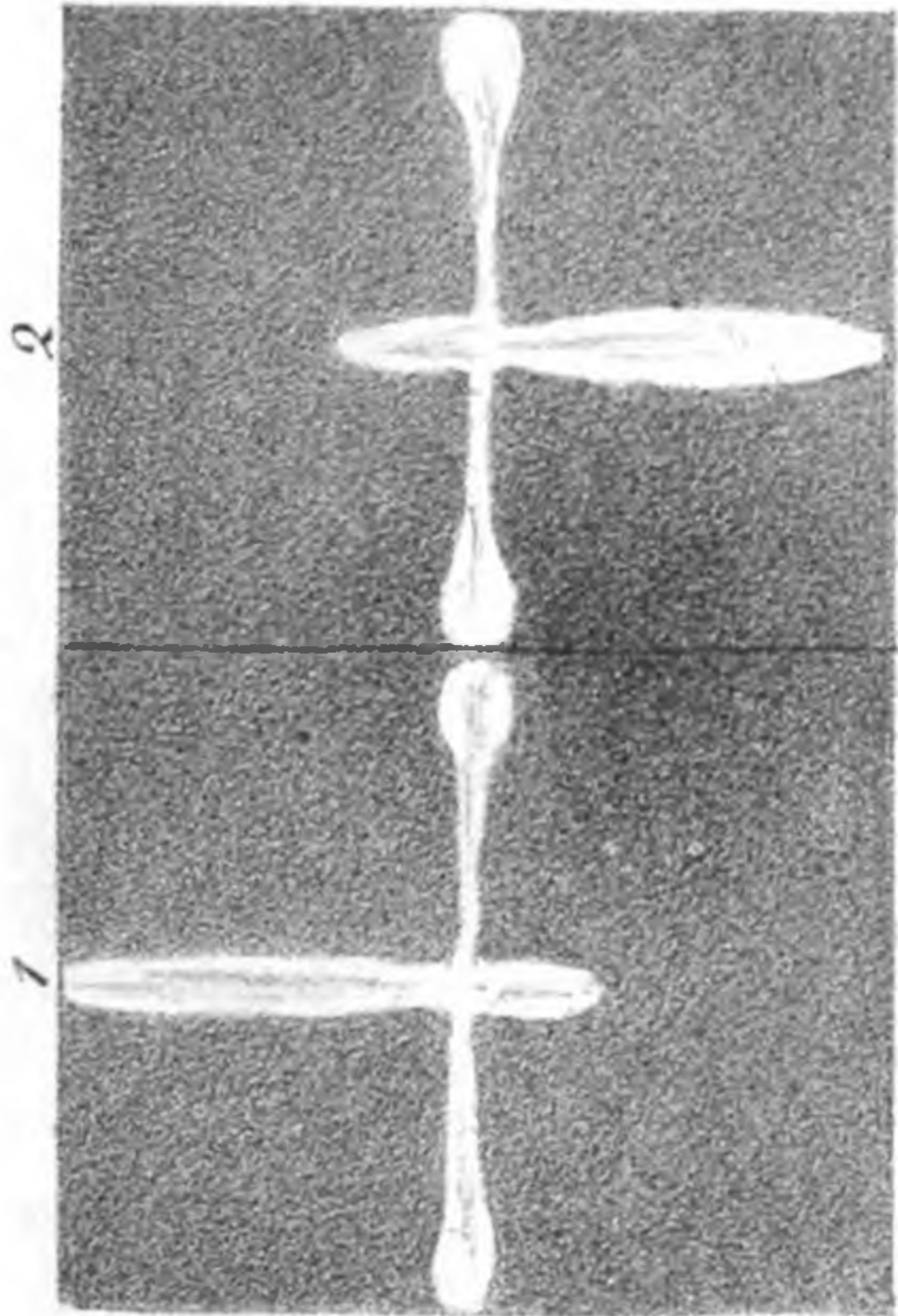


Fig. 12.

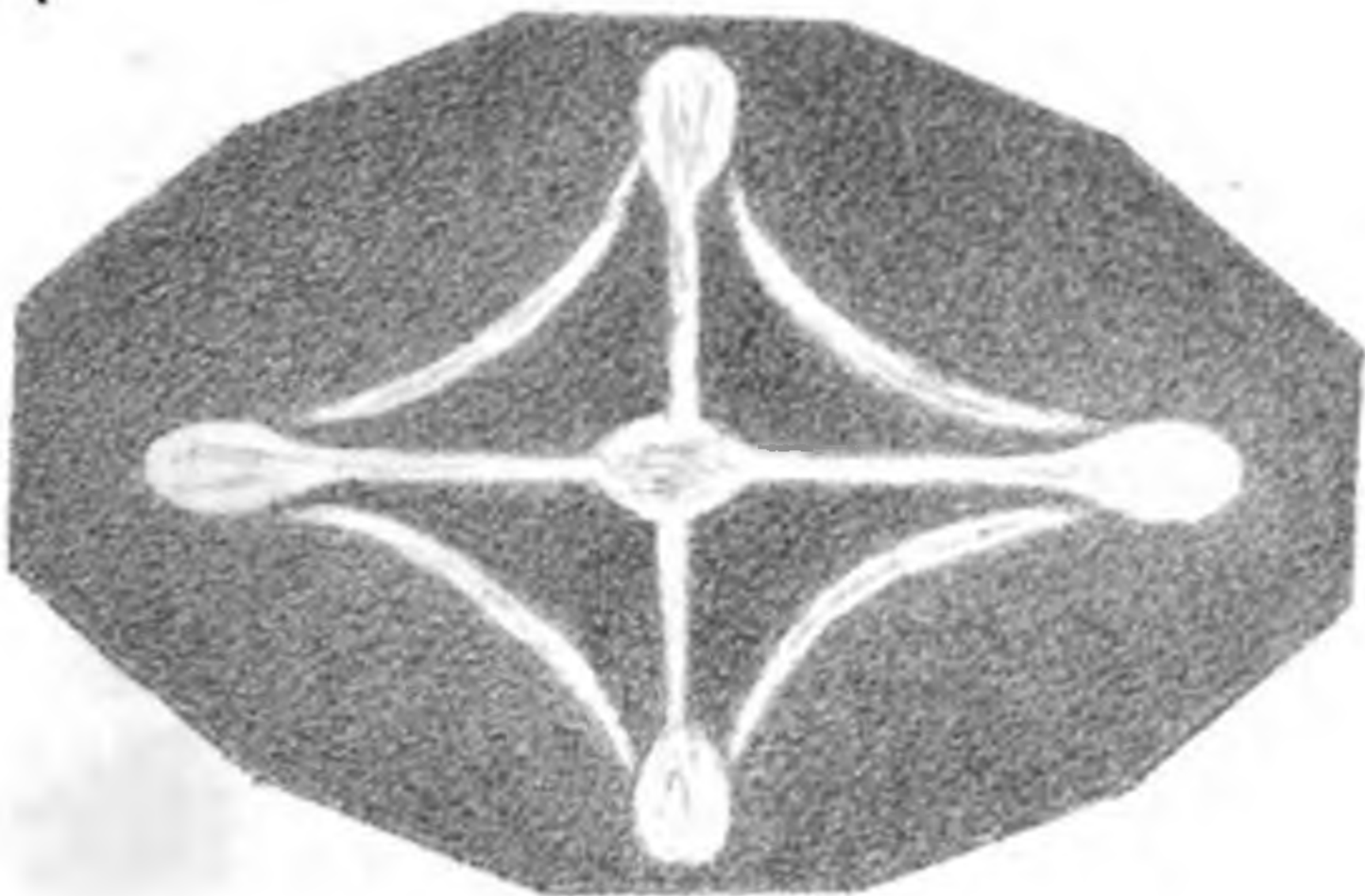


Fig. 13.

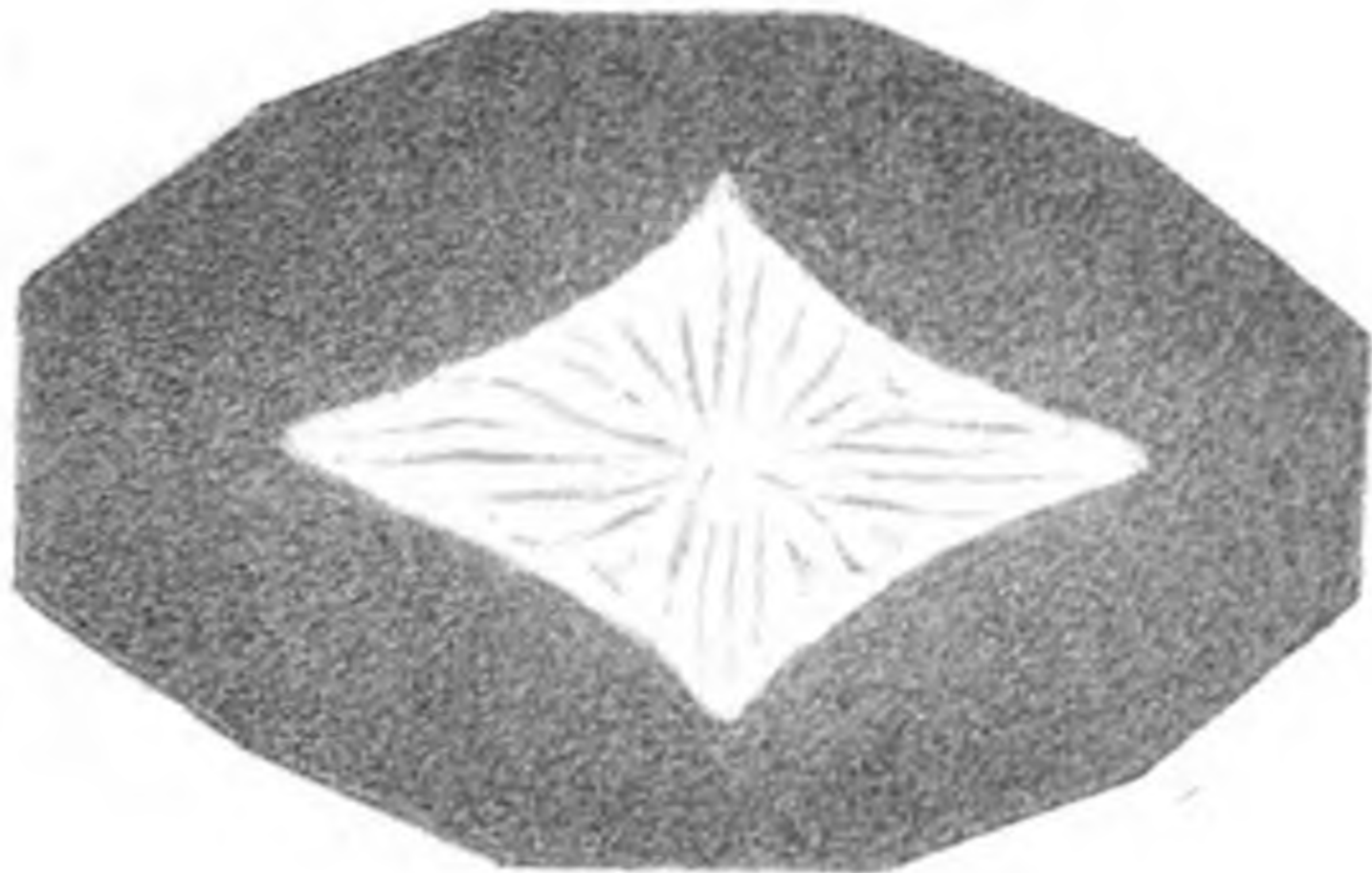


Fig. 15.

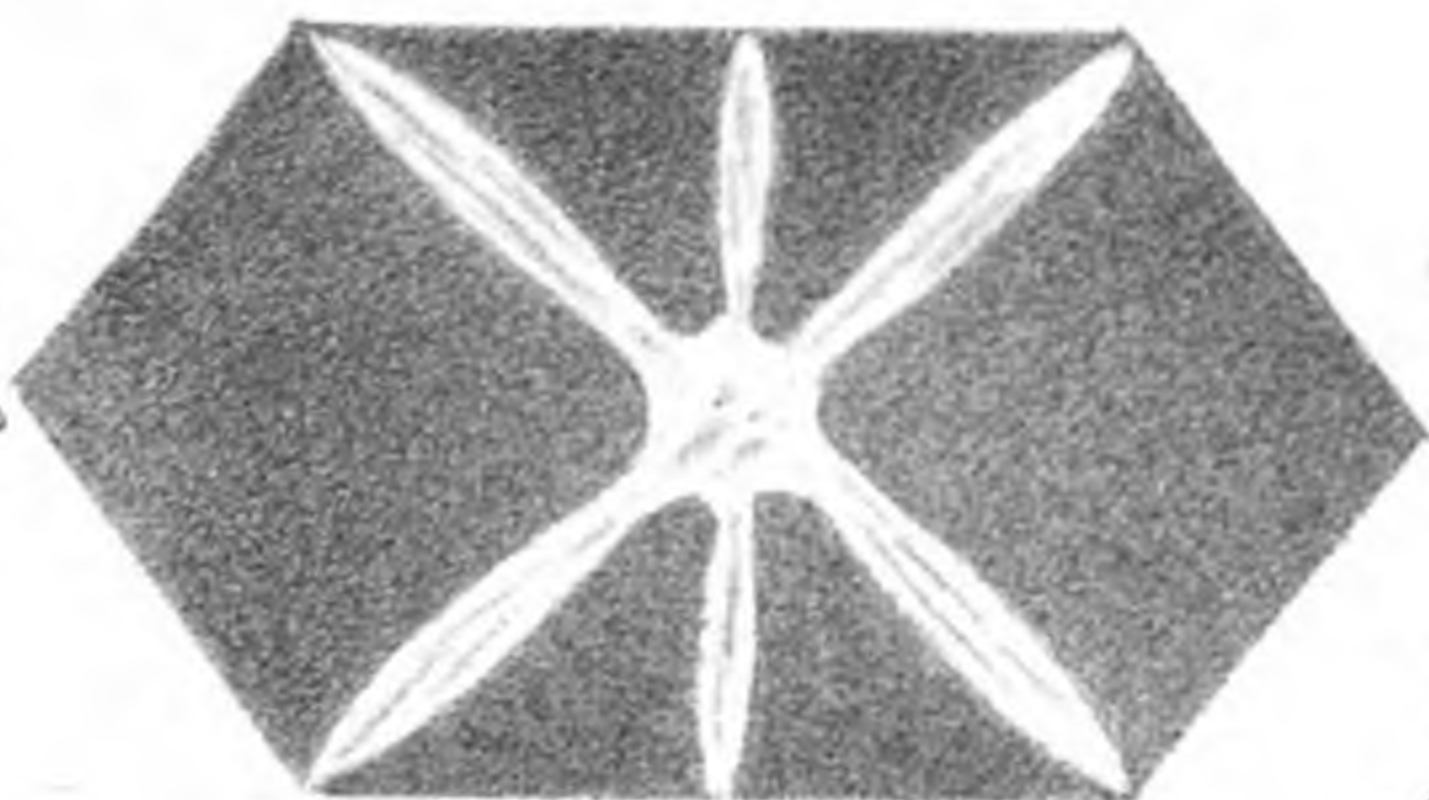


Fig. 16.

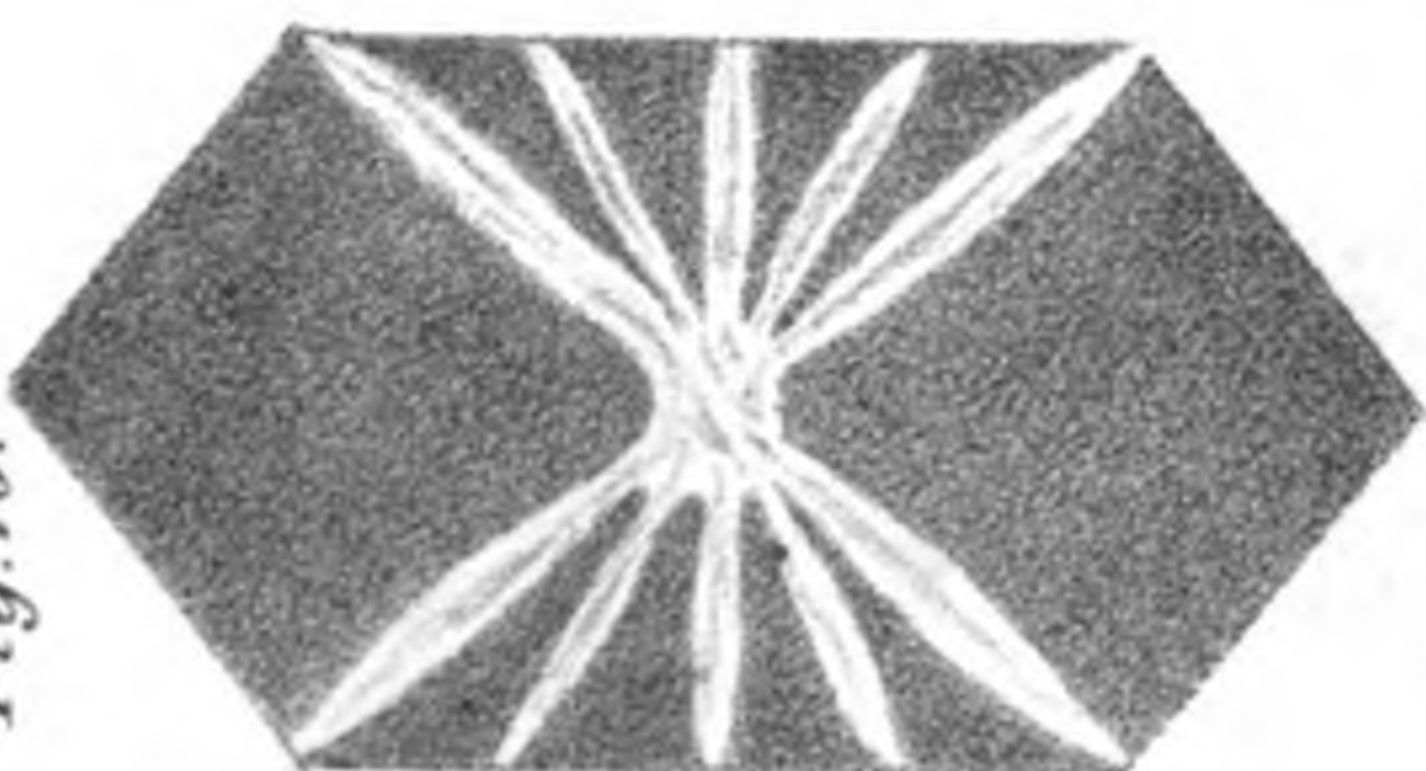


Fig. 14.

p

p

p

p

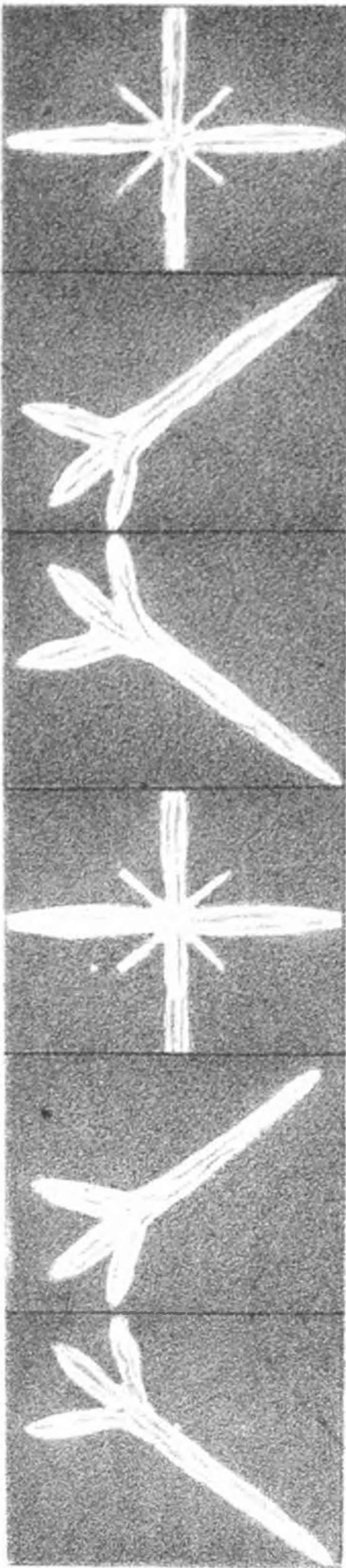


Fig. 18.

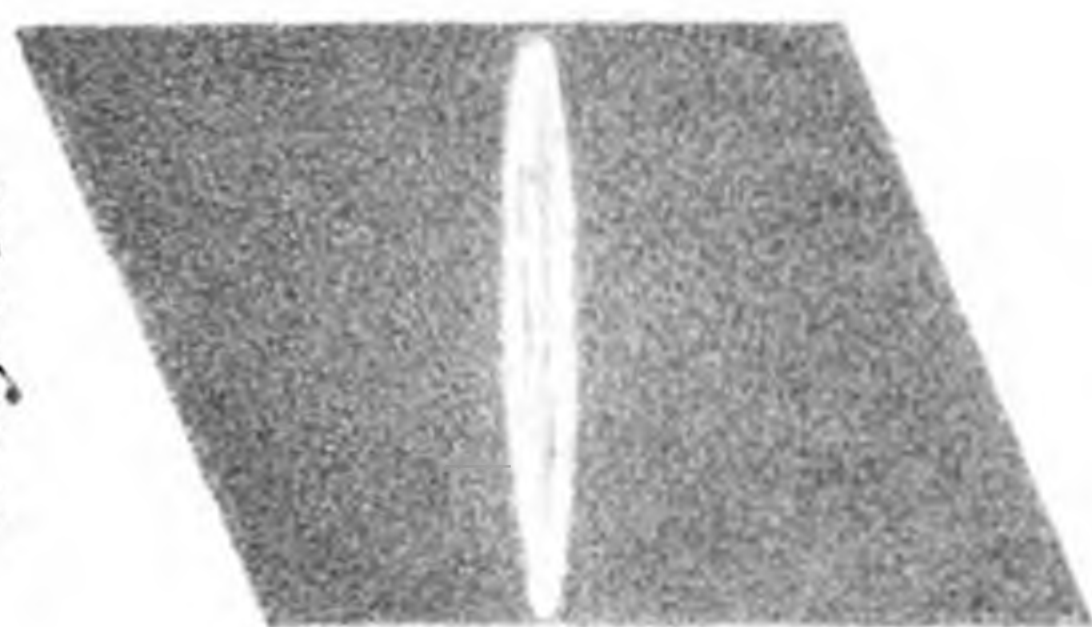


Fig. 17.

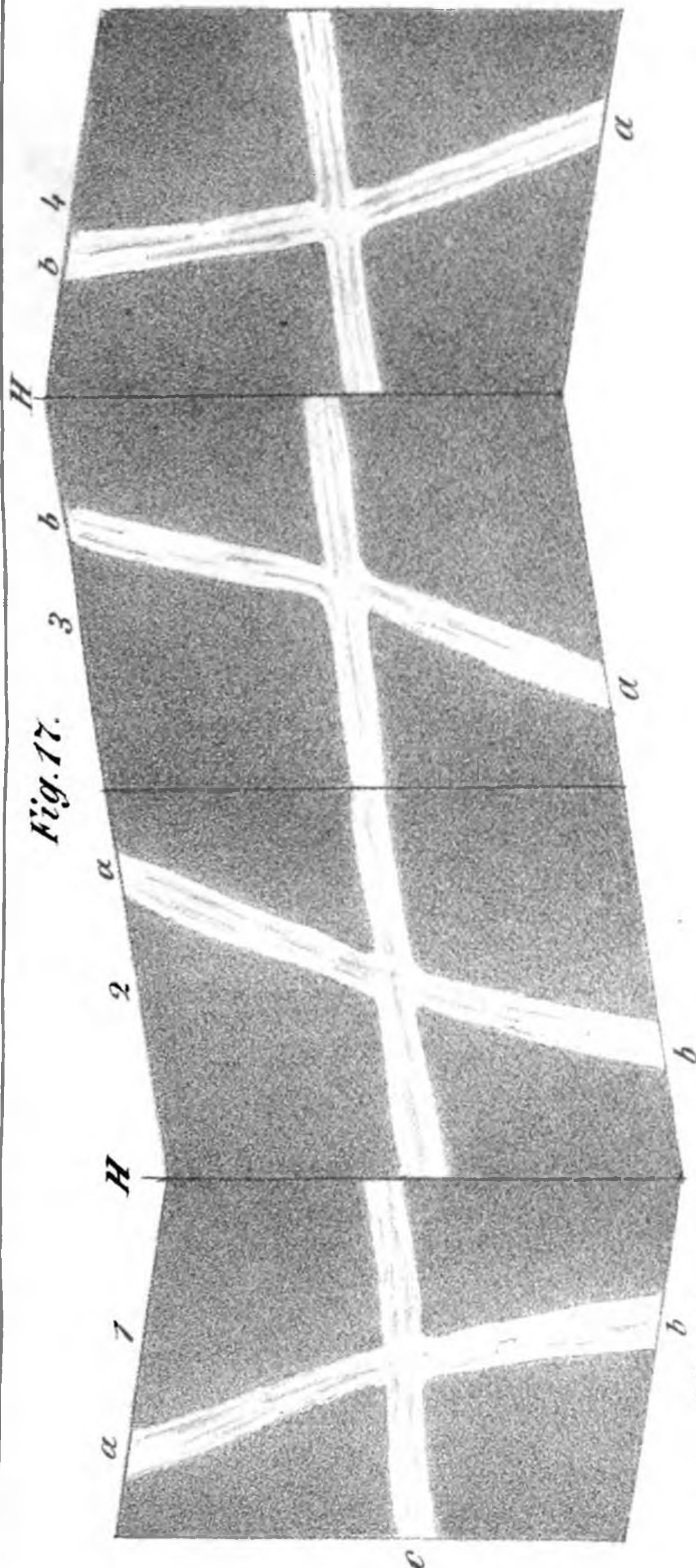


Fig. 19.

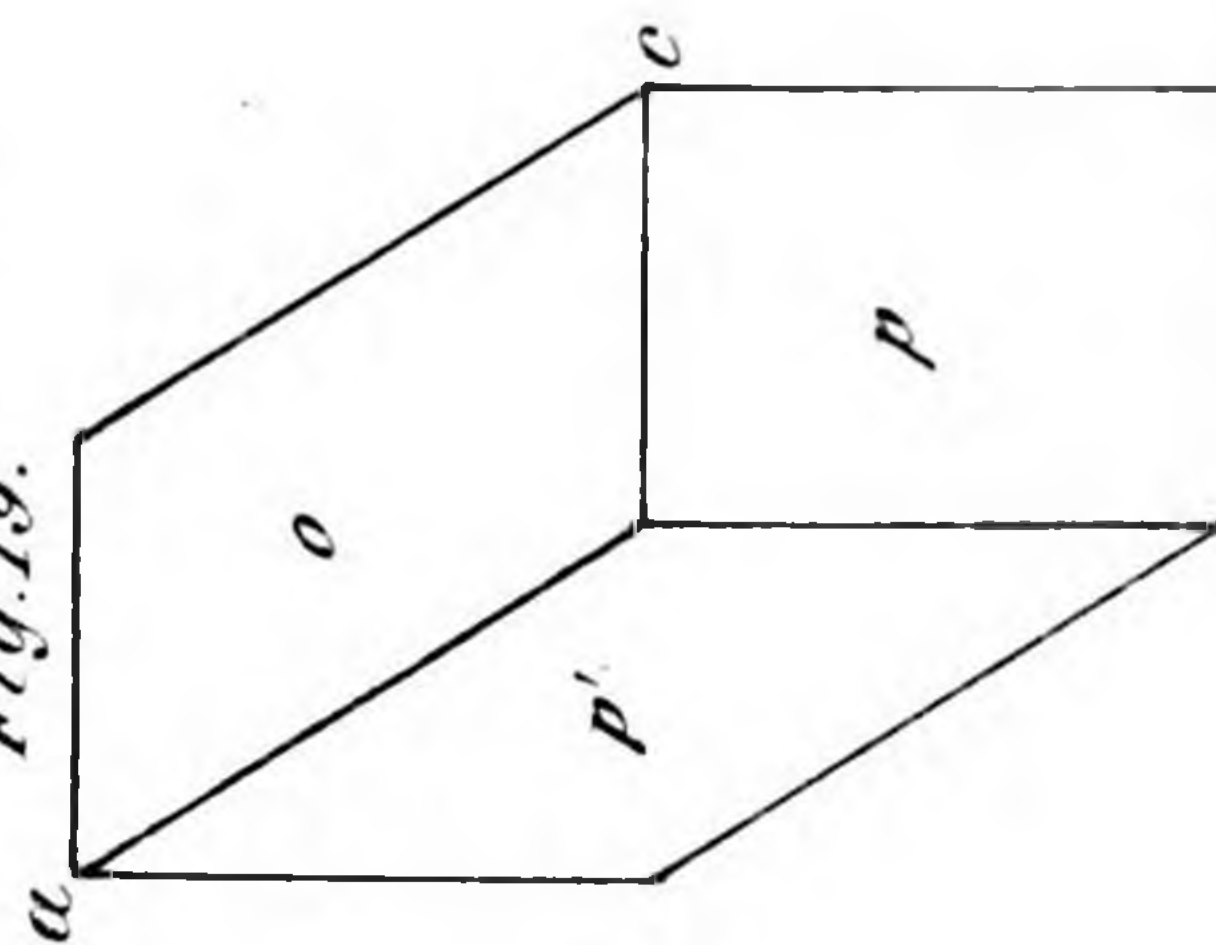


Fig. 20.



Fig. 21.

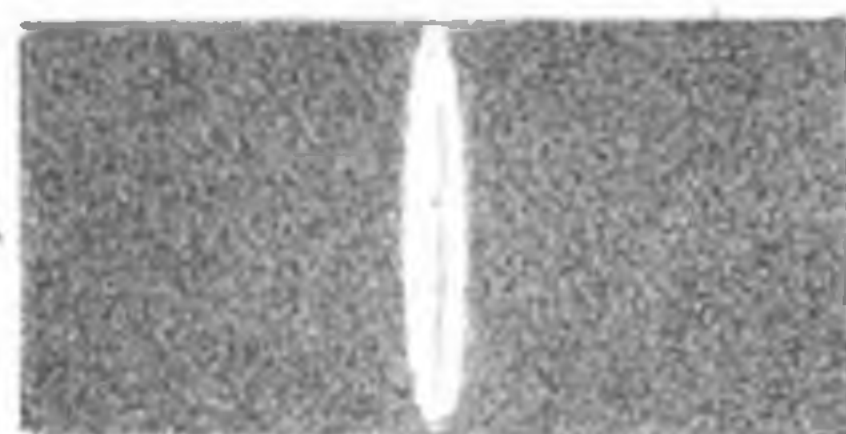


Fig. 22.

