

苏联高等学校教学用书

礦物学岩石学及 地質学基礎教程

托洛波夫 布拉克著

地质出版社

56.1
187

礦物学岩石学 及地質学基礎教程

托洛波夫 布拉克 著
东北工学院探礦系
地質礦物岩石教研組譯

苏联文化部高等教育管理總
局審定作為化工学院教科書



Н. А. ТОРОПОВ, Л. Н. БУЛАК
КУРС МИНЕРАЛОГИИ И ПЕТРОГРАФИИ
С ОСНОВАМИ ГЕОЛОГИИ
 ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
 ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ
 Москва — 1953

本書係緊密結合化工學院學生的需要而寫的，共分五篇。第一篇介紹結晶學的基本內容。在第二篇礦物學中對矽酸鹽工藝上最重要的原料（氧化物類、碳酸鹽類，尤其是矽酸鹽類礦物）敘述甚詳，最後一篇對各種技術矽酸鹽產品，如耐火材料、研磨材料、玻璃、水泥及各種鹽類的原料，這些產品的化學組成及製造法程等均有敘述。

原書係托洛波夫、布拉克著，契特維里科夫校訂。

本書由東北工學院採礦系地質礦物岩石教研組譯。

礦物學岩石學
及地質學基礎教程 400,000字

著者	托洛波夫 布拉克
譯者	東北工學院採礦系 地質礦物岩石教研組
出版者	地質出版社 北京宣武門外永光寺西街3號 北京市書刊出版業營業許可證出字第零五號
發行者	新華書店
印刷者	天津人民印刷廠

印數(京)1741—6743冊 一九五五年十二月北京第一版
 定價(10)2.53元 一九五六年十月第三次印刷
 開本 317×437/32 印張18張 插頁2

目 錄

緒 言.....	7
----------	---

第一篇 結晶學的基本內容

第一章 晶體幾何學.....	13
晶體的測量.....	16
晶體的對稱.....	18
晶體的形狀.....	24
雙晶.....	33
第二章 結晶化學.....	40
第三章 晶體的物理性質	54
晶體的機械性質.....	54
晶體的熱學性質.....	59
晶體的光學性質.....	60
晶體的電學性質.....	88

第二篇 礦 物 學

第四章 礦物的一般知識	90
自然界中礦物的形成.....	91
礦物的物理性質與化學組成.....	101
礦物的合成.....	113
礦物的形態.....	121
第五章 礦物的分類.....	125
矽酸鹽類.....	130
碳酸鹽類和硝酸鹽類.....	166
氧化物類.....	170
氫氧化物類.....	177

硫化物(砷化物、銻化物)類.....	181
硫發化合物類.....	186
鹵化物類.....	189
磷發化合物類.....	191
鎢酸化合物類.....	192
自然元素類.....	192

第三篇 動力地質學和岩石學

一、動力地質學

第六章 基本知識.....	196
地球的物理性質和組成.....	197
地球的構造.....	200
第七章 內力作用.....	206
火山作用和火山.....	206
地震.....	219
造陸運動.....	227
第八章 外力作用.....	231
海洋的地質作用.....	231
流水的地質作用.....	236
地下水的地質作用.....	241
冰川的地質作用.....	245
風的地質作用.....	253

二、岩石學

第九章 火成岩.....	261
火成岩的化學組成.....	262
火成岩的礦物組成.....	269
火成岩的產狀.....	274
火成岩的結構和構造.....	278
火成岩的裂縫及節理.....	283
超基性岩石.....	285
基性岩石.....	286
中性岩石.....	287

酸性岩石·····	280
超酸性岩石·····	292
鹼性岩石·····	294
岩漿岩的分異作用·····	294
第十章 沉積岩 ·····	297
沉積岩的化學組成和礦物組成·····	306
沉積岩的產狀·····	308
沉積岩的分類·····	315
碎屑沉積岩·····	316
化學沉積岩及生物沉積岩·····	325
第十一章 變質岩 ·····	339
變質作用的類型·····	342
變質岩的產狀·····	343
變質岩的結構和構造·····	343
變質岩的分類·····	344

第四篇 地 史 學

第十二章 地史學的研究對象及研究方法 ·····	349
第十三章 地質年代學及地質圖 ·····	353
地層的劃分·····	353
地質圖·····	356
第十四章 地質的代和組 ·····	362
太古代(界)·····	362
元古代(界)·····	363
前寒武紀·····	363
古生代(界)·····	364
中生代(界)·····	391
新生代(界)·····	404

第五篇 技術岩石學

第十五章 基本數據 ·····	417
------------------------	-----

第十六章 技術產品的岩石學分類	421
狄納氏耐火材料（矽質耐火材料）	421
耐火黏土	424
鎂質耐火材料	426
玻璃及其中的結晶包裹體	429
陶瓷	433
波特蘭水泥和黏土質水泥	435
石膏及其脫水產物	441
冶金爐渣	442
頁岩——灰爐渣	449
研磨用電熔剛玉	449
電熔富鋁紅柱石耐火材料	451
參考文獻	453

緒 言

在紀元後頭一個一千年中，居住在歐俄、中亞細亞及高加索廣闊土地上的人們已經能够採掘、精選各種金屬礦石和寶石，能够從礦泉中熬鹽，能够利用天然的建築石料以及製造人工建築石料了。

在企圖不依賴外國來建立祖國工業的彼得一世的時候礦業獲得了相當大的發展。

自從俄國科學院成立以來，在 1726 年組織了俄羅斯中部、烏拉爾、阿爾泰、外貝加爾、高加索等地的考察，其任務是研究當時全然未曾調查過的祖國廣大地區和礦床的地理和地質。克拉申尼尼科夫（С.П. Крашенинников）、格麥林（И.Г. Гмелин）、巴拉斯（И.С. Паллас）、列彼亭（И.И. Лепехин）、奧澤列茨科夫斯基（Н.Я. Озерецковский）等人曾搜集了祖國各個地區貴重的礦物和岩石標本，並且獲得了有關祖國地質構造的初步知識。

礦物學有系統研究的開始和最初的礦物生成理論的建立是與天才的俄羅斯學者羅蒙諾索夫（1711—1765）的名字分不開的。1757 年他出版了“地震生成金屬論”，1763 年出版了“冶金學基礎”附“地層論”，作者在這些書中闡述了許多思想，這些思想在現代結晶學、礦物學和地質學中已得到承認。

許多傑出的礦物學者詳細研究了在祖國各個礦床所採集的大量礦物和岩石標本，他們所做的一系列工作推動了礦物學和有關礦石及其他岩石的科學進一步發展。謝維爾京（В.М. Севергин 1765—1826）、科克沙羅夫（Н.И. Кокшаров 1818—1892）、葉列麥耶夫（П.В. Еремеев 1830—1899）及其他俄羅斯學者為祖國岩石學的進一步發展打下了穩固的基礎。

十九世紀後半葉俄羅斯學者在地質礦物科學各部門中都居領導地

位，並且以具有頭等意義的發見豐富了世界科學。由車爾尼雪夫（Ф.Н. Чернышев 1856—1914）的發起在彼得堡建立了地質委員會，其主要任務是使祖國地質構造進入有計劃的研究和編製俄國統一地質圖——計劃找礦和勘探工作的科學組織的基礎。很多年來卡爾賓斯基（А.П. Карпинский 1847—1936）——俄國歐洲部分一般地質構造鉅著的作者、應用顯微鏡觀察法研究礦物和岩石的創始人、現代岩石學奠基者之一——在地質委員會裏起着主導作用。

穆什克托夫（И.В. Мушкетов 1850—1902）、巴甫洛夫（А.П. Павлов 1854—1929）、伊諾斯特蘭采夫（А.А. Иностранцев 1843—1919）、奧勃魯契夫（В.А. Обручев 1863）所進行的大規模調查工作為詳細研究富藏着許多極為貴重的礦產的我國邊區的地質情況打下了基礎。

隨着顯微鏡研究法和分析化學的發展和完 善，關於岩石的學說——岩石學分出成了獨立的科學。在岩石學的研究中，根據化學組成的岩石分類法的作者列文生-列星格（Ф.Ю. Левинсон-Лессинг 1861—1939）曾作了極其重大的貢獻。

天才的俄羅斯學者費多羅夫（Е.С. Федоров 1853—1919）研究出作為現代結晶物質結構理論基礎的 230 對稱空間群的原理，並且在礦物學和岩石學研究的實踐中運用了他所發明的、以他的名字來命名的顯微鏡旋轉台。加多林（А.В. Гадолин 1828—1892）得出晶體 32 對稱晶類的結論，這點已作為現代結晶學分類的基礎。

還在赫魯曉夫（К.Д. Хрущев 1852—1915）早期的著作中就已介紹了在高溫和高壓下完成的某些礦物極好的合成，並且研究了進行類似實驗的方法。隨後，列文生-列星格及其同事在各種礦物和岩石結晶過程的實驗研究上廣泛地採用了物理化學分析法。

吳里弗（Г.В. Вульф 1863—1925）導出根據樂琴射綫照像計算晶體構造的基本方程式。維爾納茨基（В.И. Вернадский 1863—1945）和費爾斯曼（А.Е. Ферсман 1883—1945）綜合了俄羅斯礦物學家和化學家所積累的大量資料，建立了新的科學——地球化學或地殼化學，其基本原理在研究化學元素在地殼中分佈的特性時起着主導作用，並且

在組織普查和勘探各種礦產時極為有用。

十九世紀末和二十世紀頭十年標誌了物理化學的巨大成就、鑒於射線的發現、光譜分析和物質的其他研究方法的巨大的發展，這些對礦物學、岩石學及一系列其他地質學科的進一步發展有着顯著的影響。

在蘇維埃社會主義國家中這些科學部門，和所有其他科學一樣，已上升到空前未有的高度，同時在研究國家礦物資源方面也展開了規模巨大的工作。由於蘇維埃地質學家在蘇聯遙遠地區的忘我的勞動、有關岩石和礦產生成過程上新的理論的創立、礦物和岩石野外和實驗室最新研究方法的廣泛應用，因而發見了許多保證我們工業、農業、運輸及國民經濟其他部門所必需的原料產地。

費爾斯曼在科拉半島及中亞細亞的考察、堪察加火山站的組織、科學院烏拉爾勘察院的工作以及斯米爾諾夫（С.С.Смирнов 1895—1947）、查瓦里茨基（А.Н.Заварицкий 1884—1952）及其他蘇聯學者的勘察都發現了一系列新的貴重礦產地，豐富了我們的國家。

古勃金（И.М.Губкин 1871—1939）、別梁金（Д.С.Белянский 1876—1953）、阿爾漢格爾斯基（А.Д.Архангельский 1879—1940）、斯特拉霍夫（Н.М.Страхов）、普斯托瓦洛夫（Л.В.Пустовалов）、尼科高祥（Х.С.Никогосян）、布德尼科夫（П.П.Будников）、斯米爾諾夫（Н.Н.Смирнов）及其他蘇聯學者在野外及室內條件下系統地進行的沉積岩的詳細研究，大大地促進了蘇聯矽酸鹽工業原料基地的擴大，並且保證了很多新工業發展的可能性。

社會主義建設宏偉的進展、巨大的水力建築、城市和鄉村中工業及民用建築新的高漲，展開了進一步發展我國地質礦物科學和掌握大量天然礦物資源的廣闊遠景。

蘇聯共產黨第十九次代表大會爲了滿足國民經濟對原料和燃料資源不斷增長的需求，在1951—1955年蘇聯第五個五年發展計劃的指示中規定：“……進一步發展地下資源的勘探工作，查明礦產儲量，首先是有色和稀有金屬、煉焦煤、鋁的原料、石油、富鐵礦及其他類型的工業原料的儲量”。在研究和清查我們工廠的和建築地區的原料基

地的專家面前，以及在從事開採和加工各種天然礦物原料的矽酸鹽工藝專家面前擺着新的光榮的任務。水泥、玻璃、耐火材料、建築和電工用陶器、瓷器、洋瓷及其他矽酸鹽和與之相似的材料及產品的生產上所必須的條件就是利用大量各種各樣的岩石和礦物作為原料。

所以，全面而深入地研究各種岩石的化學及礦物組成、構造、生成條件及產狀和構成岩石的礦物的性質是培養矽酸鹽工藝工程師總的系統中的重要環節。

矽酸鹽工業的技師必須具備有關化合物和自然元素——由於地殼中各種物理化學作用的結果而產生的礦物，以及有關分佈最廣的、可用各種方法（破碎、磨細、浮選、烘乾、在高溫下焙燒，有時也要熔融）加工成為一定原料的岩石的詳盡的知識。工藝方法的正確選擇和相應的計算在相當大的程度內由原料的物理及化學性質所決定。

很多專門的方法——結晶光學、樂琴射綫、差熱分析及某些其他方法——現在應用在研究原料以及矽酸鹽工業產品的礦物組成和構造上很有成效。

應該指出，結晶光學方法原來主要是用來研究天然岩石的，由於蘇聯學者的努力，現在已可用來檢查蘇聯某些水泥工廠產品的質量。這個方法在研磨工業和氧化鋁的生產上也得到廣泛的應用。“石塊”——玻璃生產中一種主要“廢品”——用岩石學方法也很容易並比較精確地識別出來。

在陶器、耐火材料及矽酸鹽生產的其他產品方面為了查明附屬類型的原料，改進現有的工藝過程，以及研究新的工藝過程而做的科學研究工作，現在在大多數情況下都是幫助專門的礦物-岩石研究法來進行的。

天然礦物在大多數情況下為結晶體，而矽酸鹽產品組成中的很多化合物也是晶體。所以，在本教程中分配必要的地位來敘述結晶學的基本原理，所佔份量是為了獲得有關結晶物質結構的現代理論知識和掌握以應用品體各種性質（結晶光學、樂琴射綫、電子顯微鏡）為基礎的礦物及岩石研究法所必須的。

最近十年來，研究晶體內部原子結構，以及研究這種結構與結晶

物質最主要的物理和化學性質的關係的結晶化學的迅速發展，擴大了結晶學基本原理和定律應用的範圍，因此不僅礦物專家，而且化學家、冶金學家及其他工程技術工作者也都應研究結晶學。

本書對某些礦物微細結晶構造作了各別最典型例子的描述，以便讀者得以熟悉近代構造礦物學。礦物的結晶化學方面所引用的材料是這些問題的專門文獻中讀者所能理解的材料。

本教程的礦物學篇主要是引導讀者集中注意那些在矽酸鹽工藝中有最大意義的材料（氧化物類、碳酸鹽類，尤其是矽酸鹽類礦物）。特別詳細地描述了在研究原料及產品礦物組成上具有首要地位的矽酸鹽的光學性質。

矽酸鹽工業中所利用的礦物原料礦床是由於各種地質作用的結果而產生的地質產物。

塊狀火成岩和與之伴隨的脈狀體——偉晶岩、熱液礦脈——的礦物以及火山灰的碎屑產物、凝灰岩、浮石、火山灰等在矽酸鹽材料的生產上廣泛地應用着。玄武岩和輝綠岩是石頭構造生產的原料，富於鹼性氧化物的火成岩——粗面岩和霞石正長岩——用於玻璃熔融上，火山浮石和火山灰可加到水泥中以增加混凝土在水力建築物中的化學穩定性。偉晶岩脈中石英和長石用在瓷器和洋瓷的生產中。

沉積岩，如黏土、泥灰岩、砂、鋁土、黃土、石灰岩及許多其他岩石是矽酸鹽工業所必需的最主要的原料。再結晶的變質岩——石英岩、大理岩、滑石片岩、石棉——對於矽酸鹽工業也是非常有意義的。各種岩石的化學組成、物理性質、構造和產狀的獨特性決定了矽酸鹽工業的專家必須很好地了解矽酸鹽原料礦床及其圍岩的地質岩石學特性。

當設計新的和改造正在生產的工廠時，為了正確的評定和檢查採石場的工作，矽酸鹽專業的工程師不能不碰到各種純粹是地質上的問題。例如石灰岩層狀礦床富含燧石或碳酸鎂、白雲石是極為普遍的情況，但這却使這些不均勻的原料產地的正常開採工作大大複雜化了。

研究如喀斯特和山崩等現象的本質，有時研究極其嚴重的現象如地震的本質也具有實際意義。所有這些都促使讀者必須熟悉在本教程

中叙述的主要地質原理：地殼各帶中溫度的分佈，地震和火山現象、流水、海、冰川和風的地質作用、岩石材料的破壞、搬運和堆積、各種類型岩石與一定時代地質沉積的成因聯系，岩石性質中存在着差異的原因等等。

最後，比較年青的科學——由別梁金院士發起在蘇聯建立的技術岩石學，向讀者提供了有關矽酸鹽產物的礦物組成和顯微構造的概念。

因此，所有包括在本教程內的學科對於掌握研究原料和產品的科學方法來說，以及對於掌握知識來說都是必要的。未來的青年專家只有憑藉這種知識才能最有成效地在共產主義建設的偉大時代裏解決擺在我們矽酸鹽工業面前的那些巨大的任務。

第一篇 結晶學的基本內容

結晶學通常分為三大類：幾何結晶學——研究結晶多面體構造的基本規律、對稱特性及晶體幾何形狀的分類，化學結晶學——研究結晶物質的構造與化學性質之間的關係（結晶化學），物理結晶學——研究晶體最主要的物理性質，如機械性、光性、熱性、電性及磁性。

第一章 晶體幾何學

如上所述，產於地殼中的礦物，大多數是結晶的物體，很少呈非晶質狀態。

結晶完好的礦物具有由平面圍成的在幾何上規則的多面體形狀。晶體的這種外形是其規律的內部構造的表現。不過在其形狀不規則的碎片中也保持有結晶物體的一切特性。

變稜射綫照相的研究資料證明，結晶物質的特徵反映着各個基本質點（原子、離子或分子）正確的、有規律的、呈空間格子形式的排列（圖1）。

但是，同態非晶質的物質（不是結晶物質），如樹脂、電木、玻璃等等，其基本質點的這種有規律的空間排

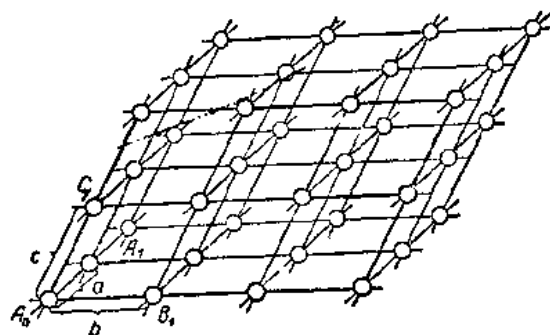


圖 1. 晶體的空間格子

列是見不到的。

茲較為詳細地研究空間格子結構的特性：

我們任意選擇三個方向，沿着這些方向來考察格子上結點的排列。

如果假定，在中性原子、離子或分子所代表的晶體中有一基本質點位於 A 點（圖2），則第二個同樣的質點將位於離它最近的可能距離 $A_0 - A_1$ 的 A_1 點上。位於同一直線上的第三個質點 A_2 則居於距離為 $A_1 - A_2$ （等於 $A_0 - A_1$ ）的位置。以後各點在此方向上均將以同一距離排列起來。這樣就得到由點或結點沿直線組合而成的空間格子行列。

晶面交線或稱晶稜，通常與結點所充填的空間格子行列相連。

考察晶體中與第一個方向不平行的任何方向上點或結點的排列情況，我們可以看到與原點 A_0 最接近的點 B_1 在另一種距離 $A_0 - B_1$ 上，在一般情況下， $A_0 - B_1$ 不等於 $A_0 - A_1$ 。結點是以幾何上規則

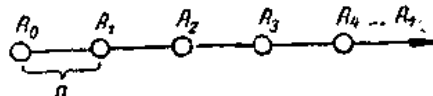


圖 2. 空間格子的行列

的排列情況，我們可以看到與原點 A_0 最接近的點 B_1 在另一種距離 $A_0 - B_1$ 上，在一般情況下， $A_0 - B_1$ 不等於 $A_0 - A_1$ 。結點是以幾何上規則

的空間格子面網形式（圖3）排列在平面上的。

這樣的網代表著晶體的真正晶面。在晶面上稠密地滿佈着基本質點，或者換句話說，晶面具有更大的“網狀密度”。

如果不在面網平面 $A_0 - A_1 - B_1$ 上選出第三方向，我們將看到最接近於 A_0 的點 C_1 ，其距離為 $A_0 - C_1$ ；在一般情形下， $A_0 - C_1$ 不等於 $A_0 - A_1$ 及 $A_0 - B_1$ （參看圖1）。

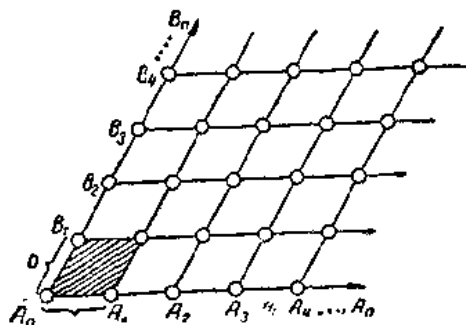


圖 3. 空間格子的面網

這種結構沿 $A_0 - C_1$ 直線繼續下去，就得到間距為 $A_0 - C_1$ ， $C_1 - C_2$ 等彼此相等的點或結點組成的第三組行列。

如果現在從我們的原始面網 $A_0 - A_1 - B_1$ 上的每一點引出一系列平行於行列 $A_0 - C_1$ 的一系列直綫，那就得到點或結點的規則的空間體系（參看圖1）。

因此，空間格子就是排列在平行六面體頂點上的點的體系。這些平行六面體是相等的、方向平行的、以整面相鄰接的，並且毫無間隙地充填於空間。

晶體內部構造的概念，與由晶體的原子、離子或分子所組成的某種規則的空間格子的概念一樣，奠定了現代結晶學的基礎。這個概念還在十九世紀中葉就已經發生了。詳盡無遺地提出空間格子理論的優先權屬於偉大的俄羅斯結晶學家費多羅夫，他用數學證明了(1880年)在真正的晶體中有 230 種不同類型的空間格子存在的可能性。當第一次利用X射綫分析晶體以後(1912年)，他所提出的理論就完全獲得了證實。

通常，晶體上所見到的晶面和密度最大的面網相符合；此外，內部的吸引力和晶體生長的條件在這裏亦有一定的影響。例如，食鹽在純淨的水溶液中結晶則有六面體形狀，如果溶液中加入有尿素則形成八面體——具有三角形晶面的正八面體(圖4)。

任何物質的晶體多半以某種類型的晶面的存在為其特徵，所以我們很可以根據礦物晶體(如石英、方鉛礦、石墨、雲母)的形狀來確定其本質。在比較少的情況下，同一物質的晶體外形多樣很多。特別

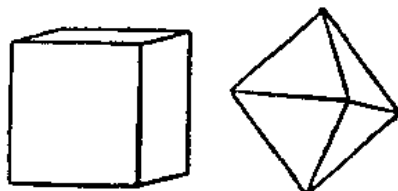


圖 4. NaCl 晶體的六面體和八面體

是方解石已知有二百種以上的晶面類型。但即使在方解石中，由於生成條件的不同，有些晶面得到優先的發展，這樣，方解石晶體的外形，就給了我們判斷礦床特徵(標型現象)的可能性。

根據空間格子的原則看來，晶體的構造決定了結晶物質一系列的特性；其中最主要者為均質性和異向性。

某些物質，對其內部任何一點在一定距離“a”(“a”在無機物中通常不大於 $50 \text{ \AA}^*$)上，都可以找出性質與其完全相似的點，這樣的物質稱為均質的。晶體的這種性質在研究任意選擇的晶體碎片時也可以

* $1 \text{ \AA} (\text{\AA}) = 10^{-10} \text{ 厘米}$

利用。有時，在晶體中可見到液體小滴、他種固體及氣泡的包裹物，但這並不與結晶物質均質性的概念相矛盾，因為所有這些東西只是偶然的機械混入物，沒有包含在晶體的構造中。

晶體的大多數物理性質具有異向性（在不同方向所呈的性質不同）。通常，標誌着晶體某種物理性質的數值隨方向而變。

當研究晶體的機械性——各個質點的黏結性、硬度、解理——的時候，所有的晶體都表現異向性；至於晶體的其他物理性質——光性、熱性、電性（以後將作較為詳細的闡述），在異向性上各有特點，但就一般而論，晶體的異向性在這裏也表現出來了。

異向性在所謂晶體的解理或晶體沿一定平面裂開的特性上表現得特別明顯。例如，用鏈子擊食鹽的晶體或方鉛礦的晶體就會裂成較小的六面體。雲母沿一個平面分裂成薄片特性已為衆所週知，垂直於分裂面的方向的黏結力最弱，因而發生了晶體這種破壞的特性。在測定人造紅寶石（製鐘錶用）晶體的彎曲強度時證明：這強度的平均值，沿晶體的長軸為 7,600 公斤/厘米²，在垂直該軸的方向却只有 3200 公斤/厘米²。

對於晶體格子在一般情況下為斜角平行六面體的單位晶胞的構造來說，必須具有六個常數：（1）基本方向間或軸間的三個交角，（2）在這些軸上結點間的三個間距。這些常數又稱為格子的標軸。這些常數可用特殊的測量晶體的方法來確定。

晶體的測量

晶體中結點間距離的測量或平面間距離的測量，亦可藉樂琴射綫分析的方法來進行。但是，如果不要決定單位晶胞的絕對值，而只需決定其相對值或形狀的話，則僅取一個標軸，例如沿 y 軸取出 a 使之等於單位長度， $\frac{a}{b}$ 和 $\frac{c}{b}$ 的比值就可以由晶體的面角計算出來。幾何結晶學最初就是用這種方法來發展的，以後達到如此輝煌的成就，以至有費多洛夫晶體構造理論的建立。應用樂琴射綫分析的方法，有可能來決定單位晶胞的絕對值，並作出晶體構造的模型。這些構造成功地