

萬有文庫

第二集七百七種

王雲五主編

結晶體

(下)

渡邊萬次郎著

張資平譯

商務印書館發行

體 晶 結

(下)

著 郎次萬邊渡

譯 平資張

書 叢小學科然自

編主五雲王
庫文有萬
種百七集二第

體 晶 結
冊 二

究必印翻有所權版

中華民國二十四年三月初版

原著者 渡邊萬次郎

譯述者 張資平

發行人 王雲五
上海河南路

印刷所 商務印書館
上海河南路

發行所 商務印書館
上海及各埠

(本書校對者徐培生)

華

*C四一九

第二章 結晶體之內部構造

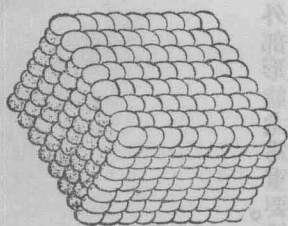
第一節 二十世紀前之學說

前章曾述結晶體之根本的特質，實爲其規則的內部構造，較之外部形態尤爲重要。然則結晶之內部構造究有如何狀態，關於此點，古來有種種學說。遠溯至希臘古代，德謨說利圖（Democritus）伊壁鳩魯（Epicurus）等主張一切物體乃多數原子之集合，此等原子因物質種類不同，其大小重量及形態亦異，且時時刻刻自由動搖；在此等原子間有相當之空間存在。此種見解，與近代原子說，頗多相同之點，惜無足以證明其主張之實驗的基礎。其後遭亞理斯多德（Aristotle）之反對，兩氏之假說，遂作曇花一現，終成泡影。

嗣後關於結晶體之內部構造之研究不見何等進步。至第十七世紀中葉，仍不見有若何議論。

或假說；但當時各種學術皆極發達，與結晶體有關之種種新智識，亦日見增加；例如由光之波動說，知方解石之複屈折因方向而有差異，又劈開循一定之規則。海亘史（Huygens）即據此兩現象，推定結晶乃由無數之微小橢圓體而成，而此等橢圓體按一定之方法相積疊，猶如米袋之堆積如第一〇五圖所示；此實爲關於結晶體內部構造之近代學說中之第一聲也。

其後由十八世紀至十九世紀初葉有近代結晶學之鼻祖阿羽依者，發見關於結晶體形態之種種事實；後又發見有理指數定律。氏謂此等現象完全基因於結晶體之規則的內部構造；故推想結晶體乃由微細之平行多面體粒子構成之；且此微細粒子應結晶之種類不同而形狀有一定；此等粒子之積集狀態，若磚塊之堆疊，其間全無空隙如第一〇六圖所示。據阿羽伊之說明：各結晶之劈開，乃沿此等微細多面體而起；在此劈開面以外方向之晶面，乃此等微細多面體粒循一定之規則遞減其數，向上方堆積作成階段；此階段之凹凸，因其過於微小，故外狀似一平面。又結晶體之標

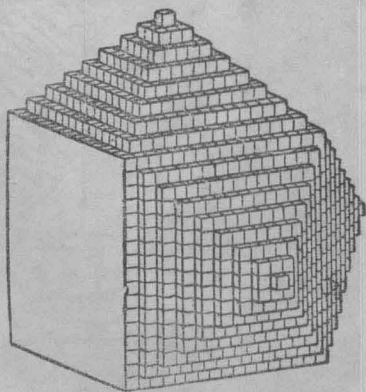


圖一〇五 海亘史所想像之
方解石構造。

準軸率，則爲此種單位多面體三邊之長之比率；至有理數定律，乃此種單位多面體常以其三邊之整數倍與三軸相交切之結果；而面角安定之定律，亦爲此單位多面體之形狀有一定之結果。由是知阿羽伊之見解實可以充分說明結晶體之外部形態也。

但有種種物理性質。例如結晶受熱而起之膨

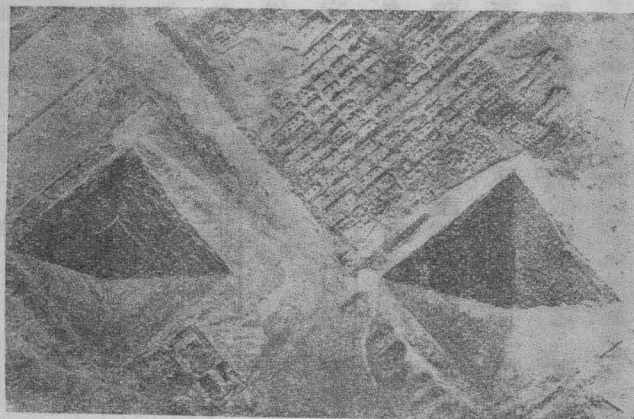
脹，由壓迫而生之縮小等現象，實難依形態不變之多面體粒子之緻密堆積爲說明。由是遂有捨去多面體粒子之堆積假說，而採用粒子在空間爲規則的排列之說；換言之，卽古希臘時代之假說之復活也。據此說謂：結晶空間分劃爲無數之微細多面體區域，在各區域之中心，有一粒子存在，且常動搖不定，但其相互之位置的關係，則能保持不變。卽結晶體爲粒子緻密堆積之假說，改變爲粒子在空間爲規則的排列之學說矣。



圖一〇六 阿羽伊所想像之結晶體構造
由圖觀之，則劈開現象及有理指數定律甚明瞭也。

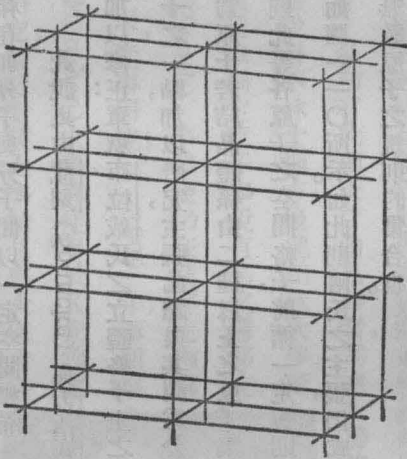
將此見解再加改良者，爲布拉威（Blavey），假定以互相交之三組平行平面分劃空間，且此等平面之各組，以等距離相排列，有時由此等平面所分劃之各區域，同形同大，其形態與阿羽伊所想像之多面體分子一致。但據布拉威之意見則此等區域本身實非分子，其大部分乃空間；分子唯散在於此等多面體區域之各隅，有時或存在於其立體之中心，或各面之中心而已，如第一〇八圖所示。且此等分子因結晶體不同而有一定之形態及方向，此則布拉威說之特徵也。

此種關係實存在於結晶體之全部。此等區域所由生之平行諸面之相交綫遂作立體的平行網，



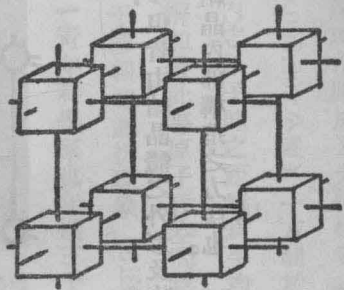
圖一〇七 阿羽伊所想像之結晶與金字塔。登高望之爲規則的階段面，但由遠地觀之，固一平滑之錐面也。阿韋所想像之結晶，卽與此相類似。

氏稱之爲空間格子(space lattice)，由此等平面而分劃之各小區域，稱之爲單位區域(elementary parallelepiped)；單位在區域之各隅當然爲空間格子之交叉點，即分子所佔有之位置也。



圖一〇九 結晶體內之價定的空間格子之一部。

實際無此線羣，唯由此假定線所示之種種定點下，有原子存在而已；此與地球儀上之經緯綫相同，實際不存在者也。



圖一〇八 布拉威所想像之結晶體內之粒子排列。

此中實際存在者爲小方形粒子；至連結此等方形之直綫乃表示位置關係之假定綫也。

此處須注意者：即實際存

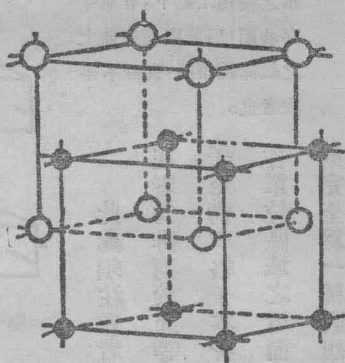
在者爲排列於此等位置之分子；至構成格子本身之直綫，及作單位區域之境面之平面等，則完全爲一種假想物，實際不

存在；即分子與分子間，以一定空間相隔。

此說更由藏刻 (Schncke) 與古洛特 (Groth) 加以修正：單就布拉威氏之立體格子上之多面體分子之一點，加以研究，主張此點與其謂為分子，不如謂為原子，若結晶體係由二種以上之原子集合而成時，則此等各原子之空間格子，將循一定規則相結合；例如圖一一〇所示。如此則兩氏之主張，仍成結晶體為無數原子之規則的集合也。

如上所述，關於結晶體內部構造之學說，日見進步，但皆由結晶體之外形及物理的性質推論而得之結果；直至現世紀之初，仍未發見有直接測定結晶內部構造之方法也。

第二節 勞埃之發見



一〇八

圖一一〇 古洛特所想像之結晶體內原子排列，此中假定綫，實際亦不存在。

在十九世紀間，科學已極進步，至現世紀，其進步尤速，就中關於X光綫研究之進步，已闡明其爲一種波，波長約十億分之 α 公厘，（ $\alpha \times 10^{-9} = 0.000.000.00\alpha$ 公厘）一方關於測定一克分子（gram molecule）中之原子數之研究，亦發見結晶體內之原子間之距離，爲平均一億分之 α 厘米，（ $\alpha \times 10^{-8} = 0.000.000.0\alpha$ 公厘）。因此，遂引起一種見解：即若此等原子，作空間格子狀排列，則X光線透過結晶體時，將與光波通過細隙時同樣起一種干涉，即起迴折現象（diffraction）。

最初有此種天才的見解者，爲德人勞埃（Laue）一青年科學家也，年僅三十二歲，於1879年，生於科不林士地方，後進柏林大學，受業於以創定原子學說有名之蒲郎克（Planck）卒業後仍在蒲郎克指導之下，從事研究，至1909年，轉閔亨（München）大學，專從事於X光綫之研究，當時受該大學結晶學大家古洛

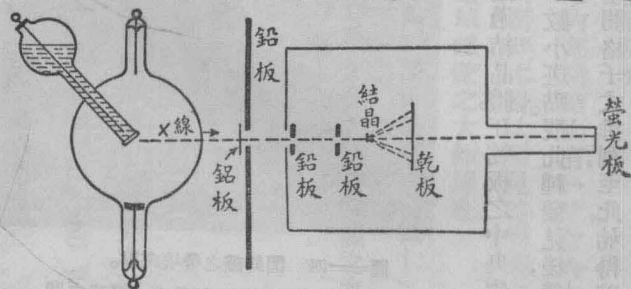


圖一一 一天才的青年科學家勞埃氏最初發明結晶體內之X光綫之迴折現象。一方在結晶體內部構造之研究上，他一方在X光綫本身研究上，皆留極大之功績。

餘弦(direction cosines)即一種特別數， h, k, l 則為任意之整數。故單在此 α 之方向，第二次之X光綫波，不互相干涉打消，反互相助長繼續前進，與光波通過細隙時，由所生之第二次小波之干涉，限於一定方向而生之波相同，為一種迴折現象也。

前記式中 h, k, l 為任意之簡單的整數，故應其數之選定法不同而 α, β, γ 亦生變化。如前所述迴折現象之方向，固不祇一個，但皆為與上列式之關係相符之一定方向，且此種方向之數益增，則由迴折而生之波強遂漸減小，故實際上顯著之方向為數甚少。

此種關係在空間格子之各部，同相演進，若由通過細隙而來之一束X光線，通過結晶體時，其一部分各作一X線束，向種種不同之方向進行，若以照相乾板攝取此等光束，則各作一斑點，現於乾板上；反言之，即由此等斑點之位置，可以知各X線束之進行



圖一一三 檢出勞埃斑點之實驗法。

方向；故若知X線之波長 λ ，則按前式可以求原子間之距離 d 之真數；由是結晶體之構造亦可以推知也。

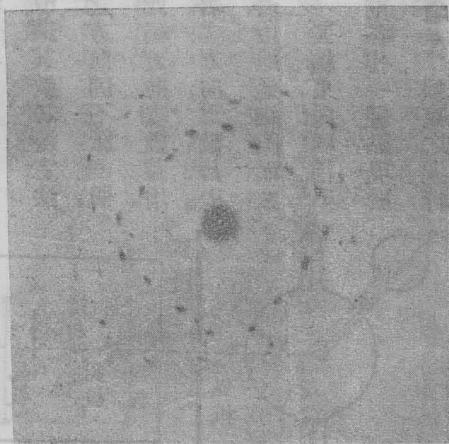
以上爲勞埃想像之經路概要。

勞埃爲確證此種思考，遂託夫里德立喜

(Friedrich) 與克尼畢 (Knipping) 兩人

舉行實驗。使用之器械，如第一一三圖所示，先取硫酸銅之結晶驗之，通過鉛板之細隙，放送X光線，此光線通過結晶體，而考究其投射於

結晶體背後之照相乾板之狀態，果如須期，X光線之一部自由通過結晶體，在乾板之中央生一大斑點，又一部份起完全迴折現象，在此中央大斑點之周圍，現出多數小斑點。觀此種發見後，勞埃之驚喜果何如耶？其振動學界者又果如何耶？結晶體內之粒子之空間格子式排列，至此始得確實證



圖一一四 閃鋅礦之勞埃斑點。

此影片之原版，即爲此大發現之關鍵；此圖採自勞埃之論文中。

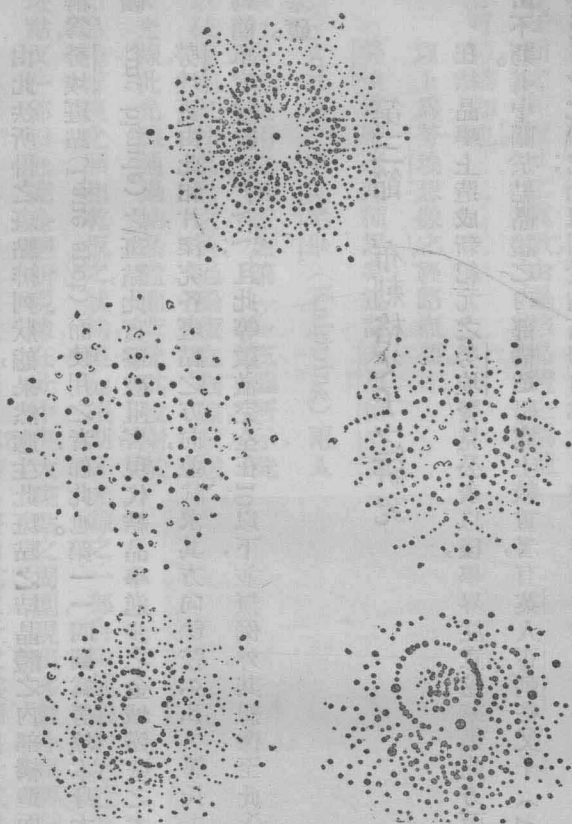
明。關於其內部構造，經過長期間未得解決之大問題，至此亦漸告解決矣。

由此法所得之斑點排列狀態，果然應生此斑點之結晶體之內部構造而有一定，故今日一般稱爲勞埃斑點 (Laue spot) 而使用之者，卽此也。第一一四圖爲勞埃本身大發見時所用之閃鋅礦 (zinc blende) 之斑點，此實擊破阻害現代結晶學進步之金城鐵壁之大炸彈也。

勞埃更由此相片，深究各斑點之方向，並試求其方向餘弦 α, β, γ 等。氏求得 $\alpha:\beta:1-\gamma$ 果常爲簡單之整數比 $h:k:l$ ，且此等數值完全在 10 以下，並無例外，其想像至此遂獲得確然之實驗的基礎。

第三節 布刺格父子之研究

在結晶學上造成新紀元之勞埃發見公表以後，學界注意遂羣集此方面，由是重要之發見續出不窮。其中關於結晶體之內部構造研究上較重者，有英人布刺格父子 (W. H. and W. L. Bragg) 之研究，而以關於結晶體內部之 X 線之特殊的『反射』之新意見爲基礎。



圖一一五 勞埃斑點五種。

上爲綠柱石，中左爲食鹽，中右爲螢石，下左爲正長石，
下右爲藍晶石之勞埃斑點。且按六回，四回，三回，二回，一
回迴轉之方向攝影者也。其對稱在相片上能完全表現，如圖
所示。



圖一六 布刺格父子。

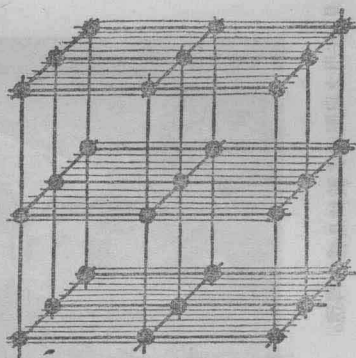


布刺格父子由他方面考察勞埃之大發見，并用之以闡明多數結晶體之構造。

據布喇格父子意見，構成結晶體之各原子，皆爲空間格子式排列，故亦可視作在多數之平行面上相排列，然則X線波因進入結晶體內，不能不按一定順序通過原子排列面。且此X線波每通過此等各面，必刺激其面上之原子，而作第二次小波之來源，此等波相合，遂造成一反射波；此種反射波乃按X線漸次通過平行的原子排列面而生者也。故其相重合時，必起干涉，其狀態有若音波之在木柵反射，若木柵有數個，則由此等木柵而起之反射波，自然互相干涉也。

雖然，此種通俗的說明，仍不能使人了解，故不能不略述其理論，其中雖不免有艱澀難明之點，但不可不深加注意焉。

試觀第一一八圖，今有平行X光線，由S向結晶體進行，絕無間斷，此X線中在A點自由通過



圖一一七 作空間格子上排列之原子可視作在平行面上排列之原子，如圖所示。