

Publikacja ze zbiorów Biblioteki Głównej AGH w Krakowie

Digitalizacja dorobku naukowo-badawczego Profesorów AG w Krakowie w l. 1919–1945

projekt dofinansowany w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki „Społeczna Odpowiedzialność Nauki”

moduł: Wsparcie dla bibliotek naukowych



01.11.2022–31.07.2024
SONB/SP/548765/2022



12 11

Shirley Anne
Linn

AKADEMJA GÓRNICZA.
w KRAKOWIE.

KRYSTALOGRAFJA.

według wykładów Prof. Dr^e Z. ROZENA
w roku szkolnym 1921 - 22.

red. J. Petrovickiego.



~~II 22180~~

II. 4317



№ 3461

[Faint, illegible handwritten text at the bottom of the page, possibly bleed-through from the reverse side.]

Kryształ jest to ciało jednorodnego-
mogeniczne) i różnokierunkowe (anizo-
tropowe). - Te dwie charakterystyczne dla
kryształu właściwości objawiają się pod
względem:

a. fizycznym: to znaczy, ciało okazuje
jednakowe właściwości fizyczne, gdy je
badamy w kierunkach równoległych. Zaś
różne, gdy badamy w kierunkach różnych.

b. chemicznym: to znaczy skład che-
miczny danego ciała da się wyrazić
znakami (wzorem) chemicznym.

Skutkiem jednorodności kryształu naj-
mniejszy nawet okruszek kryształu, oka-
zuje te same właściwości co i cały kryształ.



Rys. 1

Przykłady: I. Mwaśajmy różne
kostki soli kuchennej (NaCl). Bie-
żę ją obciążonym sztyfcikiem
i wyrażam w gramach nacisk
potrzebny do wywołania ryzy
Wyrażam to graficznie, to jest odmieram
od środka ściany, w kierunku w jakim

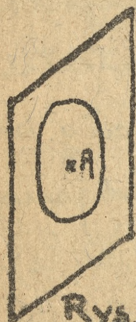
ścianę rysuje odcinek proporcjonalny
do nacisku. Łącząc końce odcinków.
Powstata tak zwana krywa twardości
(Rys. 1) Ona powiada nam, że twardość
soli kuchennej badana wzdłuż przekątni
jest największa, badana w kierunkach
prostopadłych do brzośdy najmniejsza
w innych - pośrednia. -



Rys. 2

II Fluorapatu (CaF_2) będzie zupełnie
przeziwierać. (Rys. 2). Sol kamienia
i Fluorapatu to ciała pod względem
twardości różnokierunkowe. -

II Mniejszą kryształ gipsu ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

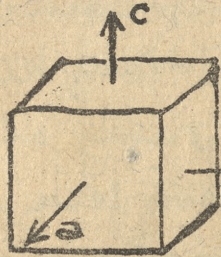


Rys. 3

Minerał ten łupie się dobrze w blanki
kały kryształ lekko powiększamy
woskiem. Następnie przytknijmy
w jakim miejscu n. p. w punkcie
rozrzucony drut. Kryształ rozgnieć
się o drucika i przewodzi ciepło. Woda
topi się. Gips przewodzi ciepło szybciej w jakim
kierunku, niż w innych, to też topić się woda
pokazuje krywa jednakowej temperatury

(krzywą izotermiczną) (Rys.3), która ma kształt elipsy. Jest to przykład ciała różnokierunkowego pod względem przewodnictwa ciepła. -

III. Mważajmy kordjeryt ($Mg_2 Al_2 Si_5 O_{18}$ - lenemian glinowo-magnezowy)



Rys.4

jest to minerał rombowy.

Wytnijmy z niego kostkę i prześledzmy ją pod światło. (Rys.4)

w kierunku a jest niebieskawo-szary,

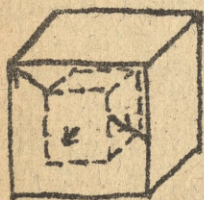
" " b " żółty,

" " c " ciemno niebieski.

Barwa jest wynikiem absorpcji poszczególnych części światła białego. Jest to przykład ciała optycznie anizotropowego.

IV. Mważajmy wzrost kryształu. Drobnym kryształem nie różni się od żwiru. Wzrost kryształu polega na nakładaniu warstw równoległych z zewnątrz na wewnątrz. Skutkiem tego wzrost kryształu jest najwęższy w kierunku przekątnej głazowej (Rys.5) średni w kierunku prostym do pro-

węśli, zaś najmniejszy w kierunku nor-



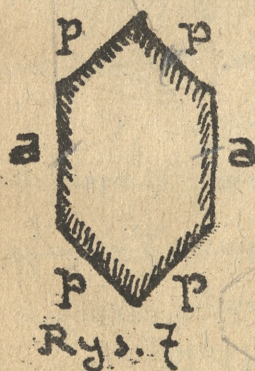
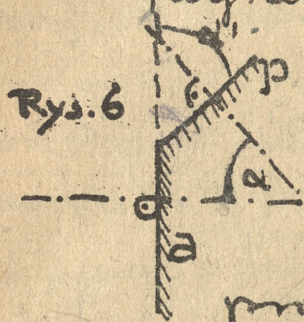
Rys. 5

malnych (normalna jest to prosta prostopadła do ściany) ścian. Wzrost zatem jest również zmienny w różnych kierunkach, gdyż inaczej powstałaby kula.

Cheąc określić kryształ pytamy się o wzajemne położenie jego ścian, lecz nie chodzi nam o bezwzględne położenie, nie my, tylko o względne, to jest o kierunek ściany. Kierunek ściany wyznacza normalna ściany. Znając normalną, znamy tem samem położenie ściany.

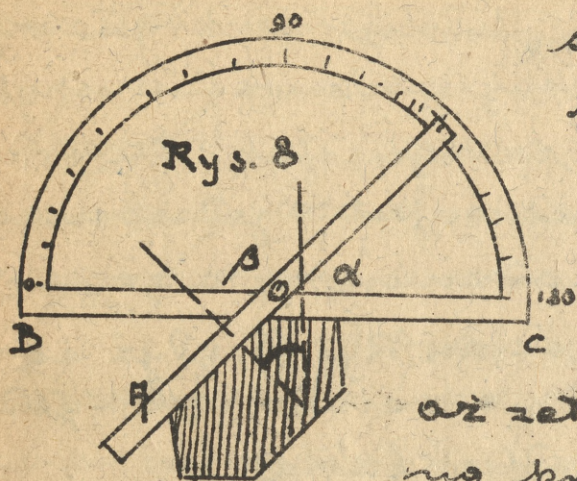
Na względnem położeniu ścian polega (empirycznie stwierdzone) prawo kątów stałych: powiada ono, że analogiczne ściany kryształu, tej samej substancji chemicznej wykazują w tych samych kierunkach to samo nachylenie ścian. n.p. kryształ siarki może być rombowy, lub jednoskośny, a to zależy od warunków, w których się tworzy. —

Jak zauważyliśmy, w krytalogra-
fii ciągle musimy podawać nachylenie
ścian, wyrażone w kącie jaki tworzą nor-
male: Jest to jednoznaczne
z położeniem kąta zewnętrznego
do ścian (Rys. 6), gdyż są to
kąty o ramionach zgodnic
prostopadłych ($\alpha' = \alpha$). -



n. p. kwarcowy kryształ kwarcu
(SiO_2) wszystkie kąty zawarte
między ścianami p i a wynoszą
 $38^\circ 13'$. Naturalnie rozumiemy się
tu kąt zewnętrzny, lub kąt
między normalnymi. Pierwszy
to $p : a = 38^\circ 13'$ (Rys. 7.)

Do mierzenia kątów używamy przy-
rządów zwanych goniometrami. Goniome-
try różniemy: kontaktowe i reflektyjne.
Goniometr kontaktowy. Jest to po prostu
metalowy kątomierz z ruchomym ra-
mieniem (A) (Rys. 8). Do pomiaru na go-
niometrze kontaktowym używamy kry-

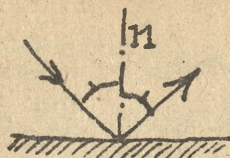


sztatku dwużych kierunków ramię gonimietru (BC) przykładać do cięcia kryształu. Ramie ruchome (OD) obracać aż zetknie się z drugą powierzchnią kryształu. W czasie pomiaru musimy uważać, by płaszczyzna gonimietru była prostopadła do ścian, których nachylenie mierzymy.

Z pomiaru na gonimietrze kontaktowym otrzymujemy wprost kąt wewnętrzny kryształu. By otrzymać kąt normalnych (α) uzupełniamy odczytany kąt (β) do 180° —

Dokładności gonimietru ręcznego, czyli kontaktowego nie przekracza 1° —

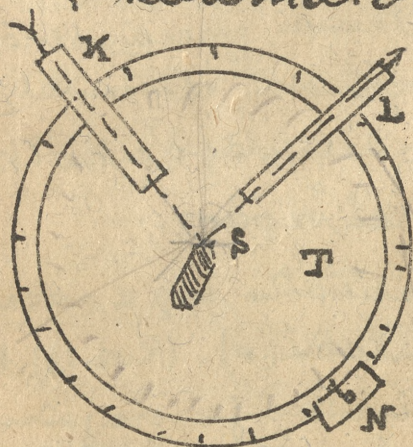
Gonimetry refleksyjne. Rozróżniamy tak takie przyrządy: gon. refl. jednokątowy i gon. refl. dwukątowy, czyli teodaitowy. Zasada tych gonimietrów polega na tym że promień światła odbija się od ścian



Rys. 9

kryształu pod kątem padania, więc też normalna swiany jest symetryczną kąta między promieniem padającym, a promieniem odbitym (Rys. 9). —

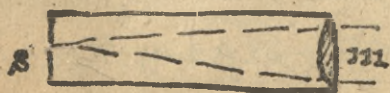
Soniometr jednokątowy. składa się z torczy z podziałką kątową, lunety i kolimatora. Na podstawie (trójnożku)



Rys. 10.

umieszczona jest obracalna torcza (T) (Rys. 10) z podziałką kątową. Do podstawy przymocowany jest miernik zerowy (N) z nonusem który pozwala odczytać kątowe położenie torczy

Na środku torczy, na osi (S) jest stojerek obracający się razem z tarczą, na nim umieszczamy kryształ. Oprócz tego do podstawy przymocowane są kolimator i lunetka

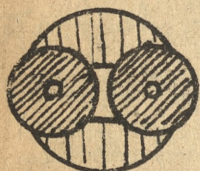


Rys. 11

Kolimator jest to rura (tubus) zaopatrzona w końcu przed-

ko zblior... (Ant. Rys. 10) ... końca przed-

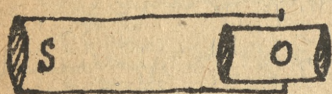
leżącym znajduje się separa (S). Ogniskowa soczewki (m) równa się długości tubusa, więc separa (S) znajduje się w ognisku soczewki. Promienie padające przez separę na soczewkę wychodzą z kolimatora równolegle.



Rys. 12

Szpara kolimatora zaopatrowana jest dwoma kołkami przesławnymi, na kształt soczewki dwuwklęsłej (Rys. 12). Przechwytując kołką

można zwać lub rozszerzać separę. —



Rys. 13

Lunetka składa się z soczewki (S) i z okularu (O). (Rys. 13) Można założyć jeszcze jedną

soczewkę, która umożliwi oglądanie kryształu.



Rys. 14.

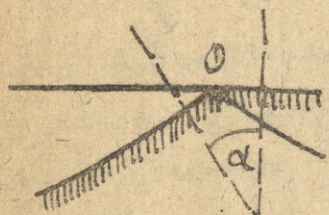
dnioś ta polega na tym, że nitki tworzą oś symetrii dla obrazu separy (Rys. 14).

Bieg promieni przedstawia się tak: promienie wpadają przez separę kolimatora ...

soczewkę, zatacamy ją. Z kolimatora wychodzą równoległe i odbijają się od gładkiej ściany kryształu. Przy pewnem ułożeniu kryształu, gdy normalna ściany jest symetryczną kąta między lunetą i kolimatorem, promienie wpadają do lunetki i przez okular możemy obserwować obraz szpary na tle kryształu z nitkami.

Ustawienie kryształu. Jak z powyższego wynika nadają się do pomiaru kryształy niewielkie. Kryształ osadzamy na stolek za pomocą wosku, tak by krawędź mierzonego kąta dwusiecznego była prostopadła do tarczy goniometru. Kryształ musi być przed odczytaniem kąta zcentrowany to znaczy krawędź kryształu musi leżeć w osi tarczy i zjustowany to jest krawędź musi być ściśle prostopadła do tarczy. W celu ustawienia kryształu służą przyrząd sancerkowy do centrowania i dwa cylindryczne segmenty do justowania

Przynależankowy składa się z dwóch przesuwalnych pod kątem prostym ustawionych płytek, osie wałków z których wycięto segmenty są również do siebie prostopadłe.



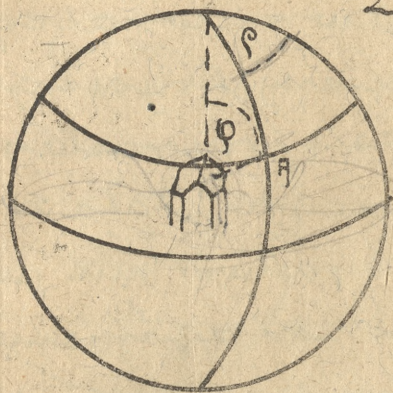
Rys. 15

Pomiar odbywa się tak:
nastawiamy zjustowany
i zcentrowany kryształ
i obracamy go razem z

tarczą tak, by otrzymać dokładny obraz szpary na kryzle. Odczytujemy na noniusie stan podziałki kąta. Potem obracamy tarczę by następna ściana kryształu krystała w położenie poprzedniej. Nastawiamy dokładnie obraz i znów odczytujemy stan podziałki kąta. Różnica obu odczytów podaje kąt normalnych. Pomiar wykonany na tym goniometrze ma dokładność do 1'.

Pomiar taki jest inny, że względu na to, że dla każdego zespołu prisma równoległych trzeba specjalnie ustawić +.s. naklejąc, tudzież justować i centrować kryształ.

Dziś używa się coraz częściej goniometru teodolitowego, czyli dwukątowego.

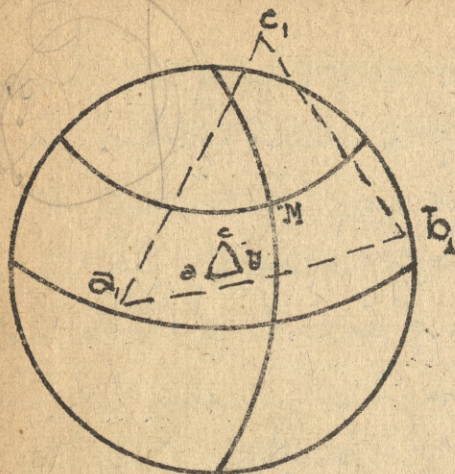


Rys. 16

Zapomocą goniometru teodolitowego wyznaczamy wprost położenie scian na kuli, w tym celu zajmujemy się teraz rzutem kulistym.

Rzut kulisty. Umieścimy kryształ w środku kuli i wykreślimy ze środka kuli prostopadłe do scian. Każda prosta przebiega kulę w jakimś punkcie (A). Aby wyznaczyć położenie tego punktu wystarczy podać długość i szerokość, φ , oraz θ (Rys. 16).

Punkt (A) nazywamy biegunem scian. Gdy chodzi nam o kąt między normalnymi, to wyznaczamy odległość biegunów na kuli, za pomocą trygonometrii sferycznej. Biegun sciany można wyznaczyć też w inny sposób: Umieścimy kryształ w kuli. Pozwólmy mu rość.

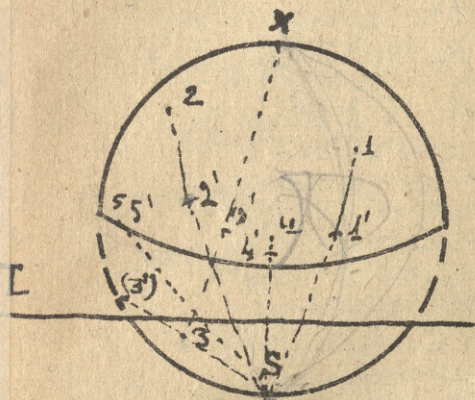


Rys. 17

Jak wiemy, kryształ rośnie, przez nakładanie warstw równoległych na ściany kryształu. W czasie rozrastania musi panować stała temperatura i roztwór nie powinien ulegać roztrzęsieniom.

Bierzemy pod uwagę jakąś ściankę kryształu abc (Rys. 17). Gdy kryształ rośnie to ona oddala się od środka kryształu i kuli, t. j. przesuwa się równolegle do swego położenia. Z biegiem czasu kryształ urośnie już na tyle, że nie pomieści się wewnątrz kuli, tylko ją przeniknie. Później będzie tak wielki, że kula będzie zawarta cała wewnątrz kryształu. Myślajmy sobie o sferze, gdy narysujemy abc ułożoną na tyle, że jest styczna do kuli (a, b, c). Punkt styczności (M) jest właśnie biegunem ściany. W podobny sposób wyznaczamy bieguny wszystkich ścian kryształu. Obliczanie

odległości biegunów na kuli jest niecałkowicie. Zwykle wykonujemy to graficznie mniej dokładnie, ale za to szybko.



Rzut stereo graficzny.

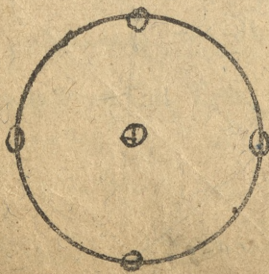
Atamy kulę i na niej biegamy ścian (1, 2, 3, ...) przeprowadzamy płaszczyznę (Π) przechodzącą przez równik. Ona podzieli

Rys. 18

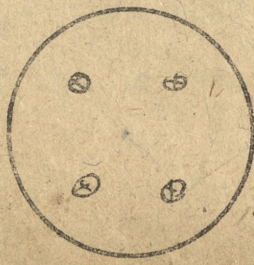
kulę na dwie półkule: północną (górną) i południową (dolną) (Rys. 18). Każdy z biegunów na półkuli górnej połączymy z biegunem południowym (S). Otrzymamy szereg prostych (1S, 2S, 4S). Każda z tych prostych przebija płaszczyznę (Π) w jakimś punkcie. Ten punkt uważamy za rzut kulisty (stereograficzny) bieguna (ściany) n.p. punkt 2 łączymy z S prostą 2S, ta prosta przebija płaszczyznę Π w punkcie 2'. Ten tak otrzymany punkt 2' jest stereograficznym rzutem punktu 2. -

Jest tu jedna nie wygoda: punkty biegnące

ce na półkuli południowej (n.p. 3) da-
ją rzuty poza obrębem krata równiko-
wego (3'). Rzuty te leżą tem dalej od równi-
ka im bliżej bieguna południowego (S) kuli
leży biegun sciany. Rzut zaś bieguna (S)
leżałby zgoła w nieskończoności na
pł. Π . By temu zaradzić tą czynimy
bieguny scian leżących na półkuli
południowej z północnym biegunem
(N) kuli. - Dla odróżnienia rzuty
biegunów leżących na półkuli połu-
dniowej oznaczamy krzyżykiem (+) zaś
rzuty biegunów leżących na półno-
cznej półkuli oznaczamy kółkiem (o)
Rzuty punktów leżących na równiku
bada leżały na kole równikowym
płaszczyzny Π , bez względu na to z któ-
rym biegunem kuli je porównujemy. Ozna-
czamy je przez
kółka.



Rys. 10



Rys. 90

czamy je przez
kółka.

n.p. Rys. 19 podaje

rzut stereograficzny

krata, Rys. 20 - ~~krata~~

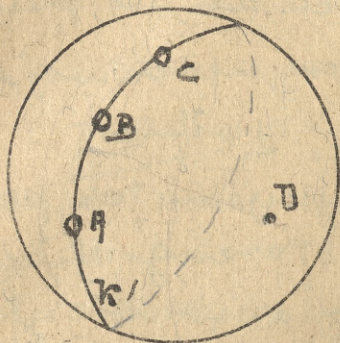
Wm. C.

Rzut stereograficzny. Trzysztaty
rysujemy wedle zasad rzutu stereo-
graficznego na kalkę, za pomocą
siatki Wulffa. Siatka Wulffa jest to
stereograficzny rzut południków
i równoleżników kuli, które wzięte
dniono w odstępach co 2° . Na siatkę
Wulffa kładziemy kalkę białą. Zarzu-
camy na niej (kalkę) środek i koło
projekcyjne (linijka cienka, lub pancerz),
oraz kierunek północny. Biegumy
znaczymy za pomocą znaku 0, lub + na
odpowiednim południku i równoleż-
niku, jak to wskazują odczytane na
goniometrze kąty φ i ρ . Odczytanie sfer-
ycznej dwóch sian, danych przez
ich biegumy odczytujemy w ten sposób:
obracamy kalkę, siatka Wulffa leży
na miejscu, tak by biegumy obu sian
znalazły się na tym samym południ-
ku. (Środek zaś koła projekcyjnego
znajduje się stale w tym samym miejscu!

Gdy już oba bieguny leżą na tym samym południku, liczymy zawarte między nimi równoleżniki. Odstęp dwóch sąsiadnych równoleżników wynosi 2° . Gdy bieguny sian leżą w polu między równoleżnikami, to nadmiar oceniamy na oko. Dokładność tego postępowania odpowiada dokładności goniometru kontaktowego.

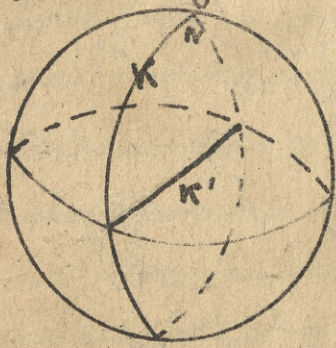
✓ Pasy. Zespół sian, przecinających się w krawędziach równoległych nazywany pasem sian. Formalnie wszystkie sian mogących leżeć w danym pasie leżą w jednej płaszczyźnie. Płaszczyzna ta przecina się z kulą wzdłuż koła. Jest to koło wielkie. Nazywamy je kołem porównem. Kierunek prostopadły do koła porównego, czyli równoległy do krawędzi sian pasa, nazywamy osią pasa. Ponieważ osi pasa jest prostopadła do koła porównego dlatego też obraz osi (Punkt w którym prosta równoległa do osi pasa, a przechodząca

ca przez środek kuli, kulę przebiega) w rzucie stereograficznym, oddległy jest o 90° od kąta pasowego.-



Rys. 21

M.p. Ściany A, B, C (Rys. 21) leżą w jednym pasie. Przez oś kuli prowadzamy bieguny tych ścian na jeden południk i wypisujemy ten południk (K') jest to rzut kąta pasowego. Wszystkie inne nawiązane w tym pasie ściany będą leżeć na tym kole. Biegun D oddległy o 90° od tego pasa jest biegunem osi pasa. Każde koło pasowe (K) przechodzące przez bieguny (N) i (S) kuli (Rys. 22) daje swój obraz w postaci prostej (K').

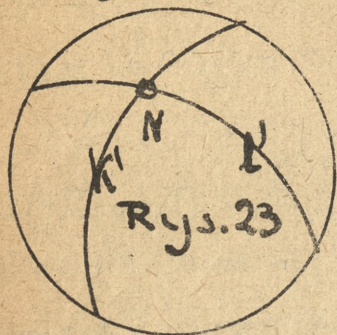


Rys. 22

Z pomocą siatki Wulfa można dokonywać graficznej dedukcji ścian.

Wiemy, że ściana powstaje na przecięciu się pasów, to zn. że każda prosta

leży w dwóch pasach. n.p. Danes
2 pary na kuli K' i L' (Rys. 23)



punkty (N) przecięcia się pasów
jest biegunem możliwej ścia-
ny na tym kryształe. -

Kryształy rysujemy też, pomi-
niając rzut stereograficzny,

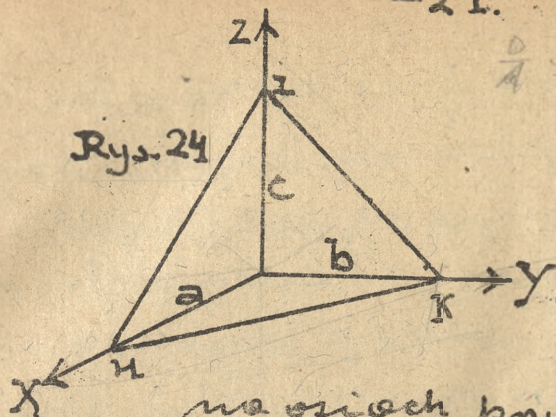
wedle zasad perspektywy równoległej,
w rzutach ukośnych (klinograficznych), lub
prostokątnych (ortogonalnych). Ten ostatni
rzut stosujemy wtedy, gdy mamy wielkie
bogactwo ścian u którego wierzchołka.

Osie krystalograficzne. Aby wyzna-
czyć w przestrzeni kierunki ścian obiera-
my system trzech osi współrzędnych (czas-
mi obieramy 4 osie). Są to kierunki trzech
brawedzi kryształu nie równoległych do
jednej płaszczyzny. Te osie współrzędne na-
zywamy osiami krystalograficznymi:

os X nazywamy osią podłużną,
os Y " " poprzeczną,
os Z " " pionową

(Rys. 24)

$$-21. - Ax + By + Cz = D$$



$\frac{D}{A}$ $\frac{D}{B}$ $\frac{D}{C}$
 Położenie danej scia-
 ny (h, k, l) znamy, gdy
 wiemy jakie odcinki
 a, b, c (Rys. 24) odcina
 płaszczyzna tej sciany

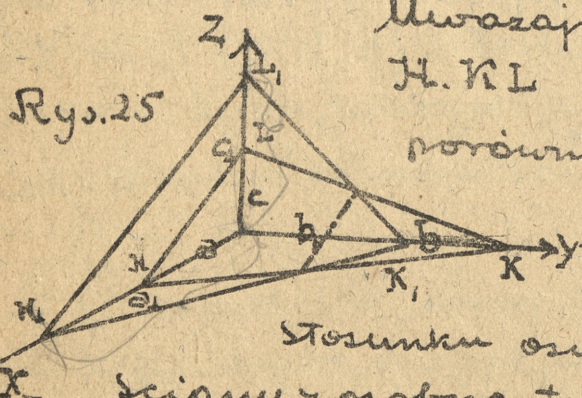
na ośiach krytalograficznych.
 Te liczby a, b, c nazywamy parametra-
 mi sciany (hkl) . -

Oś krytalograficzna dzieli przestrzeń
 na osm osiemok (oktanta) o tem w któ-
 rej osiemce leży dana sciana, decy-
 duje znak jej parametrów. Tak więc
 mając parametry (a, b, c) i ich znaki
 $(\pm)$ możemy wyznaczyć: oktanta
 w którym się sciana znajduje i pier-
 sianę.

Wyobraźmy sobie, że kryształ rośnie
 wtedy jednostki osiowe w pewnym czasie
 (a', b', c') będą inne, niż pierwszej (a, b, c) , lecz
 stosunek ich jest ten sam $a':b':c' = a:b:c$.
 dana sciana jest więc analogiczną scia-
 ną kryształu. Niechodź nam nigdy o bex

względne liczby (a, b, c), tylko o ich stosunek $a:b:c$. Stosunek ten jest naogół stosunkiem liczb niewymiernych, —

Przy podawaniu stosunku $a:b:c$ umawiamy się mierzyć odcinki a i c odcinkiem b jako jednostką, to zn. zamiast stosunku $a:b:c$ podajemy stosunek: $\frac{a}{b}:1:\frac{c}{b}$. Ten nowy stosunek nazywamy stosunkiem jednostek osiowych, lub stosunkiem osiowym. M. p. kryształ siarczany ma taki stosunek jednostek osiowych: $0,5656:1:0,549$. —



Rys. 25

Uważamy dwie ściany $H.K.L$ i $H_1.K_1.L_1$. Chcemy porównać ich wzajemne położenie. Wtedy nie wyznaczamy

stosunku osiowego dla każdej ściany osobno, tylko bierzemy jedną ścianę, n. p. (H, K, L) za ścianę jednostkową, to zn. stosunek jakiegokolwiek ściany mierny — stosunkiem osiowym tej właśnie ściany.

Ściana, która obieramy za jednostko-
wość nie może być równoległa do żadnej
osi, musi na każdej osi odcinać para-
metry skończone.

Przykład: Chcę zmierzyć wzajemne po-
zienie ścian HKL , oraz $H_1K_1L_1$ (Rys. 25)

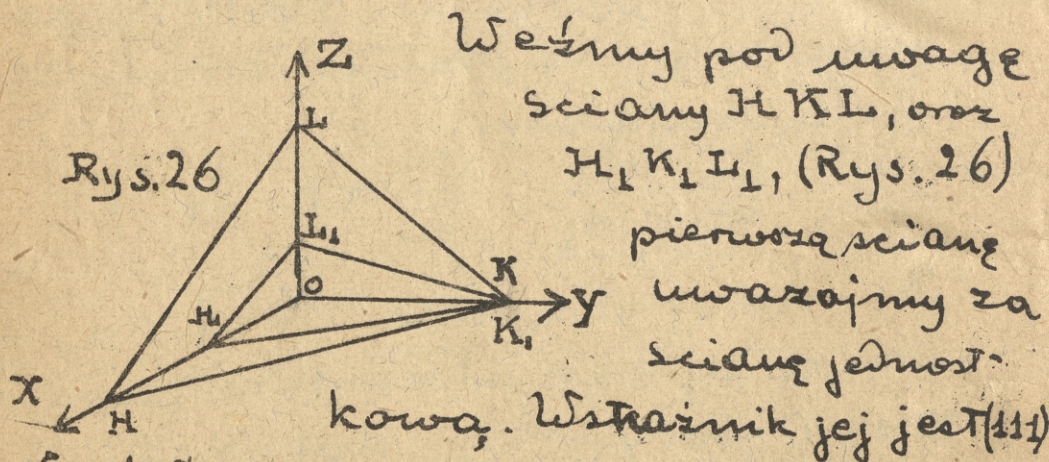
Stosunek osiowy ściany HKL jest $a:b:c$
zaś ściany $H_1K_1L_1$ — $a_1:b_1:c_1$ porów-
nuje się to oba stosunki tworząc stoso-
nek wzajemny:

$$\frac{a}{a_1} : \frac{b}{b_1} : \frac{c}{c_1} = h : k : l$$

Ten nowy stosunek $h:k:l$ da się
łatwo wyrazić stosunkiem liczb ca-
łych i prostych t.j. naturalnych
i niewielkich n.p. $1:3:2$. Kazywamy
te liczby h, k, l wskaznikami ściany,
one bowiem wskazują stosunek para-
metrów ściany jednostkowej do parame-
trów ściany dowolnej. Stosunek odcin-
ków (wskazniki) dla ściany jednostkowej
będzie: $\frac{a}{a} : \frac{b}{b} : \frac{c}{c} = 1:1:1$. —

Stosunek wskaźników ujęty w nawias, z pominięciem znaków stosunkowych (:) stanowi symbol ściany (hkl) . Symbol (111) przedstawia ścianę jednostkową.

Wszystkie ściany kryształu odnosimy do tej samej ściany, jako jednostkowej.



Co do tej drugiej ściany zachodzą następujące związki parametrów:

$OH_1 = \frac{1}{2} OH = \frac{1}{2} a$, $OK_1 = OK = b$, $OL_1 = \frac{1}{3} OL = \frac{1}{3} c$. Utwórzmy odwrotności parametrów ściany $H_1K_1L_1$:

$$\frac{1}{\frac{1}{2}} : \frac{1}{1} : \frac{1}{\frac{1}{3}} = 2 : 1 : 3$$

Ponieważ parametry ściany jednostkowej (mierzone w jednostkach osiowych) są, jak nam poka-
da jej wskaźnik 1, 1, 1, więc stosunek
 $\frac{1}{\frac{1}{2}} : \frac{1}{1} : \frac{1}{\frac{1}{3}}$ jest zarazem stosunkiem
parametrów ściany jednostkowej
do parametrów ściany dowolnej (H, K, L).
Powyższy stosunek 2:1:3 przeniesiemy
w poprzednio opisanej postaci (2 13).
Zwiemy go symbolem ściany: Pamię-
tamy, że pierwsza z tych cyfr odnosi
się do osi X, druga do osi Y, trzecia
do osi Z. —

Ibierzemy tę rzecz raz jeszcze: dowol-
ną ścianę równoległą do zad-
nej osi obieramy za ścianę jednost-
kową t. j. za ścianę odmierzenia.

Przesuwamy ją, równoległe do jej pier-
wotnego położenia tak, by przecięła
os Y w odległości 1 od początku ukie-
du (~~mierzonej w jednostkach osiowej~~), odcinając
jakie to ściana odetnie na osi X

uwazamy za jednostkę, do mierzenia parametrów innych scian na osi X , zaś odcinek jaki sie na jednostkowa odcinie na osi Z uwazamy za jednostkę mierniczą dla osi Z .

Idy dalej mamy teraz dowolną scianę $(H_1 K_1 L_1)$, to parametry jej mierzymy odcinkami powyżej wyprowadzonemi. Tworzymy odwrotnosci parametrów i piszemy w postaci $(h k l)$. Jeżeli jakaś sciana odcina jakąś oś w jednym kierunku, (os X - za początkiem układu, os Y na lewo od początku, os Z w dół od początku) to nad wskaznikiem sciany piszemy znak $(-)$ n. p. $(1 \bar{1} 2)$ czytamy to: jeden, minus jeden, dwa.

Im która linia wskazuje jest większa, to tem bliżej początku układu przecina odpowiednią oś, dana sciana. Sciana w której leżą dwie osie jest

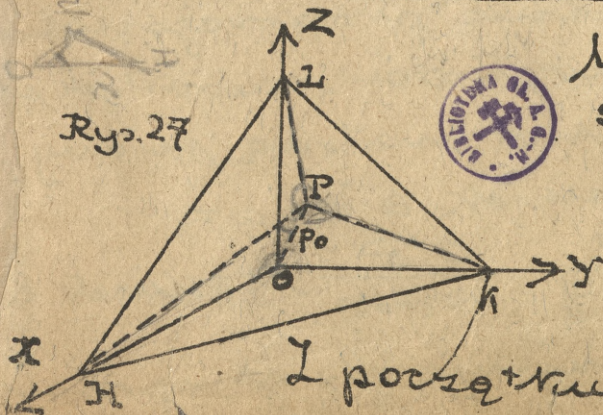
stalograficzne (n.p. ściany OHI ,
lub OHK , albo równoległe do nich)
nazywamy ścianą osiową. Ście-
na osiowa przecina te osie, które
w niej leżą, w niekończoności.
n.p. ściana OHK , w niej leżą osie
 X i Y ona odcina na nich odcinki
(para metry) niekończące się wielkie
Obliczmy jej współczynniki:

$$\frac{1}{\infty} : \frac{1}{\infty} : \frac{1}{1} = 0 : 0 : 1$$

Symbolom ścian OHI jest (010)
" " " OKL " (001) . Sato

również symbole ścian równoległych
do danych.

Obliczanie jednostek osiowych
i współczynników.



Wyobraźmy sobie
ścianę HKI , umie-
szczoną w układzie
osi. Krytalografi-
cznych $O(X, Y, Z)$.
I początku układu O wykre-

ślinny prostą prostopadłą do tej
ściany. Niech to będzie prosta p .
Ta prosta przebiega ścianą HKL w
punkcie P . Punkt P należący z punk-
tami H, K, L . Uważajmy teraz
trzy prostokątne trójkąty: OHP, OKP
oraz OLP . Kąt prosty znajduje się u
wszystkich przy wierzchołku P . W trójk-
ątach zachodzą związki:

$$\frac{OP}{OH} = \cos(p, x), \quad \frac{OP}{OK} = \cos(p, y), \quad \frac{OP}{OL} = \cos(p, z)$$

Przez $(p, x), (p, y), (p, z)$ oznaczamy kąty jakie
zawiera prosta p z osiami x, y, z . —

Na podstawie powyższych równań
możemy wyrachować parametry:

$$OH = \frac{OP}{\cos(p, x)}, \quad OK = \frac{OP}{\cos(p, y)}, \quad OL = \frac{OP}{\cos(p, z)}$$

Są one odwrotnie proporcjonalne
do cosinusów, kątów zawartych mię-
dzy osiami, a normalną ścianą

Utwórzmy stosunek $a:b:c =$

$$= \frac{OP}{\cos(p, x)} : \frac{OP}{\cos(p, y)} : \frac{OP}{\cos(p, z)}$$

nie ulegnie zmianie, gdy go uprościmy

przez OP :

$$\frac{1}{\cos(p \cdot x)} : \frac{1}{\cos(p \cdot y)} : \frac{1}{\cos(p \cdot z)} \text{ i pomnożymy}$$

przez $\cos(p \cdot y)$:

$$\frac{\cos(p \cdot y)}{\cos(p \cdot x)} : 1 : \frac{\cos(p \cdot y)}{\cos(p \cdot z)} \text{ to ostatecznie wy-}$$

rażenie podaje nam stosunek jed-
nostek osiowych (stosunek osiowy), je-
żeli uwazona sciana (HKI) była
scianą jednostkową. —

Stosunek odcinków ściany dowol-
nej $H_1 K_1 I_1$ odmierimy, — jak to już
wyżej była mowa — do odcinków
ściany jednostkowej HKI tworząc
stosunek wzajemny:

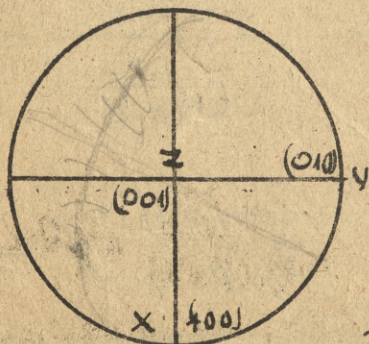
$$\begin{aligned} h : k : l &= \frac{OH}{OH_1} : \frac{OK}{OK_1} : \frac{OI}{OI_1} = \frac{a}{a_1} : \frac{b}{b_1} : \frac{c}{c_1} = \\ &= \frac{\frac{1}{\cos(p \cdot x)}}{\frac{1}{\cos(p \cdot x)}} : \frac{\frac{1}{\cos(p \cdot y)}}{\frac{1}{\cos(p \cdot y)}} : \frac{\frac{1}{\cos(p \cdot z)}}{\frac{1}{\cos(p \cdot z)}} = \\ &= \frac{\cos(p \cdot x)}{\cos(p \cdot x)} : \frac{\cos(p \cdot y)}{\cos(p \cdot y)} : \frac{\cos(p \cdot z)}{\cos(p \cdot z)}, \text{ gdzie} \end{aligned}$$

przez p oznaczono normalną ściany
jednostkowej, zaś przez p normalną scia =

my dowolnej. Ostatnie otrzymane wyrażenie podaje nam wskazówki ściany.

Chodzi o to skąd wziąć kąty: (p, x) , (p, y) ,? Odczytujemy to z siatki Wulffa. Przypomnijmy sobie, że każda ściana przedstawiona jest w rzucie kulistym za pomocą biegunu, t. j. punktu przebicia kuli przez normalną ściany (p , względnie $p.$).

Odległość sferyczna biegunu ściany, od biegunu danej osi jest danym kątem. Odczytujemy to na równoleśnikach, przez prowadzenie biegunu ściany i osi na ten sam południk.

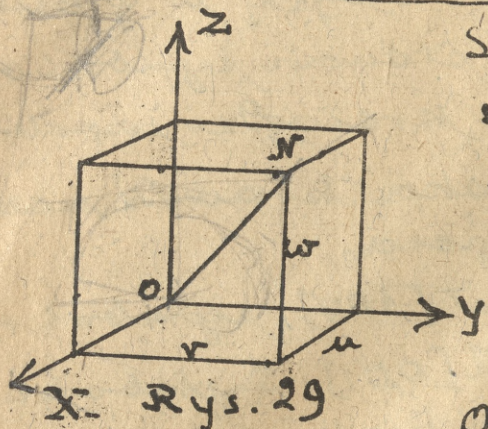


Rys. 28

Aa zakończenie uważamy jeszcze bieguny osi. Biegun osi x możemy uważać za biegun kąta wielkiego w którym leżą osie z i y czyli za biegun płaszczyzny...

O K I. Biegum osi Y jest biegunem
ptor. O H I. Podobnie biegum osi Z .

Prawo parowe.



Ściany przecinające
się w prawach ściech
równoległych tworzą
- jak wiemy - prostopięt.

Kierunek brawędzi
nazywany osią para

On wyznacza położenie

para. Prosta ON (Rys. 29) uważamy
za osi para. Prosta ta jest wyznaczo-
na przez dwa punkty O i N . Punkt O jako
punkt wyjścia, czyli punkt zerowy (począ-
tek układu) jest znany. Trzeba jeszcze
oznaczyć położenie punktu N . W tym
celu podaje się jego współrzędne (u, v, w) ,
a raczej ich stosunek $u : v : w$, gdyż kazi-
dy punkt, którego współrzędne (x, y, z)
mają się do siebie tak, jak $u : v : w$ leży
na prostej ON . Współrzędne (u, v, w) otrzy-
mano w ten sposób, że mierząc

punkt N płaszczyzny równoległej do pł. osiowych.

Stosunek ten $u:v:w$ wzięty w granicach nawias $[u\ v\ w]$ stanowi symbol osi, pasa, lub symbol krawędzi wspólnej ścianom pasa. Taką krawędź nazywamy krawędzią pasa.

Symbol osi x jest $[100]$, symbol osi y — $[010]$, zaś osi z $[001]$. Symbolem przekątnej qtdwonej kostki o ścianach równoległych do płaszczyzn współrzędnych jest $[111]$. —

$$A \sin B \sin C = D$$

$$A B C$$

$$\begin{array}{r} 100 \\ 210 \\ 110 \\ 100 \\ \hline 2100 \end{array}$$

Kierunek pasa określiłiśmy jako kierunek krawędzi powstałej przez przecięcie się dwóch ścian pasa. Gdy więc mamy dane dwie przecinające się ściany, to tem samem dany jest też kierunek pasa. Odpowiadając do tego powinien zachodzić jakiś związek, między symbolem pasa, a symbolami ścian, t. j. mając dane symbole ścian powinniśmy mieć możność na podstawie symbolów dwóch ścian wyrowadzić symbol pasa. Istnieje również zagadnienie odwrotne: dane są dwie proste (krawędzie), wyznaczyć płaszczyznę (ścianę) przez nie określona.

Pierwsze zagadnienie jest wtedy spełnione, to jest krawędź leży w ścianie, gdy ma z nią dwa punkty wspólne; zachodzi wtedy równanie:

$$(1) \dots \dots h u + k v + l w = 0$$

Wtem równaniu (1) liczby h, k, l są wskaźnikami sciany, a liczby u, v, w wskaźnikami pasa. Równanie to wyraża się słownie: suma iloczynów odpowiednich wskaźników pasa i sciany leżącej w tym pasie wynosi zero. N.p. Sciana (432) leży w pasie $[1\bar{2}+]$ ponieważ zachodzi związek: $4 \cdot 1 + 3 \cdot \bar{2} + 2 \cdot 1 = 0$.

Krawędź u, v, w jest osią pasa utworzonego przez sciany $(h k l)$ i $(h_1 k_1 l_1)$ jeżeli leży tak w jednej scianie, jak i w drugiej, czyli jeżeli zachodzą związki

$$h u + k v + l w = 0$$

$$h_1 u + k_1 v + l_1 w = 0 \quad \text{stąd mo-}$$

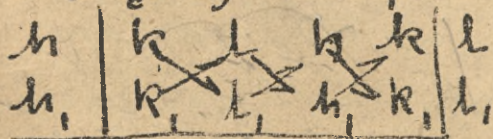
żemy wyprowadzić następujący warunek na wskaźniki: $[u:v:w] =$

$$= (k l, -k, l) : (l h, -l, h) : (h k, -h, k) \dots (2)$$

Ten sposób wyprowadzony symbol pasa odpowiada parowi utworzonemu przez sciany $(h k l)$, oraz (h, k, l) . Ten potrójny stosunek jest istotnie pro-

wodziwy, lecz wyprowadzimy go tylko dla dwu ostatnich członów stosunku, t.j. $v:w$. Dane mamy założenie $ku + kv + lw = 0$, oraz $h, u + k, v + l, w = 0$ stąd obliczamy wartości na u , $-u = + \frac{kv + lw}{h}$ (3), $-u = \frac{k, v + l, w}{h}$ (4)
Odejmijmy równanie (4) od (3) i zarazem sprowadźmy je do wspólnego mianownika. $0 = \frac{h, k, v - h, l, w}{h, h}$, stąd czytamy $v(h, k - h, k_1) + w(h, l - h, l_1) = 0$ oraz $v:w = (l, h_1 - l_1, h_1) : (h, k_1 - h, k_1)$, w podobny sposób wyprowadza się stosunek $u:v$, oraz $u:w$.

Chodzi o to jak zapamiętać ten, bądź, co bądź skomplikowany wzór?



Kapiramy obok siebie dwa razy wskaźniki jednej

ściany, pod nimi odpowiednie wskaźniki drugiej ściany, odejmijmy skrajne kolumny, i obliczmy środek, jakbyśmy otrzymały wyznaczniki:

$\begin{vmatrix} k & l \\ k_1 & l_1 \end{vmatrix}, \begin{vmatrix} l & h \\ l_1 & h_1 \end{vmatrix}, \begin{vmatrix} h & k \\ h_1 & k_1 \end{vmatrix}$ potem utworzymy
stosunek strzymany liczb:

$(k l_1 - k_1 l) : (l h_1 - l_1 h) : (h k_1 - h_1 k)$ będzie to ża-
dany stosunek liczb, będący symbolem
pasa. Przykład: szukamy symbolu
pasa do którego należą ściany (111) ,
oraz $(1,2,3)$ tworząc nasz wzór, odcinam

$\begin{array}{c|ccc|c} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 1 & 2 & 3 \end{array}$ skrajne kolumny i wyra-
chowujemy: $(3-2) : (1-3) : (2-1) =$

$= 1 : -2 : 1$ napiszemy to w formie $[1 \ 2 \ 1]$,
oto symbol, o który chodzi. -

✓ Teraz zagadnienie odwrotne, mamy
dane dwa pary, znaleźć ścianę pas-
tającą na przecięciu się tych dwóch pa-
sów. Dane więc są pary $[u \ v \ w]$ i $[u_1 \ v_1 \ w_1]$
jeżeli ściana $(h k l)$ leży w obu tych pa-
sach, to zachodzą związki: $h u + k v + l w = 0$
oraz: $h u_1 + k v_1 + l w_1 = 0$ stąd w sposób
zupełnie podobny do poprzedniego strzy-
mamy: $h : k : l = (v w_1 - v_1 w) : (w u_1 - w_1 u) : (u v_1 - u_1 v)$
obliczamy to za pomocą podobnego jak
i poprzednio wzoru (wyznacznika):

$$\begin{array}{c} 111 \\ 123 \end{array} \quad \begin{array}{c} 3-2(-2)1 \\ [1\bar{2}, 1] \end{array} \quad -37-$$

$$\begin{array}{c|c|c|c|c|c} u & v & w & u & v & w \\ \hline u_1 & v_1 & w_1 & u_1 & v_1 & w_1 \end{array}$$

Dla przykładu
obliczmy symbol
ściany należącej

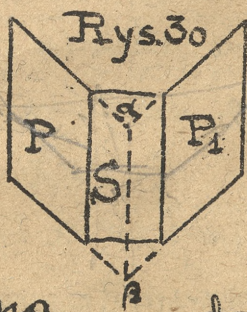
do pasów $[1\bar{2}1]$ oraz $[\bar{1}12]$ tworząc

$$\begin{array}{c|c|c|c|c|c} 1 & \bar{2} & 1 & 1 & \bar{2} & 1 \\ \hline \bar{1} & 1 & 2 & \bar{1} & 1 & 2 \end{array}$$

wzór i obliczamy go

$$(-4-1):(-1-2):(1-2) = -5:-3:-1$$

otrzymano $(5\bar{3}\bar{1})$ jako symbol żądanej ściany.



Uważajmy dwie ściany
(P) oraz (P₁) przecinające
się wzdłuż krawędzi ($\alpha\beta$).
Powstała trzecia ścia-
na (S) jednakowo nachy-

lona do obu poprzednich ścian.
skutkiem tego znikła krawędź ($\alpha\beta$), a po-
wstały dwie inne (PS) i (P₁S). Stwierdźmy
wtedy, że ściana (S) spełnia krawędź ($\alpha\beta$)
i że ściana (S) nazywamy ścianą pro-
stośćepiącą krawędź. Na podsta-
wie związku pasowego możemy ze
wskaźników dwóch ścian wyprowe-
dzić wskaźnik ściany prostopadłej.

do prostostępiącej krawędź. W tym celu odejmuje się wskaźniki od siebie.

Przykład. Dane siana (111), oraz ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$), odejmujemy je od siebie i uproszczamy przez 2 na (101) .

$$\begin{array}{r} 1 \ 1 \ 1 \\ \bar{1} \ \bar{1} \ \bar{1} \\ \hline 2 \ 0 \ 2 \end{array}$$

Kasze dotychczasowe rozważania dadzą się tak ująć: Położenie siana, powstającego na przecięciu się dwóch pasów, jest krytalograficznie ściśle określone. Wszystkie możliwe siana dadzą się wyprowadzić z najprostszej postaci, jako przecięcia pasów, a ich wskaźniki wyprowadzone tą drogą, wyrażają się stosunkiem liczb prostych.

Symetria.

Na kryształ równomiernie wykrystalizującym dostreżemy siana jednoliczne, t. j. równe, równoległe i przeciwległe. Pośród ograniczonych sianami jednolicznymi nazywamy proste, zaś postać ograni-

czonę scianami niejednoznaczności - złożoną (kombinację).

W grupowaniu ścian jednorodnych na krystale zauważamy pewną prawidłowość. Tę prawidłowość nazywamy symetrią. Na kryształach mogą występować takie tylko rodzaje symetrii, które są zgodne z prawem wymowności wskaźników. -

Elementy symetrii.

a/ Plaszczyzna symetrii jest to płaszczyzna, która dzieli kryształ, na takie dwie części, które mają się do siebie tak, jak przedmiot i odbicie jego w zwierciadle. Elementy powierzchniowe (ściany, krawędzie, naroża) mają po obu stronach płaszczyzny symetrii to samo następstwo. Płaszczyznę symetrii oznaczamy w rzucie środkowym grubą pełną linią. Schematycznie oznaczamy pł. symetrii literami P i Π . Π oznacza nam pł. sym. w której leżą

osie krytalograficzne, zaś literą P — pł. sym. w której żadna oś nie leży b/ Os symetrii — jest to kierunek około którego następuje pny obrót. Takie samo powtórzenie się identycznych położeń w przestrzeni, w których kryształ pokrywa się sam ze sobą.

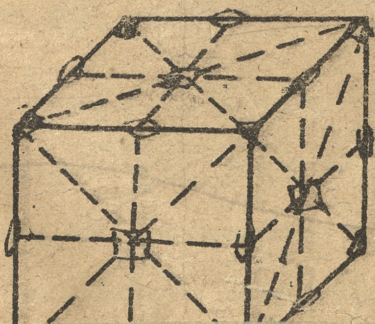
Jakość osi wyraża się stosunkiem:

$\frac{360^\circ}{X^\circ}$, pnyżem X° jest to najmniejszy kąt, o jaki trzeba obrócić kryształ, aby otrzymać identyczne z poprzednim, położenie kryształu w przestrzeni. X° może się równać 180° , 120° , 90° , 60° , tym natom odpowiadają liczby: 2, 3, 4, 6, jako wartości stosunku $\frac{360^\circ}{X^\circ}$, zwanego wielokrotnością osi.

Zależnie od wartości tego stosunku nazywamy osie symetrii: dwukrotną, trójkrotną i t. p. W rzucie stereograficznym oznaczamy osie: dwukrotną: $\bigcirc$, trójk. Δ , czterokr. $\square$ i szesnast. $\bigcirc$. Kresliny te znaki w punkcie odpowiadającym nullowi

bieguna osi. Schematycznie znaczymy osie: dwuokr. L^2 , trójokr. L^3 , czterokr. L^4 , sześciokr. L^6 .

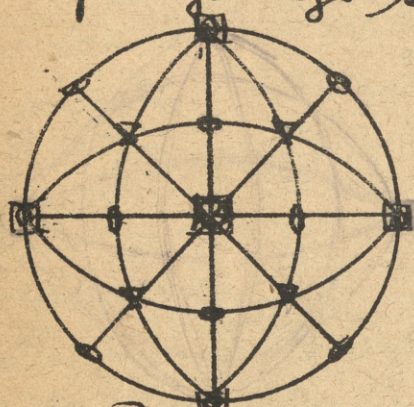
c/ centrum symetrii jest to punkt w środku kryształu, przez który możemy przeprowadzić proste, łączące na powierzchni kryształu elementy jednoznaczne. Kryształy posiadające centrum symetrii, posiadają zawsze ściany równoległe i przeciwległe. Również na odwrót: gdy kryształ posiada ściany równoległe i przeciwległe, to ma też centrum symetrii. Centrum symetrii oznaczamy ~~to też~~ schematycznie literą C.



Rys. 31

Na przykład uważamy niasian (Rys. 31) Posiada ściany równoległe i przeciwległe, a więc ma centrum symetrii. Rozatem wykazuje...

$3L^4$ — trzy osie czterokrotne,
 $4L^3$ — cztery osie trójrotne,
 $6L^2$ — sześć osi dwukrotnych.
 i 9 p.t. symetrii, w trzech z tych
 p.t. sym. leżą osie krystalograficzne,
 w sześciu nie, będzie więc $3T+6P$.
 W projekcji stereograficznej przedstawia
 nam się kostka, jak
 na (Rys. 32)



Rys. 32

Symetria kry-
 ształu, nie jest czy-
 sto morfologicznym
 objawem, lecz jest

wyrazem jego wewnętrznej budowy;
 dlatego musimy poznać nieco tę os-
 tatnią.

Materia nie wykazuje ciągłej stru-
 ktury. Ciąto pozornie jednolite, składa
 się w rzeczywistości z cząsteczek, masy
 luźnie rozmieszczonych. Atomistyczna
 teoria budowy materji powiada, że czą-
 steczki są agregatami atomów, atomy

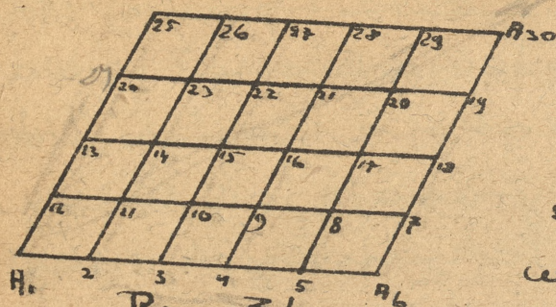
zaś składają się z jądra i pewnej ilości elektronów krążących wokół jądra jak planety naokoło słońca. Odległości jąder wyrażają się liczbą 10^{-8} cm. Wobec tak małych odległości nieciągła materia wydaje nam się ciągłą. Aż wiliśmy na początku, że własności kryształu zależą od kierunku, w którym je badamy, by sobie to wytłómaczyć, musimy przyjąć, że rozmieszczenie cząsteczek, w różnych kierunkach jest różne, ale prawidłowe, czyli uważamy je za punkty około których, wszystkie inne są jednakowo rozmieszczone i dlatego nazywamy je punktami identycznymi. Połączymy proste punkty identyczne



Rys. 33

(Rys. 33) powstanie prostoliniowy szereg

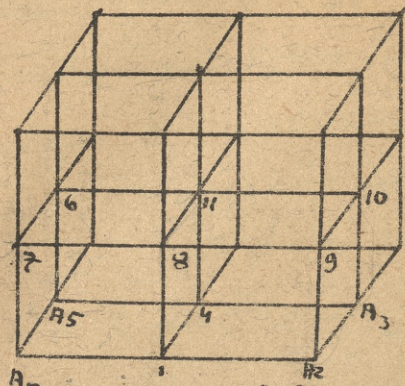
punktów identycznych, o identycznych okresach (odległościach). Jest to jednorodny, jedno-wymiarowy i nieciągły szereg (Discontinuum). ~



Rys. 34

Przyjmijmy
długości miaro-
wość, a to jest ten
sprób, że przedo-
wolny punkt szeregu
punktów ^{międzywojewódzki} drugiego szeregu

punktów identycznych dowolnie wzglę-
dem pierwszego nachylony. Zasada
identyczności wymaga, by tak samo
inne punkty pierwszego szeregu
poprzedzić nachylone do pierwszego
szeregu. Okresy, w ogóle, są inne
w szeregu pierwszym (1, 2, 3, 4) zaś inne
w szeregu przesuniętym (1, 12, 13, 24, 25), to
zaś są inne od okresów w kierunku
(1, 11, 15, 21) i t.p. widzimy, że wielkość
okresów odpowiada zasadzie równo-
kierunkowości. Utwórz długości miar-
owy (Rys. 34), co dopiero omówiony
nazywamy plasazyną sieciową.
Weźmy teraz pod uwagę szereg równo-
ległociansów, które w narożach mają



Rys. 35

Srodki ciężkości
cząsteczek. Jest to
trójwymiarowy
kompleks punktów
identycznych (Rys. 35)
Nazywamy go siecią
przestrzenną. Do punktu A_0
właściwie nie ma punktu

identycznego, ponieważ jest on punktem
skrajnym, gdyby się jednak sieć rozcią-
gała nieograniczenie, to stałby się pun-
ktem identycznym. Jeżeli byśmy we-
wnątrz jakiegoś elementarnego (najmiej-
szego n. p. $A_0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$) równoległoscia-
nie przyjęli jakiś punkt, to musielibyśmy
też wedle zasady identyczności przyjąć ten
punkt we wszystkich innych równoległoscia-
nach elementarnych, lub też, co na jedno wy-
chodzi przesunąć sieć przestrzenną o ten
przyjęty punkt. Wewnątrz równoległoscia-
ni elementarnego nie może być dwóch
punktów do siebie identycznych. —

Co do okresów, to są one równe wzdłuż prostych równoległych. Różnica okresów zależy od kąta nachylenia danego kierunku, jest tem wybitniejsza im bardziej dany kierunek zbliża się do kierunku najczęściej przez cząsteczki obsadzonego.

François Hauy (1743-1822), który pierwszy postawił prawo wymienione w książkach, wyprowadził także teorię struktury kryształów na podstawie ich twardości, to jest ich zdolności rozstępowywania się pod wpływem uderzenia, lub nacisku w płaszczyznach zupełnie określonych. Otóż Hauy sądził, że kryształ składa się z małych submikroskopowych cząsteczek odpowiadających kryształom twardości i ściśle przylegających do siebie, jak cegły w murze. —

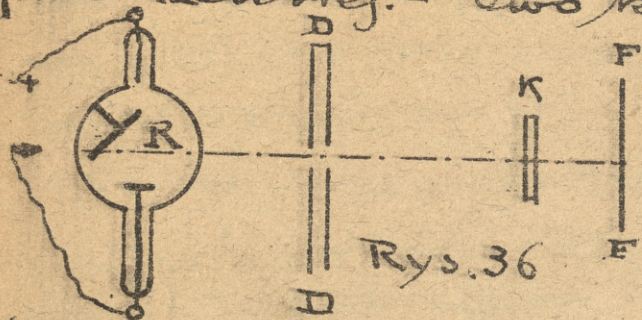
Bravais, również François (w r. 1849) nawiązując do przestawienia międzymolekulome

potrzebne do wykonywania ruchu,
zgodnie z nowym pojęciem materii.
postawił teorię struktury sieci me-
talicznej, Według tej Teorii cząsteczki
są w ciągłym ruchu, a punkty sieci
wyobrażają ich środki ciężkości.

Każda ściana kryształu jest płaszczyzną
sieciową, przy czem wyróżniają
się tylko najgęściej cząsteczkami obla-
dzone płaszczyzny (wyróżniają np. Tępliw-
woscia.) Fizycznie udowodnił tę
teorię Laue (1912), a właściwie jego
uczeń w Altonachum: Friedrich
& Knipping. Wykazał on, że promie-
nie Roentgena (wykryte w r 1895) prze-
chodzące przez płytkę z kryształu ugię-
niają się i interferują ze sobą tak samo,
jak promienie światła zwykłego prze-
chodzące przez siatkę dyfrakcyjną.

Fale światła zwykłego mają długość
ok. $\lambda = 10^{-5}$ cm, zaś fale Roentgena
 $\lambda = 10^{-8}$ to jest mniej więcej odpowia-

dają odległościom cząsteczek w sieci krystalicznej. - Czworoklaszowe doświad.



czwie przed-
stawia się
w ten sposób
Światło lampy
Roentgenowskiej

(R) (Rys. 36) przechodzi przez prostony (D) i pada przez płytkę z kryształu (K) na płytę fotograficzną (F) na płycie powstają ciemne plamy, które zależą od kierunku badanego kryształu, z którego wycięto płytkę. N. p. wylaminowy z kryształu blendy cynkowej płytkę prostopadłe do osi czterokrotnej



Rys. 37



i fotografujemy ją w świetle jednorodnych promieni Roentgena. Otrzymujemy fotografię (Rys. 37. A) tak zw. Dyagram Lauego, wykazuje plamy ugrupowane wedle symetrii krystalu

Dyagram płytki wyciętej z blundy cynkowej prostopadle do osi trójkrotnej wykazuje ugrupowanie plam o symetrii trójkrotnej. (Rys 37.B).

Symetria obrazu zależy zatem od kierunku w jakim światło przechodzi przez kryształ przechodzi, wskazuje wewnętrzne ułożenie jego cząsteczek, czyli jego ustroju (strukturę), zależy od budowy kryształu.

Braggowie — ojciec i syn, — Amerykanie udowodnili metodą analityczną, że plamki w Dyagramach Lauego są wynikiem interferencji fal.

Lauego metoda wyznaczania struktury kryształów skutkiem interferencji fal Roentgenowskich polega na tem założeniu, że: ściśle ugrupowanie atomów może, wskutek odbicia promieni, wywołać interferencję, która w swoich maximum daje na płycie fotograficznej system plam o symetrii zależącej od orientacji względem promi-

świecących promieni i od ujemnej krytału.

W r. 1914 Braggowie stwierdzili jednorodne promienie Roentgena (promienie R. składają się z fal o różnych długościach. Jednorodne promienie mają fale o jednej określonej długości) i wykazali, że warstwy atomów (płaskich siatek) wewnątrz krytału tylko w pewnych określonych kierunkach reflektują (odbijają) te promienie z największą intensywnością, tak by promienie odbite od różnych warstw różniły się co do fazy, a więc w jednej płaszczyźnie mogły interferować.

Mającą proste $p_0, p_1, \dots$ (Rys. 38) one przedstawiają nam płaską siatkę w poprzecznym przekroju; p_0 jest ścianą krytału. $A_1 B, A_2 B, \dots$ są to promienie padające na ścianę krytału pod kątem α . Prosta $A_1, A_2, \dots$

mionach zgodnie prostopadłych ($DB \perp AB, BE \perp p$). Z trójkąta DBE czytamy: $DE = BE \sin \alpha = 2d \sin \alpha$, jeżeli przez (d) oznaczymy odległość przeszczyżen sieciowych. -

Maksima interferencji wystąpią wtedy, gdy różnica dróg obu promieni wyniesie: $n\lambda$, czyli gdy $2d \sin \alpha = n\lambda$, ($n=1, 2, 3, \dots$)

Stąd dla danego odpowiednio promienia o danej fali (λ) możemy wyznaczyć (d) odległość warstw, a co zatem idzie rozmiary równoległoboku elementarnego, ograniczonego przez punkty sieci przestrzennej:

Badania Debye'a z r. 1915 wykazały, że wyrazistość obrazu (Djagramu Lauego) jest tem większa, im niższa jest temperatura badanego kryształu. Pochodzi to w związku z ruchem cząsteczek, który rośnie z wzrostem temperatury i dla-

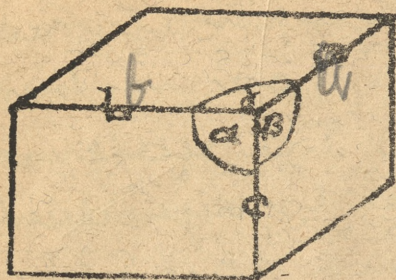
tego w wyższej temperaturze obraz fotograficzny coraz bardziej się zaciera. Ta zależność od temperatury jest indywidualna: n. p. Sól kamienna daje obrazy aż do temperatury 350° , powyżej nie można uzyskać diagramu. Natomiast kwarczec daje obrazy, aż do temperatury 750° . —

Zależności wyrazistosci obrazu od temperatury potwierdza zatem hipotezę cząsteczkowo-kinetyczną. —

Układy krystalograficzne.

Ścieżki przestrzenne należą do różnych układów krystalograficznych, zależnie od kątów zawartych pomiędzy (krawędziami) prostymi T_2 -częściami poszczególnych cząsteczek równoległosciannym elementarnym.

Bierzemy również pod uwagę równość, względnie nierówność kra-



Rys. 39. -

wędrze tego równoleżniaczem.

Mówimy naraz, wspomnianego równoleżniaczem elementarnego (Rys. 39). Za-

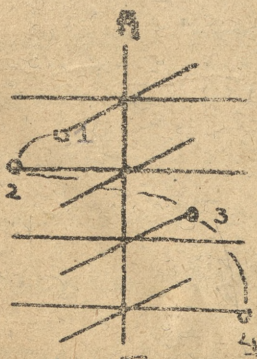
znaczamy kąty α, β, γ w porządku odpowiednim do ruchu wskazówek zegara. Krawędzie leżące na przecięciu tych kątów oznaczamy odpowiednio a, b, c . -

Odnośnie do tych przecięcia elementów: $a, b, c, \alpha, \beta, \gamma$, możemy wyróżnić następujące kombinacje:

1. $\left. \begin{array}{l} a \neq b \neq c \\ \alpha \neq \beta \neq \gamma \end{array} \right\}$ sieć przestrzenna należy do układu trójskośn.
2. $\left. \begin{array}{l} a \neq b \neq c \\ \alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma \end{array} \right\}$ sieć przestrzenna należy do ukł. jednoskośn.
3. $\left. \begin{array}{l} a \neq b \neq c \\ \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \end{array} \right\}$ sieć przestrzenna należy do ukł. rombowego.

- $a = b \neq c$ } niei' prostokąta na-
 4/ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ } leży do układu tetrag.
 $a = b = c, \neq c$ } niei' prostokąta na-
 5/ $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$ } leży do układu trygonalnego.
 6/ $a = b = c$ } niei' prostokąta na-
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ, \gamma = 60^\circ$ } leży do układu heksagonalnego.
 7/ $a = b = c$ } niei' prostokąta na-
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ } do układu regularnego.
 Jest tych siedem możliwych kombinacji -
 cji. - innych nie ma. -

Rozważamy jeszcze t. zw. elementy
 symetrii związanej t. j. oś proste-
 wą i płaszczyznę zwierciadła symetrii.
 wq. -



Rys 40 B

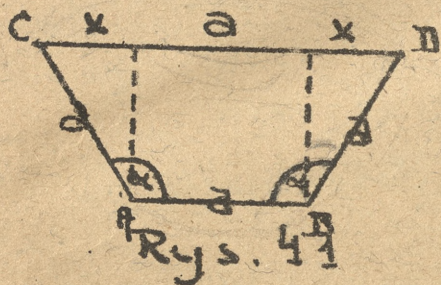
2/ oś prosta (Rys. 40)

jest to taka oś symetrii
 przy której możemy kry-
 stał obrócić i zarazem
 przesunąć w kierunku
 osi, aby pokryły się
 podobne elementy po-

wiersznicowe. W takich sieciach przestrzennych, w których występują osie krystaliczne przypuszczamy istnienie zwierciadłowych płaszczyzn uskokowych, jako pt. symetrii. (b). —

Opierając się na elementach symetrii prostej, t. j. na osi obrotowej, płaszczyźnie symetrii, tudzież translacji (równoległym przesunięciu sieci przestrzennej), i symetrii złożonej kryształów, możemy drogą matematyczną wyprowadzić 230 grup przestrzennego rozmieszczenia atomów, jednakże zewnętrzne cechy kryształów zniekształcają nas do redukcji tego podziału na 32 klasy symetrii, nazywamy klasą symetrii zespół wszystkich kryształów mających jednakową ilość i jednakowe ugrupowanie kierunków jednorodnych. Ilość rodzajów symetrii jest zatem zgodnie z pra-

wymierności wskazników ograniczona, gdyż zgodnie z tem prawem mogą na kryształach występować identyczne elementy powierzchniowe tylko przez obrót o 180° , 120° , 90° , 60° . To odpowiada istnieniu osi: dwu-, trój-, czter-, sześcioprotnej. Oś pięcioprotna natomiast nie istnieje.



W celu udowodnienia powyższego wzięliśmy w siebie kilka punktów identycznych (Rys. 41)

Dane są dwa punkty ident. (A) i (B). Odległość pomiędzy nimi oznaczmy przez (a). Wprowadzimy teraz dwa inne punkty identyczne z poprzednimi (C) i (D) leżące na prostej (CD) $\parallel$ (AB). Punkty te (C), lub (D) możemy otrzymać obracając się około osi n -protnej o $k\pi$ (α)

Odległość $\overline{AC} = \overline{BD} = a$ ponieważ punkty (C)

jest identyczny z punktem (B) więc musi być tak samo jak i ten sam oddalony od punktu (A). - Po dołbie ma się więc z punktem (D). -

Punkty (C) i (D) tworzą znany ciąg jednostajny i ciągły (ciągły) o okresach będących całkowitymi wielokrotnościami a . Napiszemy to:

$$\overline{CD} = n a, \text{ gdzie } (n = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

$$\overline{CD} = a + 2x$$

$$x = a \cdot \sin(\alpha - 90^\circ) = a \cdot \cos \alpha$$

Stosując te określenia, otrzymamy równość:

$$n \cdot a = \frac{1}{2} a + 2a \cos \alpha \text{ otrzymamy}$$

Stąd wyrażenie:

$$\cos \alpha = \frac{n-1}{2} \quad n \text{ jest liczbą całkowitą, } n-1 \text{ również, oznaczmy ją}$$

przez $IV = n-1$. Gdy na IV przyjmować będziemy wartości 0, 1, 2, to na $\cos \alpha$ otrzymamy następującą

tabelkę:

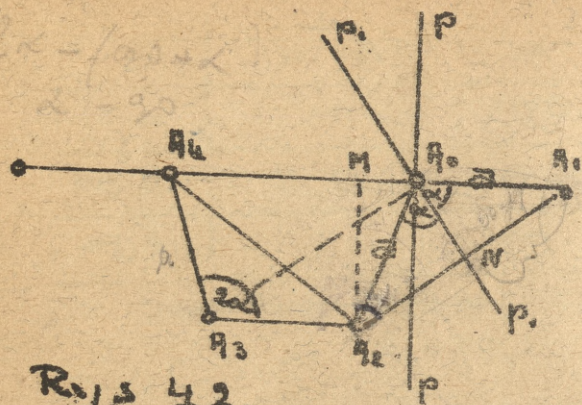
$ N $	$\cos^+ \alpha$	α	$\cos^- \alpha$	α
0	0	90°	—	—
1	+0,5	60°	-0,5	120°
2	+1	0°	-1	180°
$N > 2$	cos nie przyjmuje wartości $ \cos \alpha > 1 = \frac{1}{2}$			

z powyższego widzimy, że p.t. symetrii mogą przecinać się tylko pod kątami, 0°, 60°, 90°, 120°, 180°, odpowiadają temu zaś symetrii ^{reszty} jedno-, trój-, i dwu-krotne. — Ilość możliwych w kryształach p.t. symetrii jest również ograniczona. Kryształy mają: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, lub 9. płaszczyzn symetrii, zatem niema kryształu, który by miał 8, lub więcej niż 9 p.t. symetrii. —

Ażteny jeszcze w inny sposób okazać ten fakt, że p.t. sym. są do siebie nachylane tylko pod kątami:

0°, 60°, 90°, 120°, 180°. Hianowicie:

Bierzemy pod uwagę A_0 (Rys 4.2) punkt



Rys 42.

W sieci pro-
stiennej. Pre-
zeń przechodzą
dwa p. syme-
tryji (p. p.) i (p. p.)
W pierwszej odle-
głości od nie-

go niech będzie identyczny punkt A_1 .
Ten drugi punkt (A_1) obróci się około
o kąt 2α na skutek działania pła-
szczyzny symetriji ($p_1 p_2$) i przejdzie w
punkt (A_2) identyczny z (A_1) w dalszym
ciągu wymaga zarada identyczności
by znalazł się punkt (A_3) identyczny
z (A_0). czworokąt ($A_0 A_1 A_2 A_3$) jest rów-
nowym równoległobokiem (cechami) w
sieci. Punkt (A_2) obróci się około (A_3)
o ten sam kąt (2α) i utworzy iden-
tyczny z (A_0), oraz (A_1) punkt (A_4). Punkty
(A_0), (A_1) i (A_4) leżą na jednej prostej.
Uważajmy teraz kilka geometrycznych
określeń: $\overline{A_1 A_4} = m \cdot a$ (m jest liczbą całkowitą)

$$(p, p_1) \equiv H_0 N \perp H_1 H_2$$

$$H_1 H_2 = 2 \cdot a \cdot \sin \alpha$$

$$\angle M H_2 H_1 = \angle H_1 H_0 N = \alpha \text{ (gdzi } M H_2 \perp H_0 H_1)$$

oraz $H_2 H_1 \perp H_0 N$).

$$H_1 M = 2 \cdot a \cdot \sin^2 \alpha$$

$$H_1 H_4 = 2 \cdot a \cdot \sin^2 \alpha, \text{ poniewaz}$$

$$\overline{H_1 H_2} = \overline{H_2 H_4}, \text{ stad}$$

$$m \alpha = 4 a \sin^2 \alpha$$

$$m = 4 \sin^2 \alpha \text{ ukladamy}$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{m}{4}$$

teraz tabel 29, przyjmujac na (m) kolejno rozne wartosci calkowite:

m	$\sin^2 \alpha$	$\sin \alpha$	α
0	0	0	$0^\circ, 180^\circ$
1	0,25	0,5	30°
2	0,50	$\sqrt{0,50}$	45°
3	0,75	$\sqrt{0,75}$	60°
4	1	1	90°

sa to katy jakie zawieraja ze soba pionowy symetrii.

Enancjomorfizm.

Enancjomorfizmem nazywamy ten

objaw symetrii, że dwa ciała mają się do siebie tak, jak przedmiot i odbicie jego w zwierciadle, lub jak ręka prawa do lewej, a więc przedmiot nie dadzą się sprowadzić w położenie identyczne. Symetria kryształu nie jest morfologicznym tylko objawem, lecz wyrazem wewnętrznej budowy kryształu. Aby uwzględnić tę wewnętrzną symetrię budowy kryształu musimy go badać metodami fizykochemicznymi do tych należą 1) pyroelektryczność, 2) metoda wytrawiania i 3) Skrócenie planaryzacji sinita.

Pyroelektryczność, nazywamy ten objaw, że przy zmianie temperatury, t. j. przy ogrzewaniu, lub ochładzaniu, można w kryształach wywołać stan elektryczny. W czasie ochładzania powstaje

naboje elektryczne o przeciwnym znaku, jak podczas ogrzewania. Do badania, w jaki sposób się ciało elektryzuje, nie używamy galwanometru, ani elektrokopii, gdyż są to instrumenty za grube, a ileż, powtarzając w czasie zmiany temperatury, elektryzujemy, jest znikomą małą.

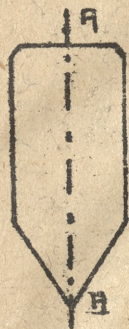
Stwierdzić do tego metoda opylania (Hundta) polegająca na tem, że badany kryształ opylamy proszkiem, mianowicie miedziowym sproszkowanej siarki (S) i miedzi (Pb, Cu) zapomocą miernika, zaopatrzonego w wyłot w siatkę z bawełnianego muszlika. Siatka jest czerwona i ładuje się elektrycznie dodatnio, natomiast siarka jest różowa i ładuje się ujemnie.

Badanie przeprowadzamy w ten sposób:

Ogniewany kryształ opylany powyżej opisanym proszkiem. Wydumchiwana przez muslinową, bawełnianą siatkę elektrykuje się, i to niekiedy ujemnie, mija - dodatnio, na naelektryzowanych krawędziach (biegach) kryształ osadza się proszek przeciwnego znaku, więc: krawędzie dodatnie pokrywają się iótro, krawędzie ujemne czerwono n. p. w kwarcu (Rys. 43) Tęczy się krawędzie na przemian dodatnio i ujemnie, stąd wynika, że posiada on trójbrotną tylko symetrię krystolograficzną, choć sześcio-brotną, geometryczną.

Na turmalinie n. p. jeden koniec kryształu tęczy się dodatnio, drugi ujemnie. Biegum tęczyący się w czasie ogławiania dodatnio nazywa się analogicznym, Tęczyący się ujemnie - antylogicznym.

Oś polarna. Oś symetrii, która na
swych końcach łączy odmiennie elementy
powierzchniowe nazywamy osią polarną

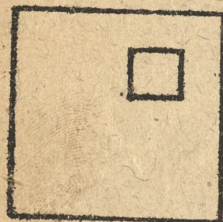


(Rys. 44. A-B) n. p. Turmalin
hemimorficzny (głównie krenowy)
mają oś polarną, gdyż na jed-
nym końcu kryształu mają
ścianę dwusieczną (A), na drugim
zaś piramidę (B). Oś polarną

Rys. 44. oznaczamy wskazówkami p
u symbolu osi n. p. $\mathcal{L}_p^2$ - oznacza dwukr.
oś polarną. Jeżeli kryształ okazuje na
przeciwnych końcach odmiennie właso-
ści, to nazywamy go półpostaciowym
(hemimorficznym). -

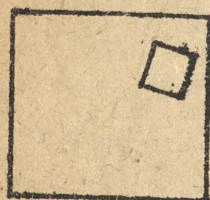
Metoda wytrawiania polega na tem,
że na kryształ działamy rozczynnikami
i badamy wklęsłości jakie powstają.
Te wklęsłości (figury wytrawione) albo
okazują symetrię zgodną ze symetrią
kryształu, albo też nie, w tym ostatnim
wypadku symetria kryształu nie jest zu-

pełna. Symetria krytalograficzna jest bardzo często niższa od symetrii geometrycznej postaci. Ilwa-



Rys 45

zajmy ściankę kryształu soli kamiennnej (Rys 45), figury wytrawienia mają kształt kwadratów o bokach równoległych do ścian kryształu.



Rys 46

Swiadczy to o tem, że symetria geometryczna pokrywa się z krytalograficzną. Inaczej jest u rybniku (K. A.) figury wytrawienia nachylone o kąt 15° (Rys 46) Świadczy o tem, że symetria krytalograf. jest niższa od geometrycznej.



Rys 47

Kalcyl (CaCO_3) wytrawiany kwasem solnym daje figury (Rys 47.) wykazujące, że ściana geometrycznie dwusymetryczna ma tylko jedną os symetrii krytalograf.

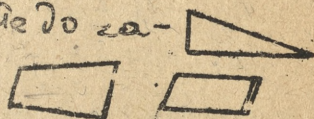


Rys 48

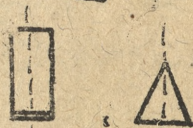
Dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) ma postać geometryczną to samą co i kalcyt w istocie jest pozbawiony symetrii krystalograficznej, jak to wykazują figury wytrawienia.

Symetria ścian. Ze względu ^{na} kształt i w łamności krawędzi, tudzież ze względu na położenie ścian względem elementów symetrii, ściany mogą być:

Asymetryczne (nie prostopadłe do żadnego elementu symetrii)

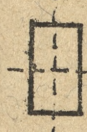


Jednosymetryczne (cz. prostop. do 1 pt. symetrii.)



Dwusymetryczne (cz. prostop.

do dwóch płaszczyzn symetrii.)



Trójsymetryczne (cz. prostop.

do trzech płaszczyzn symetrii.)



Czterosymetryczne (t.j. prostop.

do czterech pł. symetrii.)



Sześciosymetryczne
(t.j. prostop. do 6. pł. sym.)



symetryczne względem punktu
(t.j. prostopadło jednej osi dwukr.)



symetryczne względem osi:

trójosiowej

(cz. $\perp$ 2 osi trójkr.)



czterosiowej

(cz. $\perp$ 2 osi czterokr.)



sześcioosiowej

(t.j. $\perp$ 2 osi sześciokr.)



5 koncu musimy zauważyć, że symetria kryształu nie ulegnie zmianie gdy na nim powstanie jakaś nowa ściana, gdyż napewno powstanie również ściana do niej symetryczna.



Rys. 49

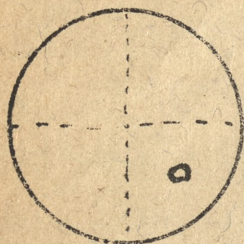
Uważajmy prawy łuk sektant w rzucie stereograficznym (Rys 49). Jest 7 możliwych typowych położeń ścian. Na bokach trójkąta

Sferycznego, na wierzchołkach trójkąta i na polu:

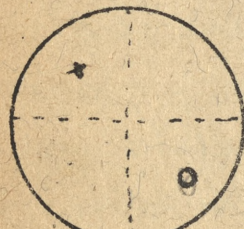
- a. { ściany I, II, III przecinają się z nich jedną tylko oś. Są to tak zw. ściany podstawowe o symbolu (na: ob: oc)
- b. { ściany 1, 2, 3, każda z nich jest równoległa do jednej osi, przecina pozostałe są to ściany przyśrodkowe (na: mb: oc)
- c. { ściana 0 przecina wszystkie osie, jest to ściana piramidalna (na: mb: pc)

Wyprowadzenie 32 klas symetrii.
porównując kryształy o symetrii niższej z kryształami o symetrii wyższej widzimy, że wyraża jest wielokrotnością niższej i że jest 5 takich różnicowych typów symetrii niższej a mianowicie:

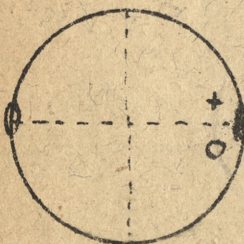
1. klasa pedionalna cr. asymetryczna (Rys. 50) Ściana istnieje sama dla siebie, zinnemu nie porównuje się w żadnym związku.



Rys 50



Rys 51



Rys 52



Rys 53

2. Klasa pinakoidalna (Rys 51)

Każdej scianie odpowia-
da sciana równoległa i prze-
ciwległa (symetria względem
punktu). Występuje w tej
klasie centrum symetrii.

3. Klasa sferoidalna

(sferoid = klin) (Rys 52)

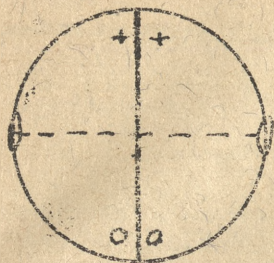
Sciany nierównoległe pokrywają się przez obrót
około osi symetrii dwu-
krotnej. Występuje w tej
klasie oś symetrii.

4. Klasa domatyczna.

(doma = daszek)

Dwie sciany nierównoległe
można sprowadzić w po-
łożenie identyczne przez od-
wicie zwierciadlane. (Rys 53)

Symetria względem płaszczyzny.
(Płaszczyzna sym. równoległa na
rysunku grubą kreską.)



5. Klasa pryzmatyczna.

Dwie ściany są symetryczne względem płaszczyzny (jak w poprzedniej klasie), poza tem istnieje do każdej z nich ściana równoległa.

Rys 54. Z nich ściana równoległa przeciwna. W klasie tej występuje: os' dwukrotna, płaszczyzna symetrii oraz centrum symetrii. (Rys. 54)

Z ostatniego przykładu widać, że gdy przyjdzie nam płaszczyznę symetrii i os' dwukrotną prostopadłą do tej płaszczyzny, to wystąpiło też i centrum symetrii. Jest to szczególnym przypadkiem następującego pravidła:

„Płaszczyzna symetrii, os' dwukrotna do niej prostopadła i centrum symetrii są zawsze ze sobą w takim związku, że gdy tylko na jakiejś postaci krystalograficznej istnieje dwa z tych elementów symetrii, — to wystąpi też i trzeci. —

Klasy pedionalna i pinakoidalna
tworzą tak zw. układ trójkrotny. Kła-
sy sfenoidalna, romatyczna i py-
zmatyczna - układ jednostkowy.

Porozumie 27 klas można uwa-
żać za rytmiczne powtórzenie
się tych 5-ciu form najprostszych.
Dany motyw (na rysunku grupy
kółek 0, lub poniżej +) powtórza-
my dwa, trzy i t.d. - raz w okolicy pro-
stej koła projekcyjnego, który uważa-
my za biegun osi Dwa-, Trzy-, i t.d.
- krotniej.

Powtórzenie dwukrotne daje układ
rombowy.

Powtórzenie trójkrotne daje układ
trygonalny.

- czterokrotne - tetragonalny.

- sześciokrotne - heksagonalny.

w końcu regularne trójkrotne
powtórzenie się motywu w poszer-
zonych oktantach (ósemkach pne-

stronami) daje układ regularny.

Wszystkie siedm układów trójkątnych na trzy grupy:

I. grupa równoległobokowa pary równoległobokowe, kryz równoległobokowe, należę tutaj układy: trójkątne, jednokątne, oraz romboidalne. —

II grupa wrzecionowata pary i kryz wrzecionowate. Należę tutaj układy: trójkątne, czworokątne, heksagonalne.

III grupa izometryczna, pary równoległobokowe, kryz równoległobokowe, należę tu układ regularny, kryz izometryczny.

— . . . —

Do każdego z tych układów należę klasy o różnej symetrii, wrażemy ich stosunek wyrażamy jak następuje:

Heleodryja nazywamy klasy o najwyższej liczbie ścian (elementów symetrii) n.p. klasa pinakoidalna w układzie

trójkątnym. —

Namiędzy nazywamy klasy opo-
wie tej ilości siian (i elementów sym.)

n.p. klasa pedionalna w układzie
trójkątnym. Sferoidalna, lub do-
miatyczna w układzie jednoceln.

do Tetartoeidri należy klasy o jed-
nej czwartej ilości siian.

n.p. klasy stopnia pierwszego w u-
kładach trygonalnym, tetragonalnym,
regularnym i heksagonalnym są
tetartoeidryczne w stosunku do
klas stopnia piątego tych samych
układów. — (porównaj tabelkę.)

Wyprowadzimy, dla przykładu, układ
rombowy, jak zaznaczymy powta-
rzając formy najprostsze
wedle symetrii dwukrotnej.

Rysując koło projekcyjne
(Rys. 55.) oś Z przyjmijmy za oś
dwukrotną i dany motyw

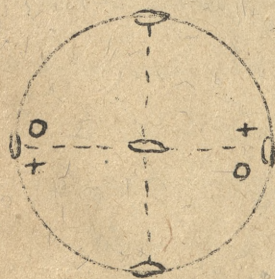


Rys. 55.

t. j. kółko w polu prawego dolnego trójkąta sfer. powtarzamy raz jeszcze wedle symetrii prostkowej. Teraz obróćmy otrzymany portret w ten sposób, by osi symetrii stała się z osią Y, a zostaniemy obraz klasy sfenoidalnej, zatem powtórzenie formy znanej nam już z układu jednostkowego i Matogo ter. nie uwzględniamy już tej klasy w układzie romboidalnym. —

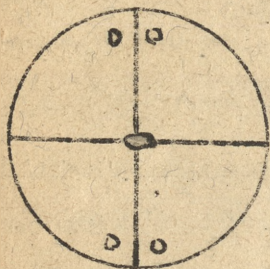


Rys. 56

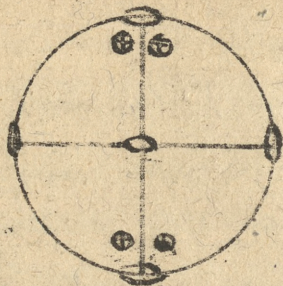


Rys. 57

To samo odnosi się do takiej operacji przeprowadzonej z klasą piramidalną, gdyż otrzymujemy klasę symetrii identyczną z klasą pryzmatyczną (Rys. 56). Z klasy sfenoidalnej wyprowadzamy klasę bisfenoidalną (Rys. 57), która ma 3 osie dwukrotne, $3d^2$. Klasa piramidalna pochodząca z klasy romboidalnej posiada



Rys. 58.



Rys. 59.

(Rys 58) L^2 (os po-
larna t.j. na obu
koncach niejedno-
znaczna), oraz 2π
os polarna na ko-
cu górnym poia-

da narozu, na dolnym sciąg.

Klasa bipiramidalna (Rys 59) wyprowe-
dzona z klasy piramidyjnej porządku
 3π , $3L^2$, oraz C. Objawia się tu rzadka,
ze istnienie $L^2 \perp \pi$ wymaga istnienia C.
Z trzech istotnych klas (bipiramid. i
bipiramidalnej) układa się układ rombowy.

W zupełnie analogiczny sposób wy-
prowadzamy z pięciu zasadniczych
klas, także klasy układów trygonal-
nego, tetragonalnego i heksagonalnego.
Bdy uwzględnimy elementy symetrii
trójosiowej, a mianowicie os trójbosową, to
otrzymamy w układach trygonalnym i te-
tragonalnym jęzere po dwie klasy, mianowicie:



Rys 60



Rys 61

Układ trygonalny
Klasa bipiramidy trygonal.
 wyprowadzona z klasy per-
 ronalnej posiada oś trój-
 krotną i pionową płaszczyznę
 symetrii (Kąty między osiami
 macrona podwójnem kątem.)

Klasa bipiramidy trygon.
 Wyprowadzona z klasy
 fenooidalnej (lub dodekaidy-
 nej) ma krawędzie napre-
 sione ostrejsze i ~~teprze~~ teprze (Rys 61),
 posiada $\pi + 3\pi$, $2^3 + 3 \cdot 2^2$.

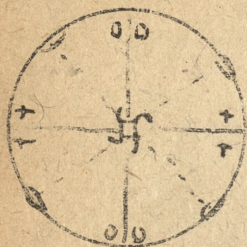
Tak samo możemy w układzie
tetragonalnym, oprócz pięciu klas
 symetrii prostej, wyprowadzić jeszcze dwie
 klasy za pomocą symetrii skłonnej, a
 mianowicie:



Rys 62.

I^a klasa bifenoidu tetragonal-
nego (Rys 62) powstała pnie-
 obrót formy perzonalnej oko-
 to czterokrotnej osi pionowej

dalej w rezultacie L^2



Rys. 63

Taksamo IV^2 , według mnie
 III^2 klasa skaleno-
edru tetragonalnego.

2 elementów symetrii
periody L^2 (równoważne z wter-
krojąc się i odwrotnie), oraz $2L^2$

Poniżej podane jest zestawienie
symetrii 32 klas symetrii:

Patrz zestawienie na

str. 80, 81, 82, i 83.

Uwaga: Pierwy w kolumnie drugiej (Rys.)
odnoszą się do punktów dotychczasowej
tablicy.

W ostatniej kolumnie, o zestawie-
niu wytycznych klas symetrii poda-
no jakoteż i ilość parów, a to ze wzglę-
du na fakt, że układ krytalografii-
czny charakteryzuje się jednako-
wym systemem parów, i systemem
osi, odpowiadającym temu systemo-
wi parów. n.p. układ trójkrotny
charakteryzuje się systemem parów
równych; osie tak samo są równe
i niejednakowo nachylone. Układ je-
dnokrotny ma jeden par i jedno-
wy, wytyczne inne parami jedna-
kowo nachylone. — Równomierny
następujące rodzaje parów:

Par irotkowy: jest to taki par, do
którego wytyczne inne są albo pro-
stopadłe, albo też parami jedna-
kowo względem niego nachylone.

Par pojedynczy, jest to taki par, w któ-
rym prócz ścian przeciwległych i równo-
/ciąg dalszy na stronie 84.:/

Wielad	Rys.	Stopień	klasa
trójkąt	1	I	Pedionalna
— " —	2	II	Pinakoidalna <i>alkal. Na Al St₃ O₃ amalg. Ca Al₂ Si₂ O₈</i>
Jednokątny	3	III	Sfenoidalna
— " —	4	IV	Isomatyerna
— " —	5	V	Pryzmatyczna <i>gips (Ca SO₄ 2H₂O) ortoklaz (K Al Si₃ O₈)</i>
Rombowy	8	III	Bisfenoidalna <i>(Sienit Mg Si₂ O₆)</i>
— " —	9	IV	Piramidalna <i>gips (Ca SO₄ 2H₂O)</i>
— " —	10	V	Bipiramidalna <i>bravant Ca₂ O₆ subidant Ca₂ O₆ Boryst Bor Sil</i>
Trzykąt	11	I	Piramida trygon.
— " —	12	II	Rombodryczna
— " —	13	III	Trapezod trygon.
— " —	14	IV	Piramida dytryg.
— " —	15	V	Skalenoedr dytryg.
— " —	16	I ²	Bipiramida trygon.
— " —	17	IV ²	Bipiramida dytryg.

Ułożenie	Ułożenie pt. sym.	Centr.	osie podane	Jakież i ilność pasów
—	—	—	—	wszystkie pasy również.
—	—	C	—	
L²	—	—	—	
L ²	—	—	L ² _p	jeden pas środkowy.
—	II	—	—	
L ²	II	C	—	
3 L ²	—	—	—	Trzy pasy również, prosto- padnie do siebie.
L ²	2 II	—	L ² _p	
3 L ²	3 II	C	—	
L ³	—	—	L ³ _p	Trzy pasy, scho- dzi się pod kątem ± 20°
L ³	—	C	—	
L ³ , 3 L ²	—	—	3 L ² _p	trzy inne prosto- wizy kąty między są poprzeczne
L ³	3 II	—	L ³ _p	
L ³ , 3 L ²	3 II	C	—	jeden pas prosto- padny do wszystkich poprzecznych
L ³	II	—	—	
L ³ , 3 L ²	II + 3 II'	—	L ³ _p	

układ	Rys	Stopień	klasa:
Tetragonalny	18	I	Piramida tetragon.
"	19	II	Bipiramida tetr.
"	20	III	Trójkąt tetr.
"	21	IV	Piramida dytetr.
"	22	V	Bipiramida dytetr.
"	23	Id	Bijonoid tetrag.
"	24	Iva	Składowe tetr.
Heksagonalny	25	I	Piramida heks.
"	26	II	Bipiramida heks.
"	27	III	Trójkąt heks.
"	28	IV	Piramida dyheks.
"	29	V	Bipiramida dyheks.
Regularny	30	I	12-ścian tetraedyczny - pen-
"	31	II	tagonalny.
"	32	III	12-ścian pięciok.
"	33	IV	24-ścian pentagonalny
"	34	V	czworokien pos. d. t.
			48-ścian.

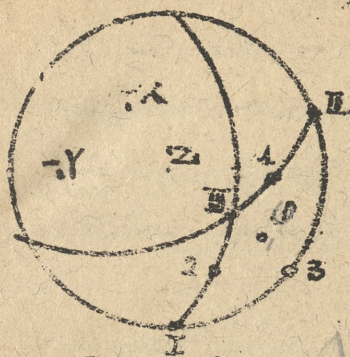
Wzrost osi	Wzrost stosunku sym.	Centrum	Oś polem	Wzrost i jakości podw.
2^4	—	—	2^4_p	dwa jednakże po- sy prostopadłe do siebie. — dwa inne po- twierdzą między poprzednimi. — jeden prostopa- dły do popre- dnych. —
2^4	Π	C	—	
$2^4, 42^2$	—	—	—	
2^4	$2\Pi + 2P$	—	2^4_p	
$2^4, 42^2$	$\Pi + 2\Pi' + 2P$	C	—	
2^2	—	—	—	
$2^2, 22^2$	—	—	—	
2^6	—	—	2^6_p	3 parę jednakowe po- dwójne. — 3 inne w przeciwno- stę, potwierdzą między poprzednimi. — jeden prostopadły do wszystkich po- przednich.
2^6	Π	C	—	
$2^6, 62^2$	—	—	—	
2^6	$3\Pi + 3P$	—	2^6_p	
$2^6, 62^2$	$3\Pi + 3\Pi' + 3P$	C	—	
$42^3 + 32^2$	—	—	42^3_p	
$42^3 + 32^2$	3Π	C	—	
$42^3, 32^4, 62^2$	—	—	—	6 jednakowe po- dwójnych podw. i 3 jednakowe prostopadłe do siebie. —
$42^3, 32^2$	$3\Pi + 3\Pi'$	—	42^3_p	
$42^3, 32^4, 62^2$	$3\Pi + 6P$	C	—	

leżących, żadne inne ściany się nie
powstają. (n. p. w ortoklacie) . .

Par podwójny jest to taki par, w któ-
rym przy ścian przeciwnych występu-
ją jeszcze inne ściany. —

Za osie przyjmujemy trzy pro-
ste przecinające się w jednym punk-
cie, nie leżące w jednej płaszczy-
źnie. Osie krytalograficzne są o-
śiami pasów (t. j. kierunkami tra-
wędzi), a za ściany osiowe, t. j. ta-
kie, w których leżą dwie osie, wybieramy
ściany takie, które są ściśnięte wzdłuż
n. p. ze względu na doskonałą kupa-
łość. —

Opis poszczególnych klas symetrii. —
Jak już wyżej zaznaczyliśmy
może być sześć możliwych poło-
żeń ścian ze względu na trój-
kąt sferyczny, a to 3, na wierzchołkach
trójkąta, 3, na jego bokach i jedno



Rys. 64

na polu trójkąta.

Sciana (0) położona na polu trójkąta (Rys 64) jest meridianalegią do żadnej osi, nazywana ścianą piramidальną (dwusieczną piramidальną).

Jest to Ogólne położenie ściany przy jej pomocy wprowadzono wszystkie 32 klasy symetrii.

Ściany (1), (2), (3) umieszczone na bokach trójkąta są równoległe do jednej osi nazywane są ścianami pryzmatycznymi (dwusiecznymi pryzmatycznymi).

Ściany (I), (II), (III) leżące na wierzchołkach trójkąta są równoległe do jednej osi. Nazywane są dwusiecznymi (dwusiecznymi właściwymi). Ściany dwusieczne mają centrum symetrii.

Ściana o typie (I) odcina tylko oś, symbolizująca (100). Ściany te tworzą dwusieczną

poprzedni. (symbol postaci {100})
Ściana o typie (II) odcina tylko σY ,
symbol, ściany (010), jest to dwusieczna postępu
Ściana o typie (III) odcina tylko σZ ,
symbol, ściany (001), jest to dwusieczna postępu.

Symbol ściany ujęty w nawias węg-
lowaty {} oznacza całą postać, nie zaś
ścianę pojedynczą n. p. Symbol ($h k o$) ozna-
cza wyłącznie ścianę ($h k o$), zaś symbol
{ $h k o$ } oznacza, tak ścianę ($h k o$), jak
też ścianę ($\bar{h} \bar{k} o$), lub ($\bar{h} \bar{k} o$) i t. p.

Płaszczyzny równoległe do jednej
z nich zawierają tak zw. słupy i nazywa-
ją się ścianami pryzmatycznymi, mianowicie:

Ściany o typie (1) równoległe do osi X, sym-
bol ($0, k, l$), tworzą słup postępu { $0 k l$ }
(symbol ($0 k l$) oznacza ścianę, zaś symbol
{ $0 k l$ } - słup złożony z ścianami ($0 k l$), ($0 \bar{k} l$), ($0 k \bar{l}$), i t. p.)

Ściany o typie (2) równoległe do osi Y, symbol
{ $h o l$ } tworzą słup poprzedni { $h o l$ }. —

Ściany o typie (3) równoległe do osi Z, sym-

bol (h k o), tworzą stęp pionowy {h k o}.-
 Ścianą o typie (o) nie równoległą do
 żadnej osi narywa się piramidą, sym-
 bolem jej jest {h k l}.-

Rozróżniając piramidy powyżej, według
 położenia ścian, przegięcia, postacie kry-
 stalograficzne, występujące w świecie kry-
 stałów i przedstawieniem uwzględniając
 wzdłużny mineralny:

Metoda Trajstkojny

Klasa pedionowa ma, według pedionów, lecz
 nie ma przedstawicieli w świecie mine-
 ralnym.-

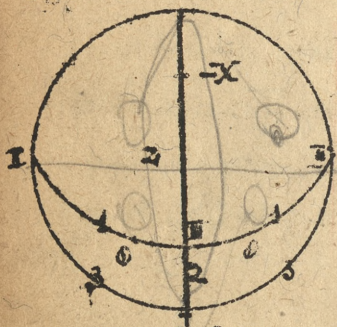
Uwaga. pedionem narywany pojedynczy
 ścian.- Pinakoidem narywany dwu-
 ścian.- Doma jest to dach, kolumna.-
Klasa Pinakoidalna w klasie tej wystę-
 puje skalenie m. f.-

Albit ($\text{Na Al Si}_3 \text{O}_8$ gipsowenion, potowy
 i Anortyt ($\text{Ca Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8$ - - - - - wapniowy
 postacie krystalograficzne są: {001}, {100},
 {110}, {112}, {110}, {111}. -

Układ jednaskosny. -

3. Klasa sferoidalna. niema przed-
stawiciela w świecie minerałów. -

4. Klasa domatyczna (1 pt. symetrii)



Rys 65

występują postacie (Rys. 65.)

0 - daszek pryzmatyczny {h k l}

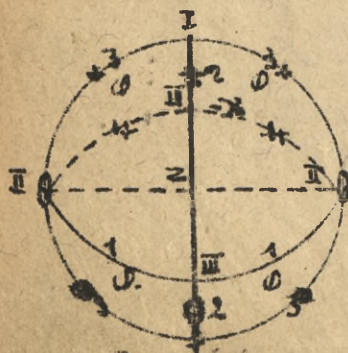
I - pedion pinakoidalny po-
peczny (jedna ściana dwu-
ścienne poprzecznej) {100}

II - dwurcian (pinakoid) podłużny
{0 1 0}, ma on miarę syme-

trii, amireli poprzeczni dwurcian. -

III - pedion pinakoidalny podstawowy {001}
(jedna ściana dwurcianu podstawowego)

1 - daszek (dome) podłużny {0 k l}. -



Rys. 66.

2 - pedion pryzmatyczny poprzecz-
ny {h 0 l}. -

3 - daszek pionowy {h k 0}. -

W tej klasie kryształuje
Skolecyt ($\text{Ca Al}_2 \text{Si}_3 \text{O}_{10} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$)

5. Klasa pryzmatyczna
(1 pt. sym., 1 os. dwukr., C.)

w tej klasie występują (Rys 66.):

0 - pryzmat piramidalny $\{h k l\}$

I - dwuscian poprzeczny $\{100\}$

(ściana jego jest dwusymetryczna, ponieważ ustawiona prostopadle do płaszczyzn. sym.). —

II - dwuscian podłużny $\{010\}$. —

III - dwuscian podstawowy $\{001\}$. —

1 - śrup podłużny $\{0 k l\}$. —

2 - dwuscian pryzmatyczny poprzeczny $\{h 0 l\}$

3 - śrup pionowy $\{h k 0\}$. —

W klasie tej krystalizują: gips ($\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
wony postacie: $\{010\}$ - II, $\{110\}$ - III, i $\{111\}$ - 0.;
oraz Ortoklaz ($\text{K Al Si}_3 \text{O}_8$) o postaciach:
 $\{001\}$, $\{010\}$, $\{110\}$, $\{101\}$, $\{201\}$, $\{111\}$, $\{021\}$. —

Metad rombony.

6 Klasa bisfenoidu rombowego (3 osie dwusym.)

występują postacie (Rys 67)

0 - bisfenoid rombony

$\{h k l\}$ (dodatni) prawy,

$\{h \bar{k} l\}$ (ujemny) lewy,

I dwuscian poprzeczny $\{100\}$



II. dwusieczna postępnym $\{010\}$. —

III — " — podstawowy $\{001\}$. —

1 — ścian postępnym rombowy $\{0k1\}$. —

2 — " poprzeczny — " — $\{h01\}$. —

3 — " pionowy — " — $\{hk0\}$. —

w tej klasie krystalizują: Sienkita (S)

tworzy $\{111\}$ bisfen. romb. prawy (+), $\{1\bar{1}1\}$

bisf. romb. lewy (-), $\{113\}$ bisfen. romb. prawy

prosty (+), $\{1\bar{1}3\}$ bisf. romb. lewy (-) prosty. $\{011\}$

ścian postępnym, $\{001\}$ dwusiecz. podstaw. —

Sienkita magnesia (Alg $SO_4 \cdot 7H_2O$) tworzy:

$\{110\}$ ścian pion. i $\{111\}$ bisf. romb. prosty (+). —

7. Klasa piramidy rombowej (2 pt. sym.,

1 osi dwukr. polono.) (Rys. 68.)

0 — piramida rombowa $\{hkl\}$

przeciem równoległemu pira-

midę rombów górną $\{hkl\}$ i

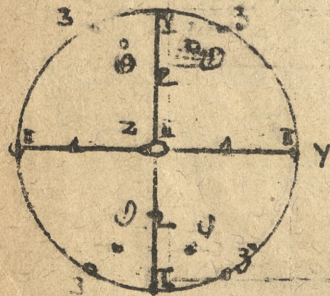
pod. romb. dolną $\{h\bar{k}\bar{l}\}$. —

I — dwusieczna poprzeczna $\{100\}$

II — dwusieczna postępnym $\{010\}$

III — " — podstawowy górnym $\{001\}$; dolnym

$\{00\bar{1}\}$; $\{001\}$ — ściana przechyłkowa, $\{00\bar{1}\}$



Rys. 68

- ściana podstawowa $\{00\bar{1}\}$. -

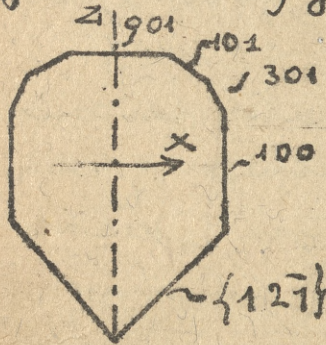
1- ścianek podłużny górny $\{0k1\}$ i dolny $\{0k\bar{1}\}$. -

2- " - poprzeczny górny $\{h01\}$ i dolny $\{h0\bar{1}\}$. -

3- ścian pionowy $\{h k 0\}$. -

tu występuje. Galman cr. Hemimorf. it.

$(H_2Zn_2SiO_5)$ wodny krzemian cynku (istnieje też inny galman). Mineral ten jest typowy



Rys. 69

wym przykładem hemimorfizmu, oba konce osi z są odmiennie wykorzystane (Rys. 69)

ma on postać: $\{001\}$ ściana wienchołkowa, $\{101\}$ - ścianek poprz., $\{301\}$ ścianek poprz. (bocznej strony), $\{011\}$ ścianek podłużny $\{031\}$ ścianek podł. (bocz. pionowy)

$\{12\bar{1}\}$ piramida rombowa dolna.

8. Klasa bipiramidy rombowej.

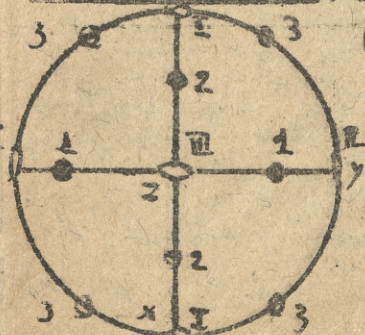
(3 pł. sym., 3 osie dwukr. i C) (Rys. 70)

0 - bipiramida rombowa $\{h k l\}$

I - dwusieczna poprzeczna $\{100\}$

II - " - podłużna $\{010\}$

III - " - podstawowa $\{001\}$. -



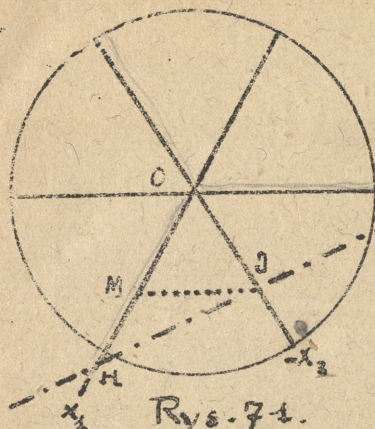
Rys. 70

- 1 — słup poślowy {0 k l}
- 2 — " poprzeczny {h 0 l}
- 3 — " pionowy {h k 0}

wedle symetrii tej klasy krystalizują:

Tragonit (CaCO_3) tworzy postaci {001}—III, {011}—II, {111}—I, {121}—II, Anhydryt (CaSO_4 bez wody) tworzy: {001}—III, {010}—II, {100}—I, {101}—II, Baryt (BaSO_4) {001}—III, {111}—III, {101}—II

II. Grupa układów o budowie trójkątnej, są to układy trójkątne, tetraedry i heksagonalne. Układ Trójkątny w tym układzie, (jak również i w heksagonalnym), muruszy przycięte trzy osie boczne sobie równe. Również i więcej części osi krystalograficzne. Jedną z osi bocznych jest zależna od dwóch innych. Wzrost gdy mamy pojęcie jakiej ścianki względem dwóch osi bocznych, ten sam mamy też względem trzeciej. — Przyjmijmy układ trójkątny i ułożymy dowolną ściankę przecinającą płaszczyznę osi poziomych w dwóch punktach A i B (Rys 71). Wskazniki ścianki, jak wiemy, stosunkiem jednostek osiowych do



Rys. 71.

odcinków, które ma na odcina na osiach; jednostki osiowe są w

układach ortogonalnym i w układach trygonometrycznym, równe

$$\frac{a}{OK} : \frac{a}{OK} : \frac{a}{OJ} = \frac{1}{OK} : \frac{1}{OK} : \frac{1}{OJ} =$$

$= h : k : i$. Odtąd można udowodnić, że $h + k = i$. W tym

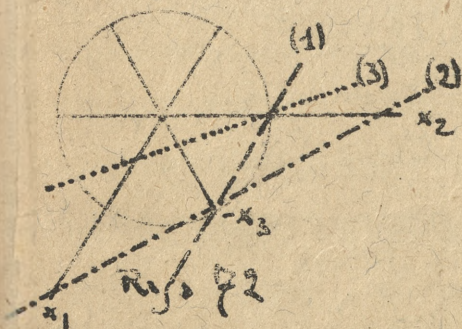
wypadku, gdzie znamy ujemny koniec osi x_3 , wskaźnik trzeci (i) jest sumą ujemnych dwóch pierwszych ($h + k + i = 0$). — Z rys. 71 można wyry-

tać: $MJ \parallel OK$, $\triangle OHK \sim \triangle M H J$, $OM = OJ = MJ$.

$$\frac{MJ}{OK} = \frac{MH}{OH} = \frac{OH - OM}{OH}; \quad \frac{OJ}{OK} = \frac{OH - OJ}{OH} = \frac{OH}{OH} - \frac{OJ}{OH};$$

$$\frac{OJ}{OK} + \frac{OJ}{OH} = \frac{OH}{OH}; \quad \frac{OJ}{OK \cdot OH} + \frac{OJ}{OH \cdot OH} = \frac{OH}{OH \cdot OH};$$

$$\frac{1}{OK} + \frac{1}{OH} = \frac{1}{OJ}, \text{ czyli } h + k = i, \text{ c. b. d. u.}$$



Rys. 72

Ściany występujące w układach trygonometrycznym i he-
krag. mogą być: klesne
t. j. leżące płasko względem
osieci głównej (Z), podsta-
wowe t. j. prostop. wzgl. osi Z
Ściany równoległe do osi

Z mogą być (Rys 72): Równoległe to są bowiem
 są to tak zw. ściany pierwszego rodzaju (Rys 72 (1)).
 Prostopadłe do siebie, ściany drugiego ro-
 dzaju (2), lub dowolne, są to ściany trzeciego ro-
 dzaju (3). —

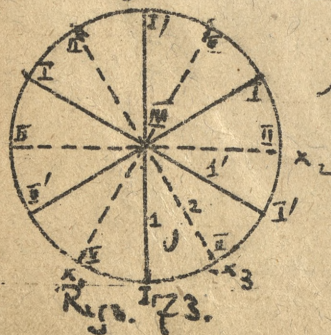
9. Klasa Piramidy trójkątnej nie ma
 przedstawiciela w świecie minerałów. —

10. Klasa Romboedru występuje w
 niej postaci: (Rys 73). —

Romboedr pierwszego rodzaju prosty $\{h\ 0\ \bar{h}\}$. —
 " " " odwrócony $\{0\ h\ \bar{h}\}$. —

Romboedr trzeciego rodzaju $\{h\ h\ \bar{h}\}$. —

Wiele tej klasy krystalizuje: H_2CO_3 , CaCO_3 twory obok $\{10\ \bar{1}\}$, $\{1\ 1\ \bar{2}\}$ oraz $\{1\ 0\ 0\}$,
 także pości $\{5\ \bar{2}\ \bar{3}\}$ i t. romboedr III. odr. lewy, pro-
 sty. — Trioptaz (H_2CuSiO_4) twory romboedry
 trzeciego rodzaju (odwr. prawe). —



11. Klasa trapezoedru trójkątnego.

Występuje postaci: (Rys 73).

O - trapez. trójk. prosty prawy $\{h\ k\ \bar{h}\}$
 O' - " " " lewy $\{i\ \bar{k}\ h\}$
 O₁ - " " " odwrócony prawy $\{h\ k\ l\}$
 O₁' - " " " lewy $\{h\ k\ \bar{l}\}$

I - śrup trygonalny prosty ($\frac{1}{2}r$) $\{10\bar{1}0\}$

I' - " " odwrócony - $\{\bar{1}010\}$

II - śrup heksagonalny (II r.) $\{11\bar{2}0\}$

III - dwusieczna podstawowy - $\{0001\}$

1 - romboedr prosty $\{h0h1\}$ -

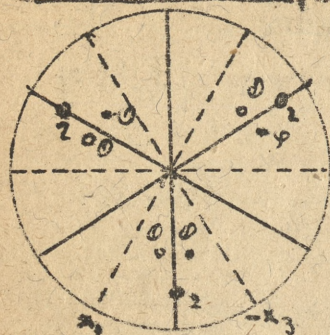
1' - " " odwrócony $\{0h\bar{h}1\}$ -

- bipyramida trygonalna prawa $\{h h 2h\}$

- " " lewa $\{h h h 1\}$

W tej klasie występuje kwarc (SiO_2) jego kryształy okazują śrup heksagonalny $\{10\bar{1}0\}$, ściany tego śrupa są poprzecznie przekrojone jest to wybitna cecha kwarcu. Ściany te nie okazują żadnej symetrii, jak na to wskazują figury wytrawienia. Głównymi postaciami są: Romboedr prosty $\{10\bar{1}1\}$ i odwrócony $\{01\bar{1}1\}$, oba razem dają poorną bipyramidę heksag. bipyramida trygonalna prawa $\{11\bar{2}1\}$ i lewa $\{2\bar{1}\bar{1}1\}$; oraz trapezoeedr tryg. prosty prawy $\{54\bar{6}1\}$, bardzo ostro, ściany jego znajdują się na narożu śrupa po stronie górnej na prawo, stąd kwarcce prawy. Trapez. tryg. prosty lewy $\{6\bar{1}\bar{5}1\}$ to samo co wyżej lecz po stronie lewej, stąd kwarcce lewy -

12. Klasa piramidy dystrygonalnej. (Rys 74)



Rys. 74

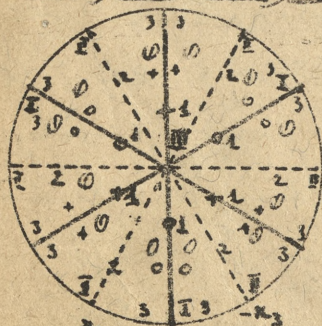
z postaci występujących w tej klasie wymienimy tylko:

- 0 - piram. dystryg. górą prosto $\{h k \bar{l}\}$
- 0₁ - " " " odwrócony $\{h k \bar{l}\}$
- 2 - piramida trygonalna prosto $\{h 0 \bar{h}\}$
- 2₁ - " " " odwrócony $\{h 0 \bar{h}\}$

Wiele tej klasy kryształuje Turmalin (glino-żelazny borowy) Kryształy Turmalinu mają oś polarną, są typem hemimorficzne.

Obok śródown $\{11\bar{2}0\}$, $\{01\bar{1}0\}$, $\{10\bar{1}0\}$ występuje na górnym końcu kryształu piramida trygonalna górą o znaku $\{02\bar{2}1\}$ natomiast dolny koniec kryształu przedstawia piramidę trygonalną dół $\{01\bar{1}\bar{1}\}$ i dwumian podstawowy $\{0001\}$.

13. Klasa skalenoebru dystrygonalnego.



Rys. 75

Skalenoebr poznaje się po bo-
cznych krawędziach zygzakowatych.

Występują postacie:

- 0 - skalen. dystryg. prosto $\{h k \bar{l}\}$
- 0₁ - " " " odwrócony $\{h k \bar{l}\}$
- I - śródown heksag. II° rod. $\{10\bar{1}0\}$

II - Słup heksagonalny drugiego rodzaju $\{11\bar{2}0\}$. -

III - dwusieczna podstawowy $\{0001\}$. -

1 - romboedr prosty $\{h\ 0\ \bar{h}\}$. -

$\frac{1}{2}$ - " odwrócony $\{0h\ \bar{h}\}$. -

2 - bipyramida dyheksagonalna $\{h\ h\ 2\bar{h}\}$. -

3 - słup dyheksagonalny $\{h\ k\ \bar{i}\}$. -

Wśród tej klasy krystalizują: Kalcyt Korund

(Spat islandzki), Wyszczerzlarz (Fe_2O_3)

znajduje się na Elbie i nosi nazwę Hematytu
o ile nie występuje w kryształach, w koniu Hö-

rand. Szczególnie bogatym w postaci

tej klasy jest Kalcyt i zawiera on często:

$\{10\bar{1}0\}$ słup I^o rod., $\{0001\}$ dwusiecz. podst.,

$\{10\bar{1}1\}$ romboedr Tuckwera, tak nazywany

ponieważ każdy kryształ kalcytu, pod wpły-

wem zewnętrznych czynników mechanicznych,

rozpada się według płaszczyzn tej postaci. Wystę-

puje również romboedr, którego płaszczyzna

ma krawędzie poprzeczne $\{10\bar{1}2\}$. Jeśli rom-

boedr $\{10\bar{1}1\}$ oznaczamy literą R, wtedy

makiem romboedru $\{10\bar{1}2\}$ będzie $-\frac{1}{2}R$, po-

dobnie też romboedr kalcytu o symbolu:

$\{02\bar{2}1\}$

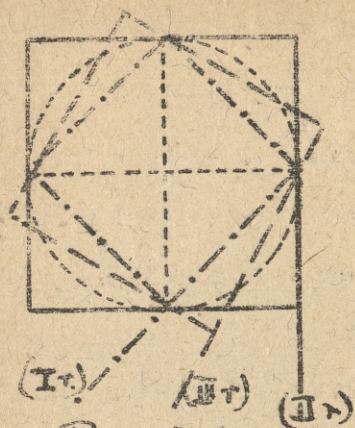
Oznaczamy prę - 2R. Ponadto każdy
zawiera kłosać {2131} i ślędy dyhedra-
gonalne {2130} i {1230}. - Podobnie też
Blyszek żelaza okazuje formy R, $-\frac{1}{2}R$, $\frac{1}{2}R$,
t. j. romboedry o $\frac{1}{2}$ częściach z osiami {1014}

Zapamiętaj, warto, że i inne węgli-
sty metale, dwuwartościowych (Al, Mn, Fe)
okazuje, podobnie jak Kalcyt trójkątne
romboedryczne. Spat niemiecki wyróż-
nia, się wśród innych, kalcytów tem, że jest
wzrosty i, ukształtowany i dlatego używa się
go do wyznaczenia punktów polaryzacyjnych
t. j. tak zwanych pryzmatów Nikola. -

14 Kłosa bipyramidy trójkątnej nie-
ma, mentańska w, świecie, minerałów.

15 Kłosa bipyramidy dwójkątnej
okazuje Barit (Ba Ti Si₃ O₉). -

16 Kłosa tetra gonalny. Ścienna pro-
stopadła do osi głównej / Zj jest dwusieczną.
Ścienna równoległa do osi głównej jest ścianą
stupa, ścienna ustawiona skośnie, wygłębiona



Rys 76

osi głównej, należący do piramidy.
Z postaci występujących po
układzie tetragonalnym musi-
my wyróżnić (Rys 76)

1.) Takie, które boćne są do
osiąży w równych odległo-
ściach (stosunek $a:a$) są to po-
stacie pierwszego rodzaju (I^r)

2.) Takie, które są równoległe do jednej osi, boć-
nej (stosunek $a:\infty a$) są to postacie II^r rodzaju.

3./ Postacie trzeciego rodzaju (III^r) przecinają się
boćne w stosunku $a:ma$.

16. Klasa piramidy tetragonalnej, nie ma
podstawiciela w świecie mineralów.



Rys 77

17. Klasa bipyramidy tetra-
gonalnej, ma postacie:

{100} typ II^r rodzaju.

{110} " I^r " "

{001} diversion podstawowy.

{hko} typ III^r rodzaju prawy.

{hko} typ III^r rodzaju lewy.

{hkh} bipyramida I^r rodzaju.

{h o l} bipiramida II^o rdn. —

{h k l} " III^o " prawa. —

{h k l} " III^o " lewa. —

Wzrost tej klasy kryształów:

Szchit (Ca W O_6) wolframion wosznia, twony portacie {101}, {111}, {131}, {313}. —

Wulfenit (Pb Mo O_4 , molibdenian ołowiu)

twony portacie: {111}, {130}, {001}. —

18. Klasa Trapezodru tetragonalnego nie ma prosto wiciele w portacie mineralow.

19. Klasa Piramidy tetragonalnej (j. w.)

20. Klasa Bipiramidy dytetragonalnej (Rys. 78)

Wzrost tej klasy kryształów:

I - bipiramida dytetragonalna {h k l} —

II - słup tetragonalny II^o rdnia {100}. —

III - " " I^o " {110}. —

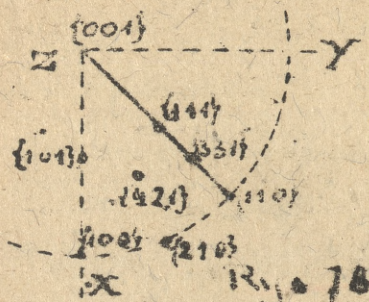
IV - dwuscion podkowony {001}. —

1 - bipiramida tetragonalna I^o rdn. {h k l}. —

2 - " " II^o " {h o l}. —

3 - słup dytetragonalny {h k o}. —

Wzrost tej klasy kryształów Wermian ($\text{H}_2 \text{Ca}_{12} \text{Al}_6 \text{Si}_6 \text{O}_{38}$) twony portacie:



- $\{001\}$ - dwus. podst.
 $\{100\}$ - słup. pion. II^o rdn.
 $\{110\}$ - " " I^o rdn.
 $\{220\}$ - " dytetragonalny
 $\{111\}$ - brylantowa tetrag. B^o rdn.
 $\{330\}$ - " " I^o rdn.
 $\{101\}$ - " " II^o rdn.
 $\{421\}$ - " dytetragonalny

Pozatem wedle tej klasy kryształów:

Cyrtkan ($Zr Si O_4$), Korytany ($Sn O_2$), Korytany ($Ti O_2$). —

21. Klasa brylantowa tetragonalnego nie ma przedstawicieli w świecie minerałów. Przytęż substancji kryształujących w tej klasie znalazł prof. Z. Weyberg na syntetycznie otrzymanym związku. —

22. Klasa skalenoedrowa tetragonalnego.

I - skalenoedr prosty $\{h k l\}$. —

II - " odwrócony $\{h k l\}$. —

III - słup IIgo rdn. $\{100\}$. —

IV - " Igo rdn. $\{110\}$. —

V - dwusieczna podstawowy $\{001\}$. —

wiedle tej klasy krystalizuje. Apatyt ($\text{Ca}_5\text{P}_3\text{O}_{12}\text{Cl}$) tworzy postacie:
 $\{0001\}$ dwuśc. podst., $\{10\bar{1}0\}$ śrup. heksagon.
 I-go rodzaju, $\{21\bar{3}4\}$ bipyramida heksagon III-go
 rodzaju. $\{21\bar{3}0\}$ śrup. heksagon. III-go rodzaju.
 $\{20\bar{2}1\}$ bipyramida heksagon. trójkątna I-go
 rodzaju. i t. d. —

25 Klasa Trapezoidalna heksagonalnego mi-
nia podstawowego w kierunku trójkątnym. —

26. Klasa piramidy dyheksagonalnej: naj-
 wazniejszymi postaciami są:

$\{h k \bar{l}\}$ piramida dyheksagonalna górna.

$\{h k \bar{l}\}$ " " dolna.

$\{0001\}$ rektowa wieńcówkowa

$\{000\bar{1}\}$ " podstawowa

W tej klasie występują: Uurocyt (Zn S);
 Grenokiit (Cd S). —

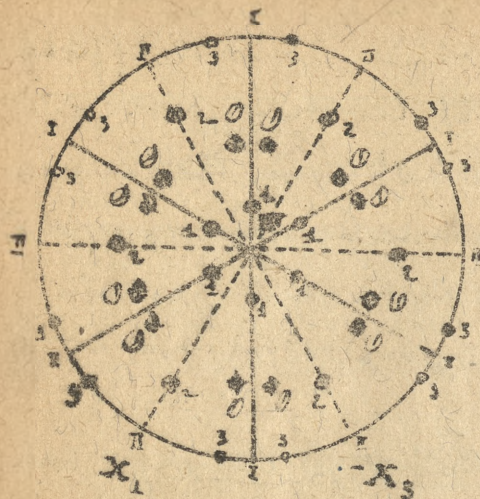
27. Klasa bipyramidy dyheksagonalnej:
 występują postacie:

0 - bipyramida dyheksagonalna $\{h k \bar{l}\}$

I - śrup. heksagonalny I-go r. $\{10\bar{1}0\}$

II - " " II-go r. $\{11\bar{2}0\}$

III - dwuścien podstawowy $\{0001\}$.



Rys. 80

- $\{10\bar{1}1\}$ - bipyramida heksagon. Igo. odr. (pięta)
 $\{20\bar{2}1\}$ - " " " (strona)
 $\{11\bar{2}4\}$ - " " IIgo. odr. -
 $\{21\bar{3}1\}$ - " dyheksagonalna. -

1 - bipyramida heksagon. Igo. odr. $\{h0h1\}$
 2 - " " IIgo. " $\{hk\bar{h}1\}$
 3 - stop dyheksagonalny $\{hk\bar{2}0\}$
 W tej klasie krystalizuje: Beryt ($\text{Be}_3\text{H}_2\text{SiO}_6\text{H}_2$)
 krystalizujący jego wykazują:
 $\{0001\}$ dursi. podstawowy.
 $\{10\bar{1}0\}$ stop heksagon. Igo. odr.
 $\{11\bar{2}0\}$ stop heksagon. IIgo. odr.

Mkła regularny.

28 Klasa dwumostorciowa tetroedryczna-pentagonalna nie ma przedstawicieli w świecie minerałów. -

29 Klasa dwumostorciowa podwójna. -

W klasie tej porządkującej 3 pt. sym.

występują następujące postacie:

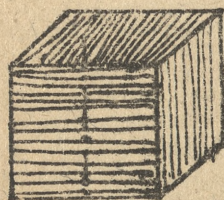
- $\{100\}$ nercian. -
 $\{110\}$ 12-sian rombony. -

$\{111\}$	-	osmiościen -	
$\{h h l\}$	-	"	piramidalny -
$\{h k k\}$	-	24 ścian deltoidalny.	
$\{h k o\}$	-	12 ścian pentagonalny lewy	
$\{k k o\}$	-	" " prawy	
$\{h k l\}$	-	" podwójny lewy	
$\{k h l\}$	-	" " prawy	

osmiościen

24
12
12

W klasie tej krystalizuje Piryt ($Fe S_2$)



tworzy nasekany $\{100\}$, o ścianach poprzecznie przętkowanych i dla tego tylko dwusymetrycznych. Po przętkach, równoległych do jed-

! Rys 81 nej pary krawędzi mowa go zawsze pomać. Pora nekianem tworzy gener:

$\{210\}$ - 12 ścian pentagonalny (o. orto) + 2w. pirytoedr.

$\{321\}$ - 12 ścian podwójny jest rzadny.

$\{111\}$ - 8-ścian

$\{410\}$ - 12-ścian

} są bardzo naskwe

dominują 6-ścian i 12-ścian pentagonalny.

30 klasa 24-ścianu pentagonalnego. ma

sie dypu -, trój- i cetero-krotnie, lecz nie ma żadnej płaszczyzny symetrii. Wyt-
pają postacie:

ma również jedną symetrię (ma bowiem jedną tylko płaszczyznę symetrii). Anieli sciama dwumastosienna z klasy 28-scienn. -

III - czerwosciann {111} dodatni. -

IIIa - " {1 $\bar{1}$ 1} ujemny. -

1 - dwumastosienn dodatni {h h h} dodatni. -

1a - " " {h $\bar{h}$ h} ujemny. -

2 - czerwosciann piramidalny {h h h} dodatni. -

2a - " " {h $\bar{h}$ h} ujemny. -

3 - sześcian piramidalny {h k o} jak kółko

przyjmujemy sciannę tego sześciennopiram. to za-
wsze wypadnie ta sama postać, dlatego nie
moie być prawy, albo lewy.

Występują w tej klasie: Blendy cyrkowe
(Zm S) najpospolitszą postacią jest 12-sienn
rombowy {110}, ścienn {100}, tępłiwość do-
skonala według scianny dwumastosienn
rombowego. Ma 12 sciann, 4 te nasaie-
nem, dwa czerwoscianny prawy {111} i lewy {1 $\bar{1}$ 1}
o ile oba są w równowadze, to postać wyglą-
da tak, jak ośmioscienn, ale zwykle jeden czerwo-
sien przeważa (dodatni). Ze powyżej upo-

mniana kombinacja dwóch cworoscianow nie jest odmianianem, pomoc' moiemy po tem, ze sciagany sq napnieniem, matowe i barwiej stynące.

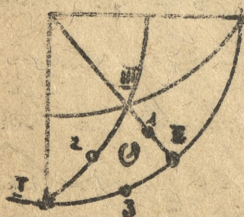
Tetraedryt $(Cu, Fe, Zn, Ag)_4 (As, Sb)_2 S_7$ zawsze zawiera Fe, Zn, Ag i Cu. Wzór chemiczny tetraedrytu jest b. skomplikowany, ogólnie można powiedzieć, że jest to siarkosól miedzi t.j. związek metali ciężkich z siarką i metalem kruszym (Sb, As).

Tetraedryt krystalizuje w:

- {111} cworoscian dołotni, te postac' dominuje stąd postać nerwa mineralu.
- {211} cworoscian potrójny (piramidalny).
- {110} dwunastoscian rombony.

32. Klasa cterodiesto odmianian

występujące w niej postacie (Rys 82)



X Rys 82.

I. pł. równoległe do dwóch osi $a: \infty a: \infty a$ szescian {100}.

II. pł. równoległe do jednej osi $a:a:\infty a$, 12-scian rombony {110}.

3 - sześciennopiramidalny (24-scian) $\{h k l\}$. -

Inne postacie nie mają ścian równoległych do żadnej osi.

III osimioscian $\{111\}$. -

1 - osimioscian piramidalny (24-scian) $\{h k l\}$. -

2 - dwudziestocześcienne deltoidalny $\{h k l\}$. -

0 - czterdziestosiemniokątny $\{h k l\}$. -

W tej klasie nie krystalizuje: Galena (PbS) tworzy sześcienny $\{100\}$ i okazuje doskonałą łupliwość kockową, porażoną 8-siecznymi $\{111\}$ ścinającymi materia sześcienne. -

$\{110\}$ - 12-sieczny rombowy. -

$\{211\}$ - 24-sieczny deltoidalny. -

$\{221\}$ - 8-sieczny piramidalny. -

Sól kamienna ($NaCl$) tworzy sześcienny $\{100\}$ bardzo rzadko spotyka się inne postacie. Gdy sporządzimy roztwór $NaCl$ i dodamy doń chlorku miedzi ($CuCl_2$) lub chlorku innego ciężkiego metalu, to wykrystalizują takie inne postacie.

Fluorapat (CaF_2) tworzy sześcienny $\{100\}$, jego materia okazuje skłonność do odpańnięcia. -

pliwieć wiele ścian 8-ścian, występy pę-
tor i naturalny o. wian {111}, pionstem
12-ścian rombowa {110}, 6-ścian pirami-
dalny {321}, 24-ścian deltoidalny {211},
oktaedron piramidalny {331}, także {421}
48-ścian jest długi poprzeczny. -

Magnetyt ($Fe_3 O_4$) (mimo go miedzi i za-
mieszkiwało dw. $Fe_2 O_3 + Fe O$) tworzy bardzo
ciche kryształy oktaedryczne {111}, pro-
w. 12-ścian ścięty, 12-ścian 12-ścian
rombowym. -

Granat $Me_3 R_2 Si_3 O_{12}$ w tym wrone
chemicznym znaczeniu, przy Me - metale
dwuwartościowe (Ca, Fe^{II}, Mn), przy R me-
tale trójwartościowe (Al, Fe^{III}, Cr). W przyro-
dzie istnieje wiele odmian granatów
n.p. chromowe - zielone, lub wapniowe -
jasne, jednak wszystkie kryształy są jed-
nowartościowe. - {110} 12-ścian rombowa, zdarza
się również {211} 24-ścian deltoidalny oraz
{321} 18-ścian. -

Lebanon

Bri'niaki.

Bliźniak jest to prawidłowy, lecz nie równoległy wzrost kryształów tej samej substancji chemicznej. Powstawanie bliźniaków wyobrażamy sobie jak następuje: Kryształ, rosnący przez równoległe ułożenie się ^{nowych} ~~nowych~~ molekularnych na zarodkach kryształowych, cały się wydłuża, więc zrost tworze analogiczne cząsteczki kryształowe, z nim się łączy na powierzchni krystalu, musząc wykonać pełen obrót w przestrzeni, by przyjąć położenie identyczne z innymi cząsteczkami, a wyglądać by utworzyć się molekularną. Hoć jednakże często wypadek, że dana cząsteczka wykona obrót tylko częściowy, ale również prawidłowy, wtedy, dalszy wzrost będzie uprawnienie prawidłowy lecz już nie równoległy do pierwotnego położenia i skutkiem tego już nie powstać kryształ pojedynczy, a równoległy, lecz według określonych praw z. dalszy - rośnie. Prawidłowe przetrwanie

równoległością sąsiedniej dwóch elementów
krytalograficznych obu rosnących in-
dywiduo mineralogicznych. n.p. na bli-
niakach gipsu dwa rosnące indyvi-
dua mają wspólny jeden płas (osi Z)
i jedną ścianę (010) (Rys. 83). Trzec-
mość dwóch elementów jest wa-
runkiem istnienia bliźniactwa.



Rys 83.

Indywiduo bliźniacze mogą być sy-
metryczne względem jakiegosi pia-
szczyzny, wtedy wyjątek mają na nich kąty wkle-
ste. Iż płaszczyznę w której się indywiduo
znajdują, która dzieli kąt wkleśły na części
równe, nazywamy płaszczyzną bliźniaczą.

Nie może być nigdy płaszczyzną syme-
tryjną krytalograficzną, choć sama może być
płaszczyzną symetryjną bliźniactwa. Formułowa-
ni płaszczyzny naziwają się bliźniaczej.

W by się coś stało ośi jedno indywiduum obro-
ciło, to z bliźniaka otrzymalibyśmy jeden kry-
stał.

Symetja względem ośi. Taką symetję

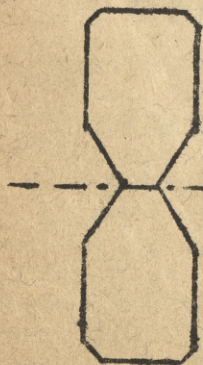
odznaczają się bliźniaki, których poszczególne
indywidualia porobawione są centrum symetrii
n.p. dwa lewe, lub dwa prawe kryształy
kwarcu. -

Kryształy mogą się nie tylko zrosnąć,
lecz też przetrwać, wtedy powstają ja-
koby jeden osobnik o symetrii wyższej,
n.p. dwójak dwunastokątny pentagonal-
nego (pinytu) ma czterokrotną osi pionową
i trzy osie sześciokrotne, tymczasem poje-
dyńcze indywiduum ma tylko dwukrotną
osi pionową i trójkrotne osie porośnięte.

Dalej n.p. kryształy układu jednosko-
nego (filipsytu) mogą, przez kolejne prze-
rastanie się, nabrać symetrii układu
rombowego i wreszcie regularnego.

Poniżej wymieniamy kilka przykładów
najpospolicznych bliźniaków w świecie
minerałów: - w układzie trójkrotnym
należy tu przedewszystkiem plagioklasy
stanowiące mieszaninę dwóch składowi Albitu
($\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) i anortytu ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), w do

wolnym sterunku. Tworzą one porpochi'e wielokrotne bliźniaki, przedewszystkiem wedle płaszczyzny (010), która w układzie trójkrotnym nie jest pł. symet. - W układzie jednokrotnym: Ortoklaz glinokremion potasu ($K, Al Si_3 O_8$) tworzy bliźniaki według (100), (001) lub (021). Gips ($Ca SO_4 \cdot 2H_2O$) zrasta się według prawa bliźniaczego (100) i wtedy (010) jest w bliźniaku napółką obu indywiduów. - W układzie rombowym Aragonit ($Ca CO_3$) zrasta się wedle (110) i to może się kilkakrotnie powtórzyć, tak, że bliźniak się zaokrągla przyjmując postać zbliżoną do układu heksagonalnego. - Hemimorfit (galmieniczny $H_2 Zn_2 Si O_5$) mający os. 2 odmiennie wykręśloną na obu końcach (os. polarne), zrasta się wedle ściąg. wewnętrznej (001) (Rys. 84), ponieważ ona nie jest płaszczyzną symetrii. -



Rys.
84.

W układzie trygonalnym Kwarc (SiO₂) tworzy blizniaki symetryczne względem osi pionowej, a mianowicie: roztają się ze sobą dwa prawe, lub dwa lewe indywidualne. Natomiast Kalcyt (CaCO₃) rośnie się wedle prawa (0001). -

Układ tetragonalny. Kasyteyt (SnO₂) rośnie się wedle (101) tj. dwupiramidy drugiego rodzaju, tworząc charakterystyczne pryzmice. -

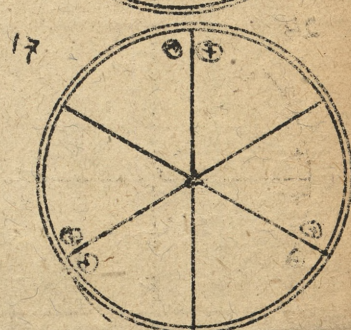
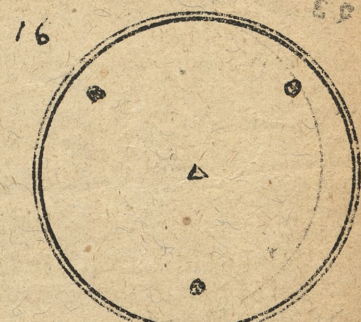
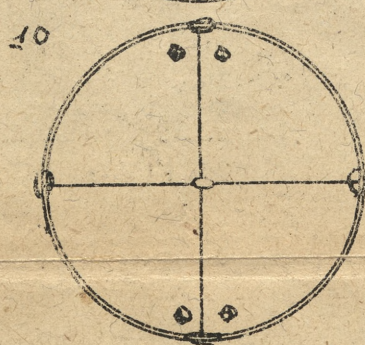
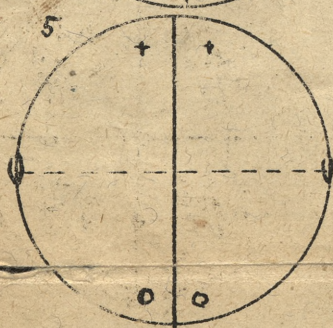
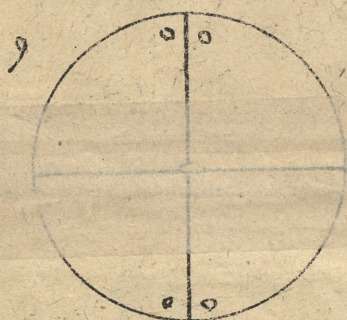
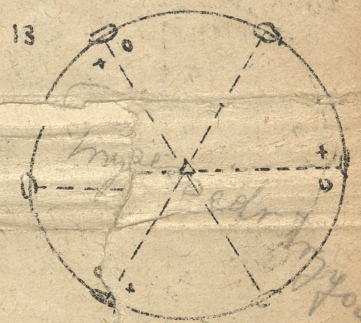
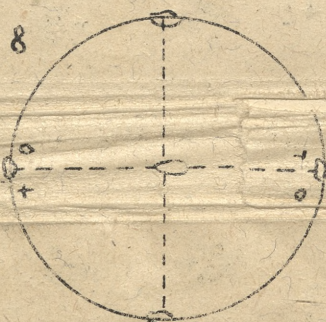
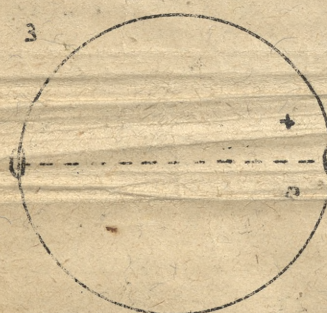
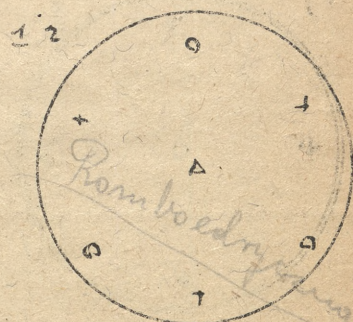
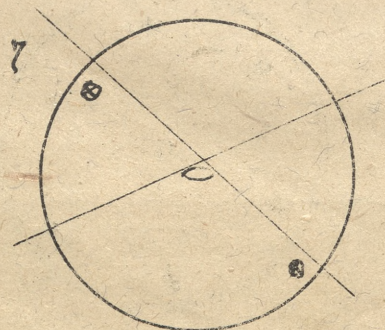
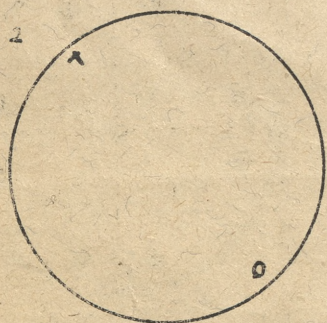
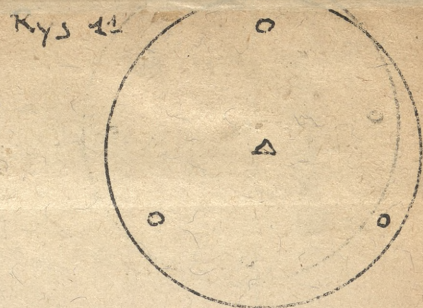
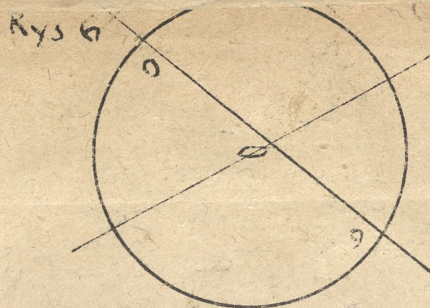
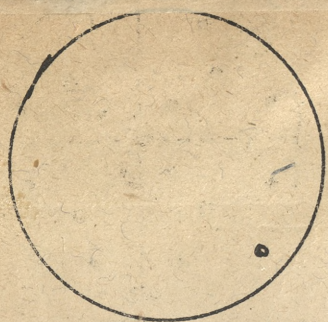
Układ regularny. Tetraedryt (skomplikowana siarkosole bogate w Cu) którego macica pochodzi stąd iż krystalizuje pospolicie w tetraedrach tworzy blizniaki tak iż zwykle dwa tetraedry przestają się wedle ścian sześciennych (100). -

Blendy cynkowe (Zn S) tworzy czołowe ściany o ścianach przekrzywionych, co jest wynikiem wielokrotnego rośnięcia się wedle ścian sześciennej (111).

Piryt (Fe S₂) rośnie się wedle dwu-

torianum romboidalne f. 1103. Magnetyt
($\text{Fe}_3 \text{O}_4$) tworzą porpolicie osnowy ciemnej
zrasta się wedle ścian (111), któ-
ra jak wiemy nie jest płaszczyzną sy-
metrii. — Fluorapat (Ca F_2) krystaliz-
ujący w szeregach zrasta się
zwyczajnie wedle ścian osnowy (111). —

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
w KRAKOWIE
BIBLIOTEKA



Uwaga. Praszczynę symetrii
przechodzącą przez kóło projekcyjne
zamiastono podwójnem kółem,
inne pt. sym. zamiastono pięciu
linijami:-

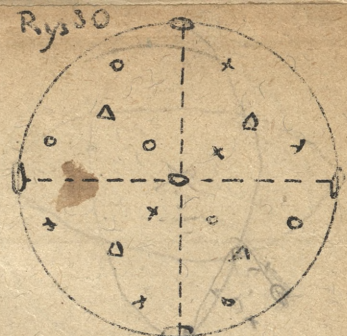
rys 18



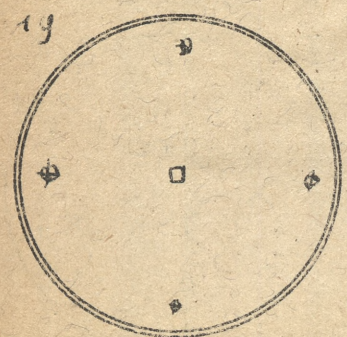
Rys 25



Rys 30



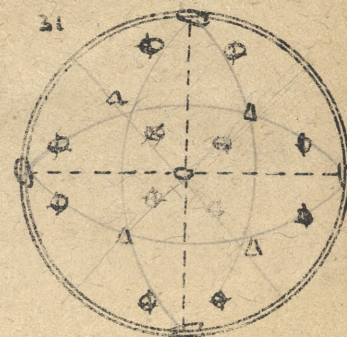
19



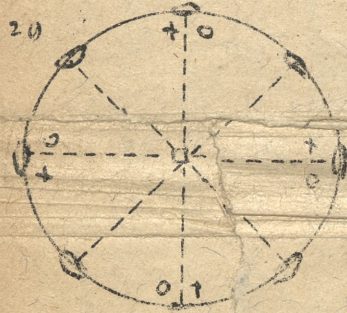
26



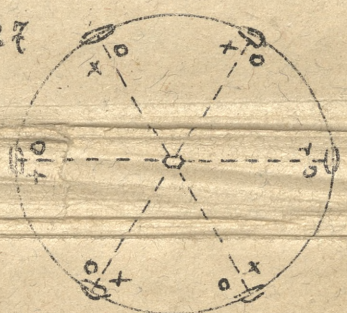
31



20



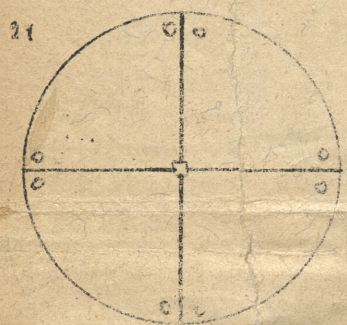
27



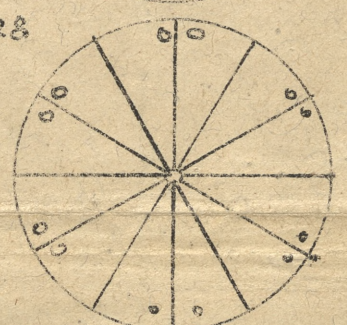
32



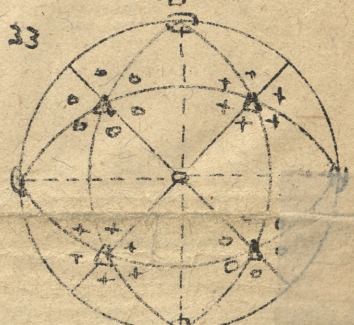
21



28



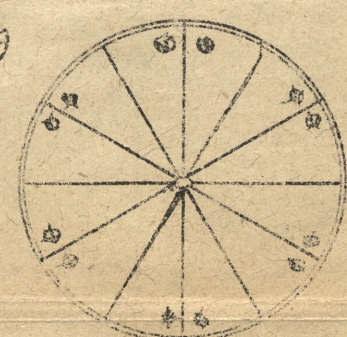
33



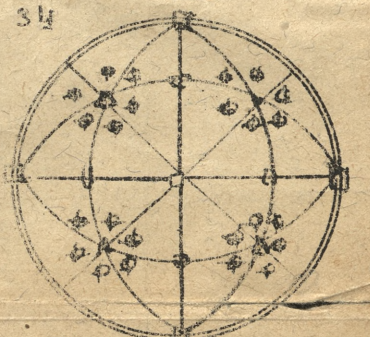
22



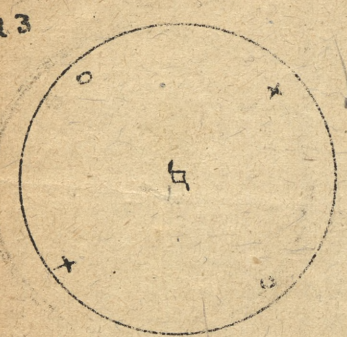
29



34

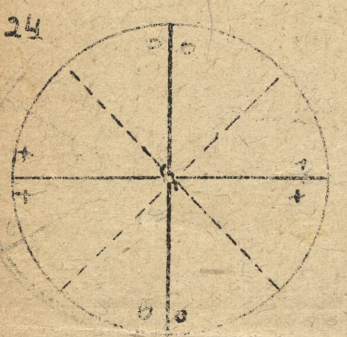


23

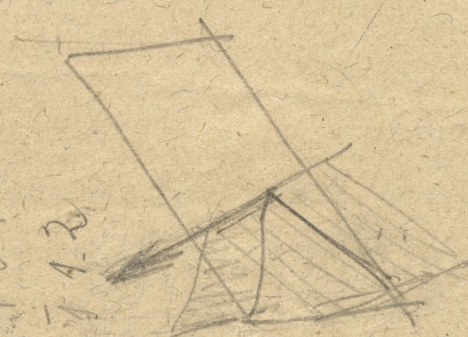


3321

24



421 743



ingulano grafia.

