

ISTOTA RÓŻNOPOSTACIOWOŚCI,

i stosunek odmiennych modyfikacyj ciał różnpostaciowych

przez

Dra Feliksa Kreutza

Profesora mineralogii w Uniw. Lwowskim.

(Rzecz przedstawiona na posiedzeniu Wydz. mat.-przyr. Akademii Umiej. w Krakowie d. 20 stycznia 1879 r.).

Mineralogija teoretyczna ma dwa główne ostateczne zadania, mianowicie poznanie dokładne zależności i łączności między postacią a innymi własnościami fizycznymi kryształów; tudzież wykrycie prawa zależności kryształów od ich składu chemicznego.

Zupełne poznanie praw zjawiska równo- i różnpostaciowości może, jeżeli nie doprowadzić, to przynajmniej bardzo znacznie przyczynić się do rozwiązania tych zagadnień, od którego, pomimo wyjaśnienia pewnych stosunków wzajemnych własności ciał, jeszcze dalecy jesteśmy. Bardzo wielka liczba prac, dotyczących zjawiska równopostaciowości (*Isomorphismus*), świadczy o ogólnem uznaniu ważności tego przedmiotu, którym się najznakomitsi badacze na polu chemii, mineralogii i fizyki zajmują; wypadki tych prac posiadają wielką doniosłość, nie doprowadziły jednak jeszcze do poznania właściwej istoty równopostaciowości.

Zjawiskiem różnopościowości (*Heteromorphismus*) zajmowano się dotychczas stosunkowo bardzo mało; chociaż, jak mniemam, właśnie poznanie istoty tego zjawiska doprowadziłoby nietylko do poznania związku, istniejącego między postaciami a innymi własnościami fizycznymi ciał, ale przyczyniłoby się znakomicie do poznania właściwej istoty równopościowości.

Różnopościowość, czyli własność ciał krystalizowania się w różnych postaciach i nabywania odmiennych fizycznych własności, jeżeli w różnych warunkach się tworzą, poznano, a raczej uznano dopiero 1821 r., chociaż już 1802 r. ogłosił był VAUQUELIN rozbiór¹⁾ kryształów Anatazu z Brazylii, z którego wynikało, iż ten minerał posiada skład chemiczny Rutylu, a przedtém jeszcze (1788 r.) wykazał KLAPROTH tożsamość składu chemicznego Aragonitu i Kalcytu.

Wypadek ten obudził wielkie zajęcie, a ponieważ był w sprzeczności ze zdaniem uważaném powszechnie za aksjomat, iż ciała jednakowego składu chemicznego tylko jednakowe kształty posiadać mogą, więc starano się (FOURCROY, VAUQUELIN, THENARD, BIOT), gdy usiłowania BERNHARDIEGO wyprowadzenia postaci Kalcytu z postaci Aragonitu zawiodły, wykryć jaką różnicę w składzie chemicznym tych minerałów. Spodziewano się mianowicie na podstawie przypuszczenia mineraloga angielskiego R. KIEWANA (1794 r.) że Aragonit prócz węglanu wapna, także węglan

¹⁾ H. ROSE potwierdził 1845 r. wypadek tego rozbioru i podniósł, że bezwodnik tytowy jest trójpostaciowy, ponieważ tworzy trzy różne minerały: Rutyl, Anataz i Brookit.

strontu zawiera, i rzeczywiście wykrył STROMEYER 1813 r. w kilku okazach Aragonitu Sr CO^3 , chociaż w zmiennnej i małej, najwięcej 4%, dosięgającej ilości.

Ponieważ Aragonit posiada kształty właściwe Strontyanitowi, który jest węglanem strontu, więc wnoszono z tego, że węglan strontu, nawet w małej ilości do węglanu wapna domieszany, ścina się z nim razem, (z powodu swój wielkiej siły krystalizacyjnej), w kształty sobie właściwe.

Chociaż w krótkce potem JOHN i BUCHOLZ (1815 r.) ogłosili wypadki rozbiorów Aragonitu, w których nie podają węglanu strontu, zbyt mało na nie zwrócono uwagi ¹⁾.

MITSCHERLICH dopiero odkrył właściwie i przedstawił jasno zjawisko różnpostaciowości, wykazując, że jedno i to samo ciało w różnych warunkach, mianowicie w różnej ciepłocie, utworzyć może kryształy różniące się pod względem postaci i innych własności fizycznych (*Kongliga Vetenskaps Akademiens Handlingar 1821*). Własność różnpostaciowości spostrzegł on najpierw na fosforanie sodowym kwaśnym w r. 1823 (*Ann. d. chim. et de phys. XXIV.*), tudzież wykazał, że kryształy siarki, jakie powstają przy oziębianiu jej roztopu, są jednoskośne, kryształy zaś, które się wydzielają z jej roztworu w roztworze siarczku węgla, są różnoosiowe. Wprawdzie A. KUPFFER starał się (*Poggend. Annal. 1824. T. II*) wyprowadzić

¹⁾ Nowsze rozbiory Kalcytu, w którym też w kilku okazach wykryto SrCO^3 usuwają zupełnie przypuszczenie, jakoby nieznaczna przymieszka SrCO^3 do CaCO^3 miała być przyczyną, że CaCO^3 także różnoosiowe kształty przyjmuje.

z różnoosiowej postać jednoskośnej siarki, nie wykazał jednak rzeczywistej zależności jednej modyfikacji od drugiej.

Z czasem poznano wiele minerałów, które z innymi we własnościach postaciowych i fizycznych od nich różnymi minerałami mają zupełnie jednakowy skład chemiczny; poznano też wiele sztucznie utworzonych połączeń nieorganicznych, a w nowszych mianowicie czasach znaczną ilość połączeń organicznych, które według odmiennego stopnia ciepłoty, lub też innych warunków, w jakich ze stanu ciekłego lub lotnego w stan stały przechodzą, postaciowo i fizycznie różne modyfikacje utworzyć mogą.

Prócz ciał, których znamy różne modyfikacje skryształizowane, bądź to jako różne gatunki minerałów, bądź też jako sztuczne utwory, posiada niewątpliwie jeszcze bardzo wiele innych ciał własność różnopostaciowości; możemy bowiem przypuszczać, że każde ciało, które znamy w postaciach właściwych pewnej modyfikacji innego ciała różnopostaciowego, mogłoby też w odpowiednich warunkach, przyjąć także kształty i innych modyfikacji tego drugiego ciała. Pojedyncze składniki skryształizowanego alijażu metali, znane dotychczas tylko w odmiennych postaciach, musimy uważać za równopostaciowe ze sobą i z alijażem, we wszystkich pojedynczym składnikom jakoteż ich alijażom właściwych modyfikacjach; są one zatem również jak ich alijaże ciałami różnopostaciowymi. Pojedyncze składniki połączenia izomorfowego, chociaż je tylko w odmiennych kształtach znamy, są prawie z wszelką pewnością równopostaciowymi nietylko ze sobą, ale też ze swemi połączeniami; posiadają więc

również jak ich połączenia własność różnopostaciowości.

Różnopostaciowość jest zatem nie wyjątkową, jak pierwotnie mniemano, ale bardzo powszechną, a może nawet ogólną własnością ciał.

Już przy odkryciu zjawiska różnopostaciowości spostrzeżono, że głównie od stopnia ciepłoty, w jakiej się ciało różnopostaciowe krystalizuje, zależy, którą z możliwych modyfikacyj przybierze. Wyjątkowo niejako mogą się téż utworzyć różne modyfikacje w tej samej ciepłocie, ale przy odmiennych innych warunkach, jak n. p. ciśnienie, rozcieńczenie roztworu, szybkość odparowania tegoż, które podobnie jak stopień ciepłoty na ułożenie cząsteczek kształtującego się ciała wpływają. Badając ściślej warunki istnienia różnych modyfikacyj i własności tychże, spostrzeżono téż, że pewne modyfikacje wielu ciał trudniej się rozpuszczają i topią, że są w ogóle trwalsze od innych modyfikacyj tych ciał.

Równocześnie prawie (z poznaniem wpływu ciepłoty na ukształcanie się ciał) przekonano się, że modyfikacje wielu ciał różnopostaciowych przeistaczają się w skutek zmian ciepłoty wprost bez przejścia przez stan ciekły, w inne tym ciałom właściwe stałe modyfikacje, i że każda modyfikacja tych ciał tylko w pewnych granicach ciepłoty istnieć może. Własność tę ciał stałych przeistaczania się bezpośrednio w inne modyfikacje stałe, którą nazwano paramorfozą, odkrył również MITSCHERLICH (Pogg. Ann. T. XI. 1827). Bardzo pouczające doświadczenia nad przeistaczaniem się modyfikacyj licznych ciał różnopostaciowych ogłosił O. LEHMANN w rozprawie „*Ueber*

physikalische Isomerie“ (*Zeitschrift der Krystallographie und Mineralogie* v. P. GROTH T. II. 1877).

W téj pięknej rozprawie, a ostatniej ze znanych mi ważniejszych prac dotyczących przedmiotu tego artykułu, oznacza LEHMANN nazwą izomeryja fizyczna własności ciał, pospolicie za różne uważane, jako to: izomeryję fizyczną, allotropiję, różnopościowość i „trzy stany skupienia ciała“, uważając te wyrazy tylko za różne nazwy tego samego zjawiska. Nazwę różnopościowości usuwają dziś w ogóle, jest ona jednak uzasadnioną, jeżeli nią się oznacza jedynie możność ciał ukształtowania się w odmienne modyfikacje (bez względu na modyfikacje bezpostaciowe) gdyż najwybitniejszą cechą kryształów jest postać, która stoi w najściślejszym stosunku z innymi własnościami ciała. Omawianie stosunku skrysztalizowanych modyfikacji ciał, odrębnie od stosunku bezpostaciowych do skrysztalizowanych modyfikacji, a tém więcej stosunku trzech stanów spojności ciał, jest niewątpliwie usprawiedliwione; zwłaszcza, że właściwej istoty różnopościowości jeszcze wcale nie znamy, nie znamy bowiem przyczyny i jakości téj różnicy w budowie¹⁾ różnych skrysztalizowanych modyfikacji ciał, czyli w ułożeniu ich cząsteczek składowych, od której zależą różnice ich postaciowych, i innych fizycznych własności, nieznamy mianowicie stosunku zachodzą-

¹⁾ Według dzisiejszych pojęć o budowie ciał składają się najdrobniejsze cząsteczki, jakie jeszcze jako całość ruch cieplikowy odbywają, a które drobinami fizycznymi lub kryształowymi albo po prostu partykułami lub cząsteczkami nazywamy, jeszcze z drobin chemicznych, złożonych z atomów.

cego między własnościami postaciowemi różnych modyfikacyj jednego ciała. Teoryje, któremi tłómaczą zjawisko różnopościowości, nie są zupełnie przeprowadzone, i nie wykazują jeszcze stosunku między postaciami odmiennych modyfikacyj; a niektóre hipotezy nie posiadają nawet dla przypuszczeń naukowych niezbędnego uzasadnienia.

Z dotyczących teoryj posiadała do niedawna najwięcej zwolenników teoryja, według której modyfikacje ciała różnopościowego różnią się w swym ciężarze drobinowym, sprawującym inne dostrzegane różnice tych modyfikacyj.

Przypuszczenie to uważają i przeciwnicy téj teoryi za możliwe, lecz nie widzą dostatecznego powodu do tego właśnie przypuszczenia.

Głównéj różnicy modyfikacyj ciała różnopościowego dopatrywał się A. BRZEZINA w odmienném ułożeniu ich cząsteczek składowych, nazywając różnopościowością różnicę w ułożeniu cząstek składowych téj saméj materji; pisze bowiem w nader ważnéj rozprawie „*Ueber das Wesen der Isomorphie und die Feldspathfrage*“ (*Mineralog. Mittheil. v. TSCHERMAK 1875*) na str. 19. „*Die Verschiedenheit der Anordnungsweise bei gleicher Substanz wird mit dem Ausdrücke Dimorphie (Polymorphie) bezeichnet*“, a na str. 20 „*Eine Substanz ist dimorph (polymorph) wenn sie zwei (mehrere) Modificationen von gleicher procentueller chemischer Zusammensetzung und verschiedener Anordnungsweise besitzt*“. --

RAMMELSBERG w dziele z tego samego roku („*Handbuch der Mineralchemie 1875. str. 51*) przypuszcza odmienne ułożenie symetryczne drobin kryształowych

jako, tylko tymczasowo wystarczające tłumaczenie różnopostaciowości, i podnosi możliwość przypuszczenia, że drobiny kryształowe jednej modyfikacji ciała różnopostaciowego składają się z większej ilości drobin chemicznych, niż drobiny kryształowe drugiej modyfikacji. Dziś przyjmują prawie powszechnie, że odmienna ilość drobin chemicznych w drobinach fizycznych stanowi istotę i powód istnienia różnopostaciowości.

AUG. LAUBENHEIMER rozwinął to zdanie jako teorię izomeryi fizycznój i starał się ją uzasadnić (w *Berichte d. deutsch. chem. Gesellsch.* 1876. str. 766; Sill. Am. I. (3) 12.214). Na podstawie wniosku ALEKS. NAUMANNA (*Ueber Molekülverbindungen nach festen Verhältnissen.* Heidelberg 1872. str. 53, jakoteż GMELIN-KRAUT *Handbuch' d. Chemie*, wyd. 6. I. str. 293), iż ciała stałe składają się z drobin kryształowych, złożonych z drobin chemicznych, przypuszcza LAUBENHEIMER, że w ciałach fizyczno-izomernych drobiny kryształowe modyfikacji trwalszój, z większój składają się ilości drobin chemicznych, niż drobiny kryształowe mniej trwałych modyfikacyj. Różnica ta w ilości drobin chemicznych, składających drobiny fizyczne różnych modyfikacyj, ma być przyczyną różnicy ich topliwości; gdyż, jeżeli drobiny kryształowe modyfikacyj trwalszych, składają się z większój ilości drobin chemicznych, niż drobiny kryształowe innych modyfikacyj, to posiadając więcéj od tychże masy, silniéj się przyciągają i tém samém większy stawiają opór rozpiérającej je sile ciepła, niż drobiny kryształowe mniej trwałych modyfikacyj.

Przyczyną, że przy słabszém ogrzaniu materyi powstają trwalsze, przy mocniéjszém zaś jój ogrzaniu mniej trwale modyfikacyje, ma być okoliczność, iż w cieczy otrzymanej przez stopienie modyfikacyi trwałej, w temperaturze topienia się téj modyfikacyi, znajduje się jeszcze nieco nierozszczepionych drobin kryształowych téj stałej modyfikacyi, które sprawiają, że ciecz oziębiona ścina się w modyfikacyję trwałą; przy dostatecznie silniéjszém ogrzaniu téj cieczy rozpadają się wszystkie drobin y kryształowe trwalszój modyfikacyi na mniejsze odłamki, a z cieczy może się w skutek następnego oziębienia mniej trwała modyfikacyja ukształtować. Obce ciała będące w styczności z kształtującą się materyją, mają przeszkadzać tworzeniu się więcéj skomplikowanych drobin kryształowych, a tém samém przyczyniać się do powstania mniej trwałych modyfikacyj.

O. LEHMANN (w powyżej przytoczonej rozprawie o fizycznój izomeryi, pod którą to nazwą rozumie zjawiska oznaczone nazwami: izomeryja fizyczna, allotropija, różnpostaciowość i trzy stany skupienia) rozróżnia ciała w szérszém znaczeniu fizyczno-izomerne na 1) „fizyczno polymerne“ i 2) „fizyczno metamerne“. Do piérwszego rzędu ciał t. j. do fizyczno polymernych „*physikalisch polymere*“ zalicza on przeważną część ciał dotychczas znanych w różnych modyfikacyjach, i przypuszcza, że do téj klasy należą minerały, które różnpostaciowými nazywamy. Różnica modyfikacyj tych ciał ma polegać na odmiennój ilości drobin chemicznych, z których składają się ich drobin y fizyczne. W skutek zmiany ciepłoty, przeistaczają się łatwo modyfikacyje tak w jednym, jakotéż i w od-

wrotnym kierunku. Przeistoczenie się jednej modyfikacyi w drugą ma być spowodowane w jednym kierunku rozpadaniem się większych drobin na mniejsze i dlatego bywa przy tém ciepło zużyte, przeistaczanie się zaś w drugim kierunku ma być objawem łączenia się mniejszych drobin w większe, przyczém ciepło się wywiązuje.

Do drugiej klasy, z której tylko kilka ciał przytacza, a między niemi właśnie te, na których zachowaniu się oparł LAUBENHEIMER swoją teorię, (przez LEHMANNĄ zupełnie dla ciał piérwszej klasy t. z. fizyczno-polymernych przyjętą) zalicza on te ciała, których modyfikacje różną posiadają trwałość. Mniej trwała modyfikacja jest od trwalszej łatwiej topliwą i można ją w wielu przypadkach w trwalszą modyfikację przeprowadzić, co się jednak w odwrotnym kierunku nie daje uskutecznić. Te własności trwalszych i mniej trwałych modyfikacyj mają wskazywać, że ich drobinny fizyczne składają się z jednakowej ilości drobin chemicznych, które jednak w drobinach fizycznych jednej modyfikacyi inaczej są ugrupowane, niż w drobinach fizycznych drugiej; i z tego powodu nazywa on ciała téj klasy fizyczno-metamernami („*physikalisch metamere*“).

Chociaż między zjawiskami, zwanemi przez LEHMANNĄ izomeryją fizyczną, zachodzi niewątpliwie bardzo wielka analogija i one wiele wspólnych cech posiadają, zdaje mi się jednak, że teoria powyższa nie da się w zupełności, w jednakowej mierze do każdego z nich zastosować. Postawiwszy sobie zadanie szczyplejszego zakresu, nie mam zamiaru krytykowania téj teorii w ogóle, i tylko o jój wartości jako teo-

ryi różnopostaciowości pewną wątpliwość wyrazić mogę. Łatwo mi bowiem wyobrazić sobie, że drobiny gazu w wysokiej temperaturze na mniejsze się rozpadają, lub że rozpadają się drobiny fizyczne ciała stałego lub ciekłego, gdy w skutek ogrzania przechodzi w stan gazowy; lecz trudniej mi pojąć, by w ten sam sposób przez rozpadanie się drobin kryształowych na większą liczbę mniejszych drobin, zatém tylko przez tak doniosłe i niejako gwałtowne przewroty zmieniały się własności kryształów. Teoryja ta zdaje się być w sprzeczności z własnością niektórych modyfikacyj ciał różnopostaciowych, które chociaż w wyższej ciepłocie powstały, są gęściejsze od modyfikacyj, tworzących się w niższej ciepłocie, tak n. p. zamienia się cyna w skutek oziębienia w modyfikację mniejszego ciężaru gat., Aragonit posiadający większy cięż. gat. od Kalcytu tworzy się zwykle w wyższej temperaturze niż ostatni, a przez silne ogrzanie zamienia się jeszcze w proszek nieprzejrzysty, posiadający cięż. gat. Kalcytu; ten to proszek może trzecią modyfikację węglanu wapna przedstawia; równoosiowe modyfikacje As^2O^3 i Sb^2O^3 posiadają mniejszy ciężar gat. niż modyfikacje różnoosiowe, chociaż się ostatnie prawdopodobnie w wyższej temperaturze utworzyły.

Okoliczność, że przy przeistaczaniu się modyfikacyj ciepło się wywiązuje lub zostaje zużyte, przytoczona jako dowód, że przy przeistaczaniu się modyfikacyj drobiny kryształowe rozpadają się na mniejsze lub odwrotnie łączą się w większe drobiny, może być téż skutkiem zgęszczenia lub rozrzedzenia ciała.

Zarzuty tu podniesione są po części zbyt indywidualnej natury, po części zaś za słabe i niedosta-

teczne a nawet i niepewne, by mogły zachwiać tą piękną i dobrze uzasadnioną teorią; na pierwszeństwo zasługiwałyby jednak teoria prostsza, niemniej od pierwszej dostatecznie poparta.

W dalszym ciągu tej rozprawy usiłowałem wytłómaczyć przebieg przeistaczania się kryształów odmiennych modyfikacyj mniej gwałtownymi przewrotami w ich budowie, niż przewroty, jakie powyżej opisana teoria przyjmuje; wytłómaczenie paramorfozy byłoby oraz wytłómaczeniem przyczyn istnienia różnych modyfikacyj ciał stałych, i ich różnicy, a zatem i wytłómaczeniem zjawiska różnopostaciowości.

Liczne doświadczenia krystallogenetyczne pouczają, że kształty, jakie ciało przybiera, zależą po części od różnych warunków oddziaływających na kształtujące się ciało, jak ciśnienie, gęstość i szybkość odparowania roztworu, przyciąganie przez ciała obce, szybkość zmian ciepłoty, jej stopień i inne warunki fizyczne.

Najdokładniej znany nam jest wielki wpływ ciepłoty na kształtujące się ciała, wiemy bowiem, że przeważnie od stopnia ciepłoty zawisło, która z możliwych modyfikacyj jakiegoś ciała się utworzy, i że wiele modyfikacyj ciał różnopostaciowych tylko w pewnych granicach ciepłoty istnieć może, po których przekroczeniu bezpośrednio przeistaczają się na inne. Chociaż zatem i inne warunki zupełnie taki sam wpływ na kształtowanie się ciał jak ciepłota wywierać mogą, to najłatwiej możemy poznać przebieg przeistaczania się kryształów, a zatem także istotę różnicy odmiennych modyfikacyj skryształizowanych ciał, jeżeli uwzględnimy przede wszystkim zmiany jakie sprawia

zmiana ciepłoty w ciałach stałych w ogóle, a szczególnie w kryształach.

Zmiana ciepłoty w granicach nie dosięgających stopnia, przy którym ciało przechodzi w stan ciekły lub gazowy, sprawia, że objętość ciała się zmienia, a to w skutek zmian w ułożeniu drobin fizycznych, które odpowiednio zmianom ciepłoty więcej się zbliżają lub też rozstępują. Doświadczenia MITSCHERLICH (Pogg. *Annal.* 10,137 i 41,213), FIZEAU (*Compt. rend.* T. 62,1101. Pogg. *Annal.* T. 128 i T. 135) i PFAFFA (*Pogg. Annal.* T. 104,171 i T. 107,151) nauczyły nas, że ogrzewane kryształy rozszerzają się jednakowo w kierunkach jednakowych osi, a w różnej mierze w kierunkach osi różnej wartości. Różnica rozszerzalności w różnych kierunkach osiowych, jest u niektórych kryształów jak n. p. Jodytu, Kalcytu, Szmaragdu, Dyjopsydu, Adularu, tak wielką, że kryształ już przy stosunkowo niezbyt wielkiem podwyższeniu ciepłoty (jakiego przy dotyczących doświadczeniach tylko użyć można) tak znacznie rozszerza się w jednym a ściga się w drugim kierunku, że nie tylko zmienia się jego objętość i inne mianowicie od gęstości zawisłe własności, ale nawet rozwartość krawędzi, która jest funkcją ciepłoty, a więc i kształt kryształu.

Kryształy anizotropowe posiadają zatem w różnej ciepłocie częściowo cechy różnych modyfikacji ciał różnopostaciowych. Przyczyną zjawiska, że kryształy anizotropowe dostatecznie ogrzane w pewnych kierunkach się wydłużają, w innych zaś kierunkach się ścigają, może być jedynie różnica w stopniu przyciągania się drobin kryształowych w kierunkach różnych

osi, albowiem drobiny w kierunku, w którym się silniej przyciągają, większy stawiają opór rozpiérającój je sile ciepła, niż w kierunku, w którym na siebie słabiej oddziaływają. Różnica ta w sile przyciągania się drobin kryształu w kierunkach osi odmiennój wartości może być spowodowaną jedynie różnicą w ułożeniu drobin w tych kierunkach; głównie ze względu na kształt drobin kr. i gęstość w ich ułożeniu. Jeżeli n. p. w kryształach jednodwu- lub jednotrzy-osiowym drobiny kryszt. w kierunku osi głównej c słabiej się przyciągają niż w kierunku osi podrzędnej a , to przy ogrzaniu kryształu będą się drobiny w kierunku c więcej rozstępywały niż w kierunku a ; następnie, przy coraz znaczniej potęgującym się rozsuwaniu drobin w c , będą się drobiny w a , z powodu wzajemnego przyciągania się wszystkich drobin ciała we wszystkich kierunkach, coraz mniej rozsuwać; a wreszcie muszą się nawet z tego powodu drobiny w kierunku a do siebie zbliżać. Jeżeli różnica w sile przyciągania się drobin w kierunkach różnych osi kryształu jest bardzo znaczną, jak n. p. w Kalcycie i Berylu, to ich drobiny kryszt. będą się już przy słabém ogrzaniu bezpośrednio zbliżać w jednym, a rozsuwać się w drugim kierunku. W skutek o wiele znaczniejszego rozszerzenia się w jednym kierunku doznaje ciało w tym kierunku wyprężenia, które przeszkadza wysunięciu się jego drobin fizycznych w innym kierunku. Wyrazem tych zmian w ułożeniu drobin jest zmiana stosunku parametrów i zmiana w bezwzględnej długości osi kryształu anizotropowego; kryształ jednoosiowy dostatecznie ogrzany, będzie się w kierunku osi głównej wydłużać, a w kierunku osi pod-

rzędnych ściągać, lub też odwrotnie, będzie się skracać w kierunku osi głównej, a rozszerzać w kierunku osi podrzędnych, t. j. w przekroju poziomym.

W kryształach o trzech osiach różnej wartości wydłużają się osie w różnej mierze, przy dostatecznym ogrzaniu będzie zatem różnica w wydłużaniu osi tak wielką, że gdy jedna oś znacznie się wydłuży, to z powodu, że powierzchnia przekroju do niej prostopadłego w kryształach zmniejszyć się musi, druga oś tylko nieco się powiększy, trzecia zaś się skróci; a niekiedy nawet i druga oś skracać się będzie. Anizotropowe kryształy w ogóle wydłużają się zatem w skutek ogrzania w kierunku osi pionowej, zwiężając się w przekroju do niej prostopadłym, albo też rozszerzają się w tym przekroju, a skracają w kierunku pionowym.

Działanie ciepła w kryształach anizotropowych musi być analogiczne z działaniem wszechstronnego ciśnienia na kryształ anizotropowy, a zatem też analogiczne z działaniem siły zewnętrznej (n. p. ciężaru) rozciągającej lub gniotącej jakikolwiek kryształ w kierunku jednej osi. Drobinę kryształu wydłużonego działaniem ciężaru lub ciepła po za granicę sprężystości układają się do równowagi odmienną od pierwotnego ułożenia.

Kryształ ściśnięty dostateczną siłą zewnętrzną (ciężarem) w kierunku jednej osi będzie się rozszerzał w kierunkach reszty osi, chociażby go i w tych kierunkach znacznie mniejszą siłą (niż w pierwszym kierunku użyto) ścieśnić usiłowano. Rozciąganie lub ugniatanie kryształów powinno zatem podobnie jak zmiana temperatury sprawiać przeistaczanie się kryształów.

O prawdziwości tego wniosku przekonałem się ściskając silnie siarkę jednoskośną lub też żółty jodek - rtęci, które się przez to rychło w symetryczniejsze modyfikacje przeistaczają. Najwidoczniej okazuje się wpływ ciśnienia na przeistaczanie się modyfikacyj jodku rtęci. W tym celu kładę na grube szkiełko szczyptę jodku rtęci, przykrywam go lekko mocnym szkiełkiem i ogrzewam, dopóki się zupełnie w żółtą modyfikację nie zamieni; potem przyciskam silnie jakimkolwiek ciałem ogrzanym wierzchnie szkiełko, przez co zmienia się natychmiast żółty jodek rtęci na czerwoną modyfikację, mianowicie w miejscach, gdzie większe grudki tworzy, w których zatem szkiełko lepiej do niego przylega. Czerwony jodek rtęci utworzył się z żółtej modyfikacji w tym razie jedynie z powodu ciśnienia zewnętrznego, nie zaś z przyczyny oziębienia, gdyż powstał w ciepłocie odpowiadającej istnieniu żółtej modyfikacji. Najlepszym tego dowodem jest okoliczność, że po odjęciu preparatu od płomienia i zwolnieniu nacisku, albo raczej zdjęciu przykrywającego szkiełka, zamienia się czerwona modyfikacja jeszcze napowrót na żółtą, która dopiero po dłuższym czasie w czerwoną modyfikację się przeistacza. (Wiemy z resztą od dawna, że żelazo zwykle staje się krystalicznym z powodu uderzeń, że zatem uderzenie t. j. ciśnienie może być powodem zmiany w ułożeniu cząsteczek żelaza). Między wydłużeniem się ciała za pomocą ciężaru w jednym, a równoczesnym zwięzieniem się tegoż w innym kierunku istnieje pewien stosunek, który powinien być jednakowy dla wszystkich kryształów o trzech pod kątem prostym przecinających się osiach, w których zatem drobiny

kryształowe w trzech do siebie prostopadłych kierunkach są prawidłowo i systematycznie ułożone; stosunek ten powinien być mianowicie ustalony, gdy kryształ został przez ciężar lub działanie ciepła tak dalece wydłużony, iż drobiny jego w nowy odmienny sposób ułożyły się do równowagi, czyli, gdy kryształ się przeistoczył w inną modyfikację skryształizowaną. Jak przy porównywaniu modyfikacyj ciał różnopostaciowych wykażę, istnieje rzeczywiście stały i ścisły stosunek między różnicą w długości a różnicą powierzchni przekroju poziomego, a zatem téż między wymiarami dwóch kryształów odmiennych modyfikacyj, które ze sobą niejako w genetycznym związku zostają.

Porównywaniem postaci ciał w różnych modyfikacjach zajmowało się naturalnie bardzo wielu badaczy, nie wykryto jednak wzajemnej zależności postaci i innych własności odmiennych modyfikacyj ciała różnopostaciowego. Cennym owocem dotyczących prac, mianowicie KUPFFERA, PASTEURA i A. NORDENSKIÖLDA, było jedynie dokładniejsze poznanie postaci i pewnego podobieństwa (głównie w kątach krawędziowych) różnych skryształizowanych modyfikacyj ciał różnopostaciowych.

Usiłując wykryć jakikolwiek stosunek między modyfikacjami ciał różnopostaciowych, porównywałem bezskutecznie kąty i wymiary względne ich postaci zasadniczych, ustawianych w rozmaity sposób, i dopiero wyżej podane rozumowanie i doświadczenia nawiodły mnie na myśl zestawienia kryształów zostających w związku genetycznym t. j. kryształów jednakowego ciężaru (jednakowej masy), należących do odmiennych modyfikacyj ciała różnopostaciowego,

które jedna w drugą bezpośrednio (nie przechodząc przez inną modyfikację) przeistaczać się mogą; gdy dla oznaczenia wymiarów tak zestawionych kryształów użyjemy bezwzględnie jednakowej jednostki miary, to ujawni nam się ścisły stosunek takich kryształów w ogóle, a mianowicie zależność wzajemna ich wymiarów. Stosunek powyżej określony, jest, jak to z przyczyn przeistaczania się kryształów wnosić należało, zupełnie jednakowy między wszystkiemi, z wymiarów i ciężaru gatunkowego znanými, w genetycznym związku zostającými kryształami o trzech pod kątem prostym przecinających się osiach. Niemniej jednakowy, chociaż od stosunku kryształów pierwszej kategorii nieco odmienny, zachodzi téż stosunek między wszystkiemi z wymiarów i ciężaru gatunk. znanými, w genetycznym związku zostającými kryształami, z których mniej symetryczny do układu jednooskośnego należy.

Stosunek zachodzący między (w związku genetycznym zostającými) kryształami trójosiowými, kształtu graniastosłupów, których długości mają się do podstaw, jak osie pionowo ustawione postaci zasadniczych odpowiednich kryształów do podstaw tych postaci, jest następujący:

1). Jeden kryształ jest dłuższy od drugiego, a w kryształach krótszym powierzchnia środkowego przekroju poziomego jest większą od powierzchni takiego przekroju w kryształach dłuższym.

Jeżeli więc nazwiemy długość półosi krótszego kryształu c , to długość półosi dłuższego kryształu $c + c' > c$; podobnie jeżeli a^2 oznacza powierzchnię połowy środkowego poziomego przekroju dłuższego

kryształu, to powierzchnia połowy środkowego poziomego przekroju krótszego kryształu będzie $(a + a')^2 > a^2$.

2). Stosunek tych ilości wyraża równanie: $c'a = nca'$, czyli $ca + c'a = ca + nca'$, to jest $(c + c')a = c(a + na')$.

3). Jeżeli więc $c = a$, to: $c' = na'$.

W tych równaniach $n = 2\cdot6$, jeżeli obydwa porównywane w związku genetycznym zostające kryształy należą do układów prostokątno-osiowych; jeżeli zaś mniej symetryczny z porównywanych kryształów należy do układu jednoskośnego, wtedy $n = 2$.

4). Jeżeli $c \geq a$, to: $c' \geq na'$, tudzież: $a : na' = c : c'$.

5). Ciężary gatunkowe, a zatem i gęstości porównywanych kryształów, mają się do siebie odwrotnie jak ich objętości:

$$g : g' = v' : v = 2a^2 (c + c') : 2(a + a')^2 c;$$

jeżeli g oznacza połowę ciężaru gatunkowego, v połowę objętości krótszego kryształu, a g' i v' te same ilości dla kryształu dłuższego. Różnica ciężarów gatunkowych tych kryształów jest zatem od różnicy ich postaci o tyle zależną, o ile zależną jest różnica postaci od różnicy stosunku wymiarów, których iloczyn stanowi objętość kryształu.

Ponieważ długości porównywanych graniastosłupów mają się do podstaw jak długości osi pionowo ustawionych postaci zasadniczych dotyczących kryształów do powierzchni ich podstawy, więc powyżej podany stosunek graniastosłupów, w związku genetycznym zostających kryształów o trzech pod kątem prostym przecinających się osiach, odpowiada zupełnie stosunkowi takich kryształów w postaciach zasa-

dnicznych, gdyż podstawą tych postaci jest właśnie ich środkowy przekrój poziomy.

W ostrosłupach jednoskośnych odpowiada środkowemu przekrojowi poziomemu graniastosłupa tylko w takim razie poziomy przekrój główny, w którym mieszczą się osie kryształu, jeżeli osie pod kątem skośnym się przecinające poziomo ułożymy t. j., jeżeli przekątnię poziomą ustawimy pionowo. Pierwiastkowi z połowy środkowego przekroju poziomego, kryształu równo — i jednodwuosiowego, odpowiada długość półosi poziomej kryształu jednoskośnego.

Przyczyną zmian, jakim kryształ przy przeistaczaniu się w inną modyfikację ulega, mianowicie zmian wymiarów uwzględnionych w podanym stosunku modyfikacyj w genetycznym związku zostających, (t. j. zmiany długości osi pionowo ustawionej i wielkości połowy iloczynu z dwóch do pierwszej prostopadłych, pod kątem prostym przecinających się osi, a w graniastosłupach jednoskośnych powierzchni przekroju poziomego, jakoteż przyczyną zmiany stosunku tego iloczynu, względnie przekroju, do długości pierwszej osi) nie może być rozszczepianie się większych drobin kryształowych na mniejsze drobiny; w takim razie bowiem musiałyby drobiny kryształowe wszystkich prostokątnoosiowych kryształów, które w skutek ogrzania przeobrażają się w odmienne modyfikacje prostokątno-osiowe, rozpadać się na jednakową liczbę drobin pomniejszych, gdyż stosunek wzmiankowanych wymiarów kryształów prostokątno-osiowych, zostających w związku genetycznym, jest, jak to poniżej wykaże, zupełnie jednakowy u wszystkich tego rodzaju modyfikacyj ciał

różnopostaciowych. Z podanego stosunku w związku genetycznym zostających ciał różnopostaciowych wypływa, że zmiany wielkości i stosunku powyżej wyszczególnionych wymiarów kryształu przy przeobrażaniu się tegoż na kryształ do odmienniej modyfikacji należący, są wyrazem ogólnym zmian zachodzących w rozłożeniu drobin kryształowych. przeistaczającego się lub przeistoczonego kryształu, spowodowanych działaniem ciepła lub innej siły zewnętrznej.

Gdy drobinę kryształową przeistaczającego się kryształu znajdują się w położeniu odpowiedniem temu ogółowi zmian w wymiarach kryształu, zatem w odmiennych od pierwotnych warunkach wzajemnego oddziaływania na siebie, mianowicie mocy i kierunku przeważnego przyciągania się, to muszą się zastosować do tych nowych warunków swego rozłożenia, zmieniając swój kształt przez odpowiednie przesunięcie się czyli odmiennie ułożenie się składających drobinę kryształową drobin chemicznych (a może téż i atomów w tych drobinach).

Zmiana kształtu drobin kryształowych, nie mająca żadnego wpływu na objętość kryształu sprawia dalszą zmianę w stosunku jego poszczególnych osi, skutkiem której postać kryształu inną symetryję przyjmuje.

Zmiana w kształcie drobin kryształowych powodująca zmianę symetryi postaci kryształu, jest téż przyczyną, że kryształ większy, który zawsze jest zbiorem ściśle połączonych równolegle ułożonych drobnych kryształów, jako indywiduów niższego rzędu, przedstawia po przeistoczeniu się w inną modyfika-

cyję, zbiór luźnych drobnych kryształków téj odmiennej modyfikacji, z których każdy odpowiada jednemu kryształkowi w składzie większego kryształu pierwszej modyfikacji.

Zestawiając poniżej trójosiowe kryształy jednakowego ciężaru, należące do odmiennych modyfikacji ciał różnopościowych, podaję oraz dowód twierdzenia o stosunku wymiarów i ciężaru gatunkowego kryształów w genetycznym związku zostających. W zestawieniu tém ustawiam postacie kryształów różno- i jednodwu-osiowych w zwykły sposób, chociaż u niektórych kryształów prawdopodobnie inne ustawienie (t. j. zestawienie jednej z osi podrzędnych z osią główną kryształu należącego do drugiej modyfikacji) byłoby odpowiedniejsze.

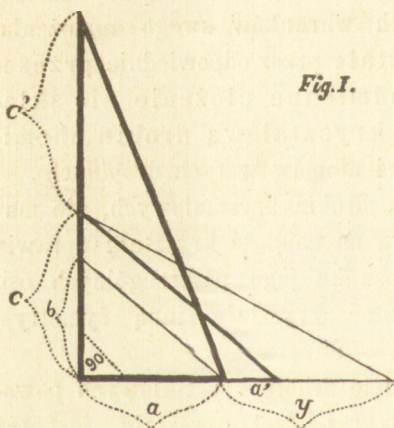


Fig. I.

Do lepszego wyjaśnienia stosunku wymiarów w kryształach należących do różnych modyfikacji ciał różnopościowych, zostających w związku genetycznym, posłuży obok umieszczona figura I. Ważność pojedynczych linii jest na

niej głoskami wskazana, które następujące mają znaczenie:

$c + c' = C$, długość półosi pionowej dłuższego kryształu,

a = długość wykręślonego pierwiastku z połowy powierzchni poziomego przekroju tego kryształu;

b = długość półosi pionowej kryształu mającego jednakowy kształt z kryształem krótszym, a oraz jednakową powierzchnię przekroju poziomego z kryształem dłuższym; a zatem też jednakowy pierwiastek a z połowy tego przekroju;

c = długość półosi pionowej krótszego kryształu, mającego jednakowy z pierwszym ciężar bezwzględny;

$a+a'$ = długość wykręślonego pierwiastku z połowy przekroju poziomego tego kryształu krótszego;

wreszcie:

$$y = na',$$

$$a' = \frac{y}{n}.$$

Z téj figury wyraźnie się okazuje, że:

$$6) \quad b : c = a : \left(a + \frac{y}{n}\right) = a : (a + a'),$$

$$b : (c - b) = a : \frac{y}{n};$$

a zatem:

$$7) \quad y = \frac{an(c - b)}{b}$$

Gdy zaś według (2) $(c + c') a = c(a + na')$,
czyli $Ca = c(a + y)$,

to, podstawiając w ostatniem zrównaniu za y wartość ze (7), otrzymamy:

$$8) \quad c = \frac{(n-1)b \pm \sqrt{(n-1)^2 b^2 + 4Cbn}}{2n}$$

z (6) i (8) zaś wypływa

$$9) \quad a + a' = a \left\{ \frac{(n-1) + \sqrt{(n-1)^2 + \frac{4(c+c')n}{b}}}{2n} \right\}$$

Wszystkie powyższe twierdzenia o stosunku kryształów odmiennych modyfikacyj ciał różnopostaciowych możemy sprawdzić na następujących ciałach mineralnych:

TiO_2 Anataz, cięż. gat. = 3·87, jednoosiowy, stosunek osi

$$= 1:1:1\cdot7777, \sqrt{1:1\cdot7777} = a:c + c' = 1:1\cdot7777.$$

Brookit cięż. gat. = 4·09, różnoosiowy, st. osi =
 $= 0\cdot9444 : 1 : 0\cdot8416, \sqrt{0\cdot9444:0\cdot8416} = 0\cdot9718:0\cdot8416 =$
 $= 1:0\cdot866 = a:b$

Z tych danych obliczymy według 8) i 9)
 $a + a' : c = 1\cdot24801 : 1\cdot08078.$

Że wymiary te, a i $c + c'$, tudzież $a + a'$ i c , należą rzeczywiście do kryształów jednakowego ciężaru, przekonamy się dzieląc iloczyn z objętości i ciężaru gatunkowego jednego, przez objętość drugiego kryształu; jeżeli liczba otrzymana odpowiada ciężarowi gatunkowemu tego drugiego kryształu, to ów iloczyn równa się ciężarowi bezwzględnemu tak jednego jak i drugiego kryształu. Dla dogodności w obliczaniu oznaczam tak w tym jak i w następnych wypadkach objętość połowy graniastopuła krótszego kryształu przez v , a dłuższego przez v' , powierzchnie przekrojów tych kryształów przez P i P' . Będzie więc dla Brookitu $v = P \cdot c = 1\cdot24801^2 \cdot 2 \cdot 1\cdot08078 = 3\cdot117058 \cdot 1\cdot08078 = 3\cdot3688$. Ta objętość 3·3688 pomnożona przez 4·09 (t. j. cięż. gat. Brookitu) jest równa ciężarowi bezwzględemu kryształu, tak Brookitu jak i Anatazu = 13·7784; gdyż ten iloczyn podzielony przez objętość Anatazu $v' = (1^2 \cdot 2) 1\cdot7778 = 3\cdot5554$ daje 3·875, która to liczba odpowiada ciężarowi gat. Anatazu.

Wypadek ten przekonywa, że obadwa porównywane kryształy mają jednakowy ciężar bezwzględny i dowodzi tém samém, że wszystkie powyżej przytoczone twierdzenia o ich stosunku wzajemnym są prawdziwe.

TiO^2 Brookit, cięż. gat. = 4·08, różnoosiowy, st. osi: 0·9444 : 1 : 0·8416,

$$\sqrt{0\cdot9444:0\cdot8416}=0\cdot9718:0\cdot8416=1:0\cdot866,$$

$$a:c+c'=1:0\cdot866. \quad v'=2\cdot0\cdot866=1\cdot732.$$

Rutyl, cięż. gat. = 4·25, jednodwuosiowy, st. osi: 1 : 1 : 0·6442, $a:b=1:0\cdot6442$,

$$a+a':c=1\cdot0898:0\cdot702058.$$

Powierzchnia przekroju poziomego =

$$P=1\cdot0898^2\cdot2=2\cdot37533, \quad v=P\cdot c=1\cdot66766.$$

$1\cdot66766\cdot4\cdot25=7\cdot0875$, $\frac{7\cdot0875}{1\cdot732}=4\cdot09$. to jest iloczyn z objętości v i ciężaru gat. Rutylu podzielony przez objętość Brookitu v' równa się ciężarowi gat. tego minerału.

TiO^2 Anataz i Rutyl. Ponieważ stosunek osi pionowych kryształów Anatazu i Brookitu tego samego ciężaru bezwzględnego według pierwszego przykładu = $\frac{1\cdot7777}{1\cdot08078}$, stosunek tych osi w genetycznym związku zostających kryształów Brookitu i Rutylu według drugiego przykładu = $\frac{0\cdot866}{0\cdot702058}$, więc os pionowa Rutylu c'' zostającego w związku genetycznym z Brookitem o osi 1·08078 jest $\frac{1\cdot08078\cdot0\cdot702058}{0\cdot866}$ = 0·8762; a zatem

$$\text{Anatazu } a:(c+c')=1:1\cdot7777.$$

$$\text{Brookitu } (a+a'):c=1\cdot248:1\cdot08078.$$

$$\text{Rutylu } (a+a''):c''=1\cdot3601:0\cdot8762.$$

Ponieważ kryształy Anatazu i Rutyłu nie znajdują się w bezpośrednim stosunku genetycznym, więc

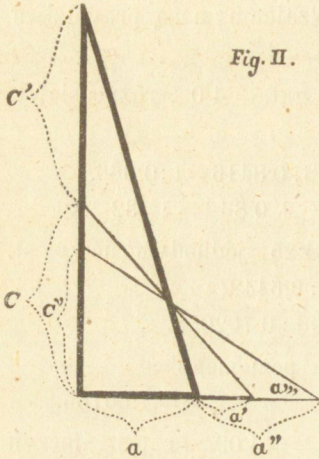


Fig. II.

stosunek ich wymiarów powinien być odmienny od stosunku wymiarów kryształów w genetycznym związku zostających. Gdy stosunek wymiarów Anatazu i Brookitu określa równanie

$$(c + c') a = c (a + na'),$$

Brookitu i Rutyłu

równanie

$$c(a + a') = c'' (a + a' + na'')$$

$$n = 2.6;$$

to stosunek Anatazu do

Rutyłu jest $(c + c') a = c'' (a + xa'')$,

$$\text{tj. } 1.7777.1 = 0.8762 (1 + 0.3601x),$$

$$x = \frac{(c + c') a - ac''}{a'' c''} = 2.8572.$$

Sb^2O^3 Senarmontyt, cięż. gat. = 5.3, równoosiowy, $a : (c + c') = 1 : 1$, $v' = 2$.

Valentinit, cięż. gat. = 5.6, różnoosiowy, st. osi = $0.382 : 1 : 0.344$, $\sqrt{0.382 : 0.344} = 0.61806 : 0.344 = 1 : 0.55658$.

$$a : b = 1 : 0.55658, \quad \frac{(a + a') : c = 1.19408 : 0.6646054}{}$$

$$v = 1.19408^2 \cdot 2 \cdot 0.6646054 = 1.895.$$

$1.895 \cdot 5.6 = 10.612$; $\frac{10.612}{2} = 5.3 = \text{cięż. gat. Senarmontytu.}$

As^2O^3 Arsenit, cięż. gat. = 3·69, równoosiowy

$$\underline{a : (c + c') = 1 : 1, \quad v' = 2.}$$

Claudetyt, cięż. gat. = 3·85, (3·89?), różnoosiowy,

$$\text{st. osi} = 0\cdot3758 : 1 : 0\cdot35, \sqrt{0\cdot3758} : 0\cdot35 = 1 : 0\cdot57094$$

$$a : b = 1 : 0\cdot57094, \quad \underline{a + a' : c = 1\cdot1842348 : 0\cdot6761258,}$$

$$P = 2. (a + a')^2 = 2\cdot804824, \quad v = P. c = \underline{1\cdot896414.}$$

$$1\cdot896414. 3\cdot89 = 7\cdot377, \quad \frac{7\cdot377}{2} = 3\cdot69.$$

Ag^2S Akantyt, cięż. gat. = 7·214, różnoosiowy,

$$\text{st. osi} = 0\cdot6886 : 1 : 0\cdot9945, \sqrt{0\cdot6886} : 0\cdot9945 =$$

$$= 0\cdot829819 : 0\cdot9945 = 1 : 1\cdot198454.$$

$$\underline{a : (c + c') = 1 : 1\cdot198454, \quad v' = 2\cdot396908.}$$

Argentyt, cięż. gat. = 7·4, równoosiowy,

$$a : b = 1 : 1 \quad \underline{(a + a') : c = 1\cdot0531 : 1\cdot0531.}$$

$$v = P. c = 2\cdot21804. 1\cdot0531 = \underline{2\cdot33582,}$$

$$2\cdot33582. 7\cdot4 = 17\cdot285078, \quad \frac{17\cdot285078}{2\cdot396908} = 7\cdot214.$$

Cu^2S Chalkozyn, cięż. gat. = 5·8, różnoosiowy,

$$\text{st. osi} = 0\cdot5822 : 1 : 0\cdot9709, \sqrt{0\cdot5822} = 0\cdot76312,$$

$$0\cdot76302 : 0\cdot9709 = 1 : 1\cdot27244319,$$

$$\underline{a : (c + c') = 1 : 1\cdot27244319, \quad v' = 2\cdot544886.}$$

Cu^2S sztuczny, cięż. gat. = 5·98, równoosiowy,

$$a : b = 1 : 1 \quad \underline{(a + a') : c = 1\cdot071892 : 1\cdot071892.}$$

$$\underline{v = 2\cdot46311. 2\cdot46311. 5\cdot98 = 14\cdot7293978,}$$

$$14\cdot7293978 : 2\cdot46311 = 5\cdot8.$$

FeS^2 Markazyt cięż. gat. = 4·8, różnoosiowy,

$$\text{st. osi} = 0\cdot7519 : 1 : 1\cdot1845, \sqrt{0\cdot7519} = 0\cdot867121,$$

$$0\cdot867121 : 1\cdot1845 = 1 : 1\cdot366,$$

$$\underline{a : (c + c') = 1 : 1\cdot366, \quad v' = 2\cdot732.}$$

Piryt, cięż. gat. = 5, równoosiowy, $a : b = 1 : 1$.
 $(a + a') : c = 1.095137 : 1.095137$.

$$P = 2.39865, v = 2.39865. \quad 1.095137 = 2.62685.$$

$$2.62685. 5 = 13.13425. \quad 13.13425 : 2.732 = 4.8.$$

S Siarka rombowa, cięż. gat. = 2.07, st. osi =
 $= 0.813 : 1 : 1.9037, \sqrt{\frac{P}{2}} = \sqrt{0.813} = 0.90166,$
 $0.90166 : 1.9037 = a : (c + c') = 1 : 2.111328,$
 $v' = 4.222656.$

Siarka jednoskośna cięż. gat. = 1.96, st.
 osi = 0.9958 : 1 : 0.9998, $\beta = 84^{\circ}14'$ objętość połowy gra-
 niasłupa tych wymiarów = 1.9811245, $P = \frac{1.9811245}{0.9998}$
 $\sqrt{\frac{P}{2}} = \sqrt{\frac{1.98152049}{2}} = 0.9953694, \quad 0.9953694 : 0.9998 =$
 $= 1 : 1.004451212 = a : b, \quad (n = 2).$

$$(a + a') : c = 1.30521 : 1.3110281.$$

$$v = 4.46686, \quad v. 1.96 = 8.7550756, \quad \frac{8.7550756}{v'} = 2.07.$$

(Pb, Ag²)⁵ Sb⁴ S¹¹ Freieslebenit, cięż. gat. we-
 dług oznaczeń VBBY (*Zeitschrift für Krystallographie*
und Mineralogie v. GROTH 1878. str. 160) = 6.04,
 jednoskośny,

$$\text{st. osi} = 0.5872 : 1 : 0.9278, \quad \beta = 87^{\circ}46.$$

objętość połowy graniastosłupa tych wymiarów =
 $= 1.088781, \quad \frac{1.088781}{0.9278} = P, \quad \sqrt{\frac{P}{2}} = 0.765985,$

$$0.765985 : 0.9278 = 1 : 1.21125.$$

$$a : (c + c') = 1 : 1.21125, \quad v' = 2.4225.$$

Dijaforyt, cięż. gat. według VBBY równy cięż-
 zarowi gatunkowemu Freieslebenitu = 6.04, różno-

osiowy, st. osi = 0.4914 : 1 : 0.7344,

$$\sqrt{0.4914} = 0.701, 0.701 : 0.7344 = 1 : 1.04764622,$$

$$a:b=1:1.04764622, (a+a'):c=1.0503634156:1.100409262$$

$$v = 2.428, v.6.04 = 14.66512, \frac{14.66512}{v'} = 6.053 \text{ (jako cięż.}$$

gat. Freieslebenitu); ciężar gat. Freieslebenitu jest zatem tylko o 0.013 większy od cięż. gat. Dijaforytu.

BaCO³ + CaCO³ Alstonit, cięż. gat. = 3.65 — 3.76,

różnoosiowy, st. osi = 0.591 : 1 : 0.739, $\sqrt{0.591} = 0.76875,$

$$0.76875 : 0.739 = 1 : 0.96123, \underline{a : (c + c') = 1 : 0.96128}$$

$$v' = 1.92256.$$

Barytokalcyt cięż. gat. = 3.63—3.66, jednoskośny, st. osi = 0.974 : 1 : 0.8468, $\beta = 69^{\circ}30'$; objętość połowy graniastosłupa tych wymiarów = 1.5451026,

$$\frac{1.5451026}{0.8468} = P, \sqrt{\frac{P}{2}} = 0.955154, 0.955154 : 0.8468 =$$

$$1 : 0.886558,$$

$$a : b = 1 : 0.886558, (a + a') : c = 1.02758705 : 0.91101552,$$

$$v = 1.92394662, v.3.65 = 7.022405163,$$

$$\frac{v.3.65}{v'} = \frac{7.022405163}{1.92256} = 3.65263.$$

H²Ca⁴(Al²)³Si⁶O²⁶ Epidot glinowy, cięż. gat. (3.326 z Sustenhorn, — 3.491 z Knappenwand w Pinzgau, $\frac{3.326+3.491}{2}$) = 3.408, jednoskośny,

st. osi = 1.5807 : 1 : 1.8057, $\beta = 64^{\circ}36'$;

objętość połowy graniastosłupa tych wymiarów =

$$= 5.156726, P = \frac{5.156726}{1.8057} = 2.85580772,$$

$$\sqrt{\frac{P}{2}} = 1.194949, 1.194949 : 1.8057 = 1 : 1.51111,$$

$$\underline{a : (c + c') = 1 : 1.51111, v' = 3.02222.}$$

Zoisyt, cięż. gat. (3·28 z Meiggerthal, — 3·361 z Gefrees) $\frac{3 \cdot 28 + 3 \cdot 361}{2} = 3 \cdot 32$, różnoosiowy? st. osi =

$$0 \cdot 6168 : 1 : 0 \cdot 7089, \sqrt{\frac{P}{2}} = \sqrt{0 \cdot 6168} = 0 \cdot 7853661566,$$

$$\sqrt{\frac{P}{2}} : 0 \cdot 7089 = 1 : 0 \cdot 9026362977,$$

$$a : b = 1 : 0 \cdot 9026362977, (a + a') : c = 1 \cdot 19844793 : 1 \cdot 0817626.$$

$$v = 3 \cdot 1074224, v \cdot 3 \cdot 32 = 10 \cdot 31664, \frac{10 \cdot 31664}{3 \cdot 02222} = 3 \cdot 41.$$

