

科學圖書大庫

晶體與光

譯者 陳原生
蘇哲成

校閱 翁寶山

徐氏基金會出版



科學圖書大庫

晶體與光

譯者

陳原生
蘇哲成

校閱 翁寶山

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有

不許翻印

中華民國六十八年三月七日再版

晶 體 與 光

基本定價 1.60

譯者 陳 原 生 國立清華大學核工系工學士

蘇 哲 成 國立清華大學核工系工學士

校閱 翁 寶 山 國立清華大學教授

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號
7815250

發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話 9719739

原 序

本書爲沒有光學或晶體學知識的人所編。提供有關光與晶體的一些常識。前面六章介紹晶體的種類，第七章開始介紹些晶體的性質；其餘的各章再提到光與晶體作用，尤其在交偏極光下的情形。以爲晶體光學的一點入門。

討論本書的題目，彩色圖片是必要的，不僅可以節省許多描述的字句，更重要的是使讀者對色彩與強度的熟悉，以分辨交偏極片中晶片生的光學效應。對於 Ernst Leitz GMBH 及 Wetzlar 先生告知彩色圖版的價格，供應干涉圖案的彩色圖片以及石英、方解石晶體在交偏極光的鏡頭，願在此謹謝。假使沒這些幫忙，本書中幾乎不可能有這些彩色圖片。同時亦感謝貝爾電話公司實驗室的 S. O. Jorgensen 先生提供其餘的彩色圖片。還有出版家及印刷廠高明的彩色圖版製圖技術，更令人佩服和感激，否則所有的圖片不會像書中那麼清楚那麼漂亮。大多數的說明圖都是由 F. M. Thayer 先生所繪製，對他熟練的技術深表致謝。

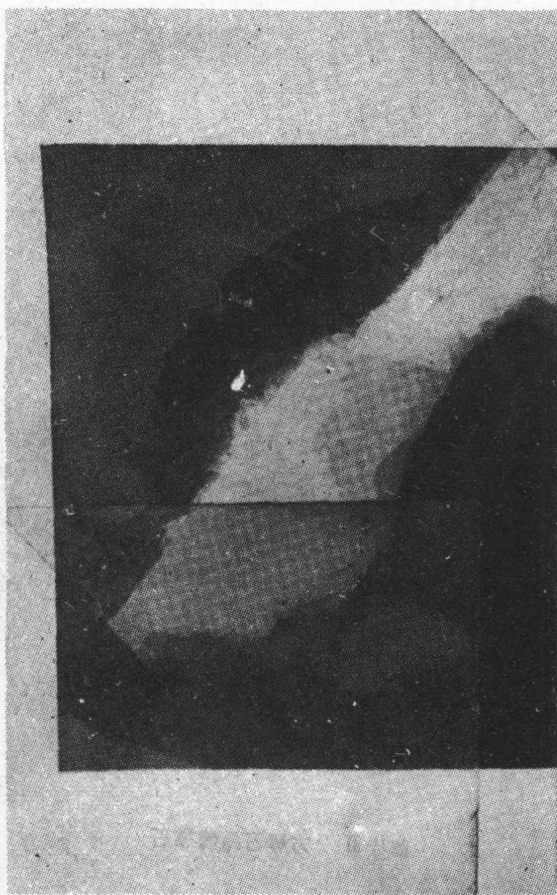
許多看過此書部份或全部的人都提供許多參考的意見。例如，芝加哥大學的 Melba Phillips 先生以及貝爾電話公司實驗室的 R. L. Barns 先生和 A. N. Holden 先生都將全書看過並提供許多改正及增添重要的部份。其他還有 E. U. Condon, I. Fankucher, V. B. Compton, W. L. Bond, I. D. Payne 及 P. Singer 等先生都提供了不少寶貴的建議。外子 I. E. Wood 不僅讀過這份原稿提供許多建議性的批評，而且對我這已結婚的作者多加協助。

謹以本書獻給 Ida H. Ogilvie 及 Dorothy Wyckoff 兩位老師，能在他們豐富的學識指導下，開啓了我在晶體學方面的知識的門徑，實在可說是我自己的幸運。

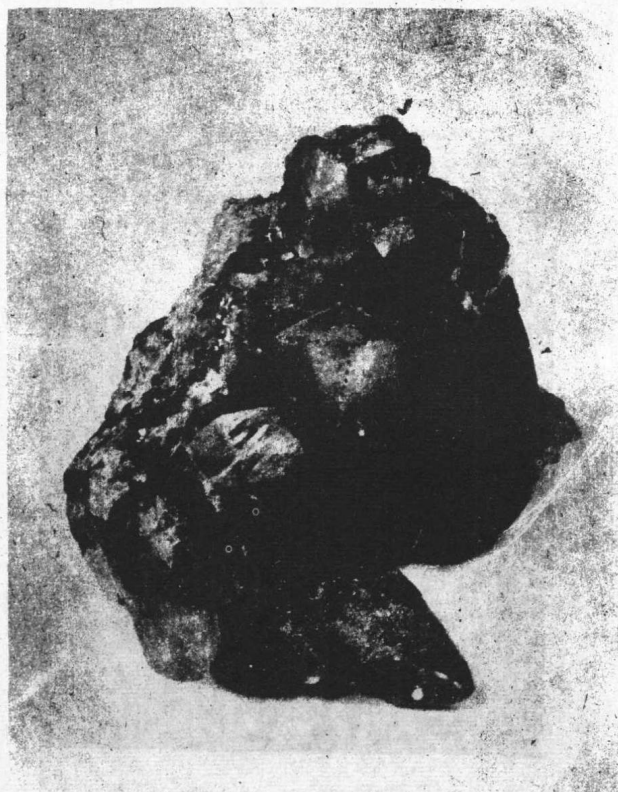
1962 年著名的晶體學家 J. D. H. Donnay 在巴爾的摩美國物理學會開會中對晶體面式重要性的演說一開頭便說“我們不應輕視那些一眼就可看清的東西”在 π 介子及 μ 介子的時代，這真是一句深刻的忠告。

書中所提的東西大多是一眼可看清楚的，希望它能對你有所增益。

Elizabeth A. Wood



圖片 I 交偏極光下不同厚度的雲母片。



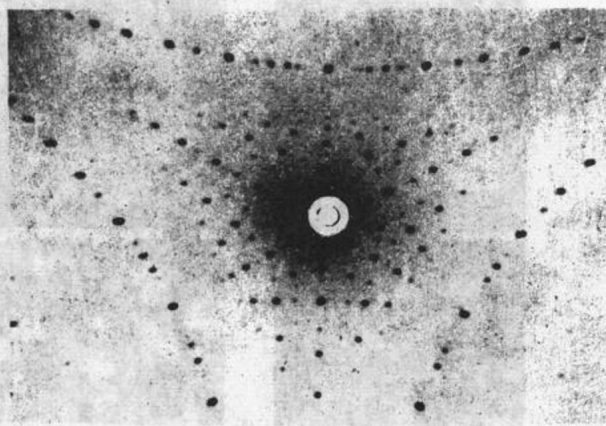
圖片 II 方解石晶體礦石。



(1)



(2)

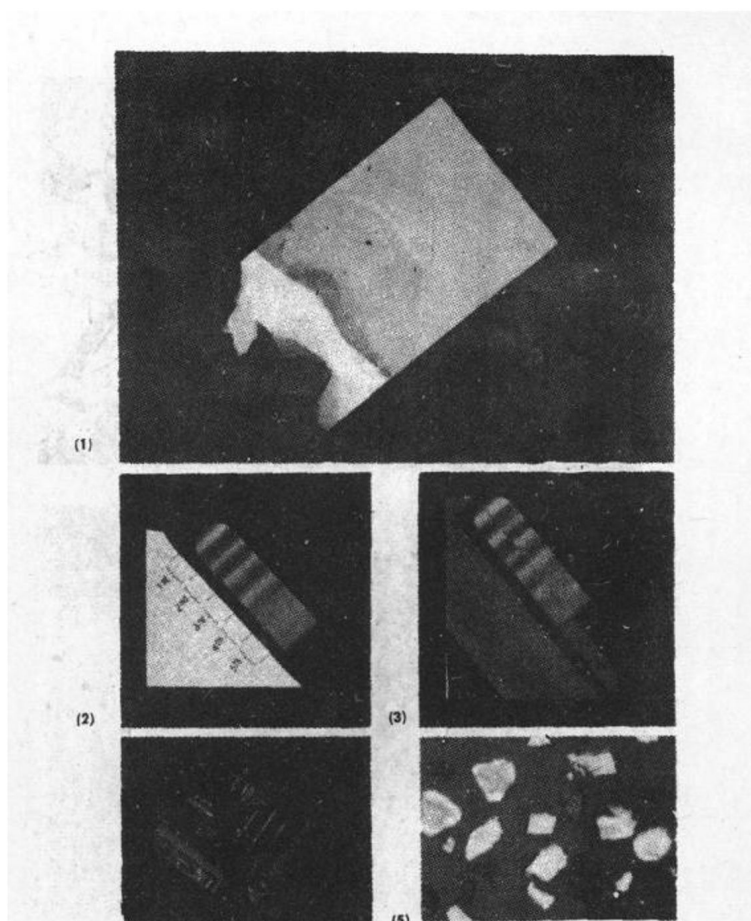


(3)

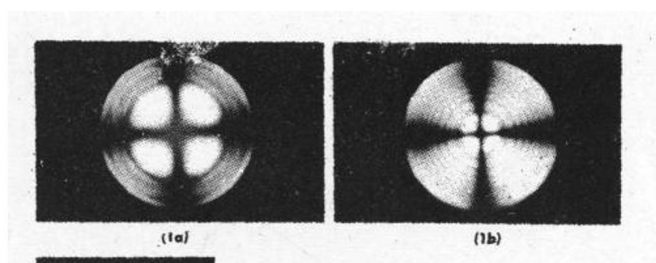
圖片 III (1)黃玉晶體。

(2)銅片經磨平及腐蝕放大後所呈(111)面雙晶的照片。

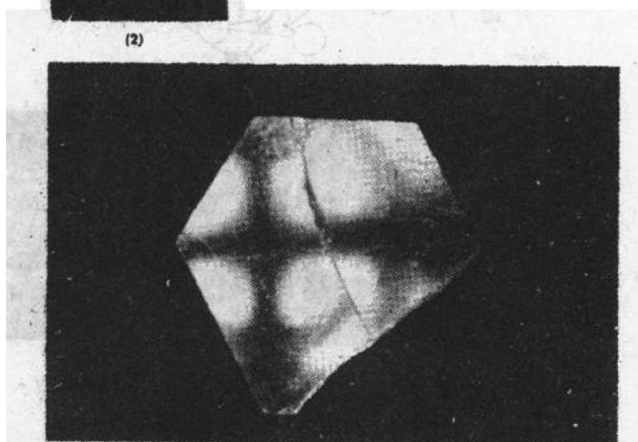
(3)勞厄照像術的底片。



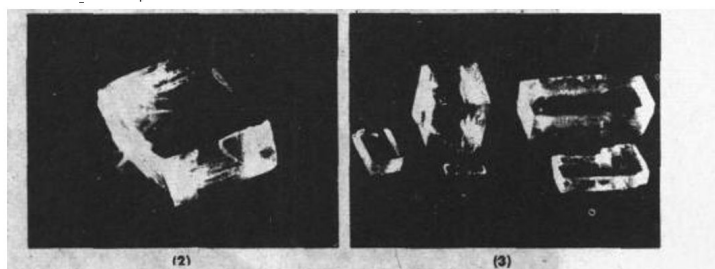
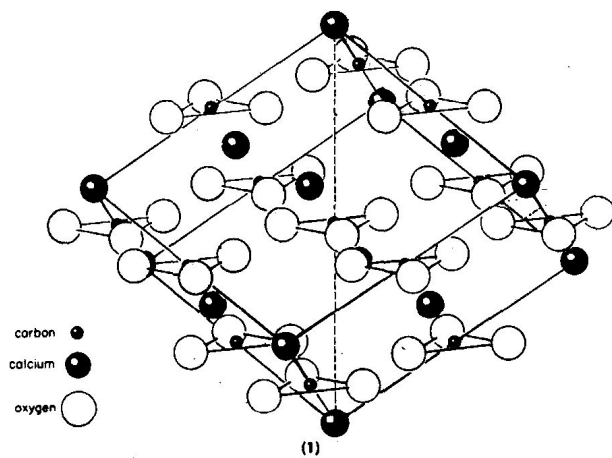
圖片 IV (1)雲母片在交偏極光下（照片邊的方向為起偏鏡及檢偏鏡偏極方向）
 (2)交偏極光下的楔形石英並註明干涉色的級數。
 (3)楔形石英片及蘇格蘭片在交偏極光下。其中蘇格蘭片長的方向為其慢光振動方向。
 (4)交偏極光下的鉬榴石。
 (5)交偏極光下的方解石及石英碎片。



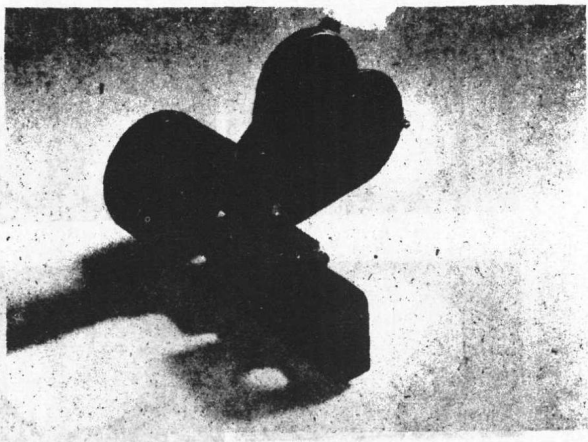
圖片V (1)由偏極顯微鏡下所看的單軸
晶體干涉圖案。(a)石英 (b)方解石
(2)加石膏板補助片石英單軸晶
體干涉圖案。



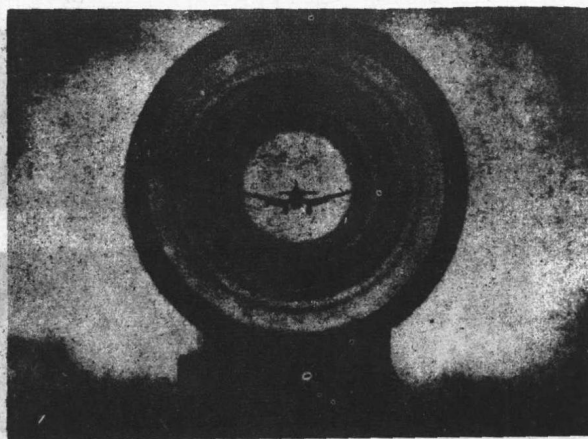
(3)不用顯微鏡，在交偏極光下單軸晶體——六水硫酸鋁——的
干涉圖案。與原物大小同。



圖片VI (1)放大 10^8 倍的方解石結構模型。
(2)方解石的裂片一與原物大小略同
(3)不同自然方解石裂片一與原物大小略同。

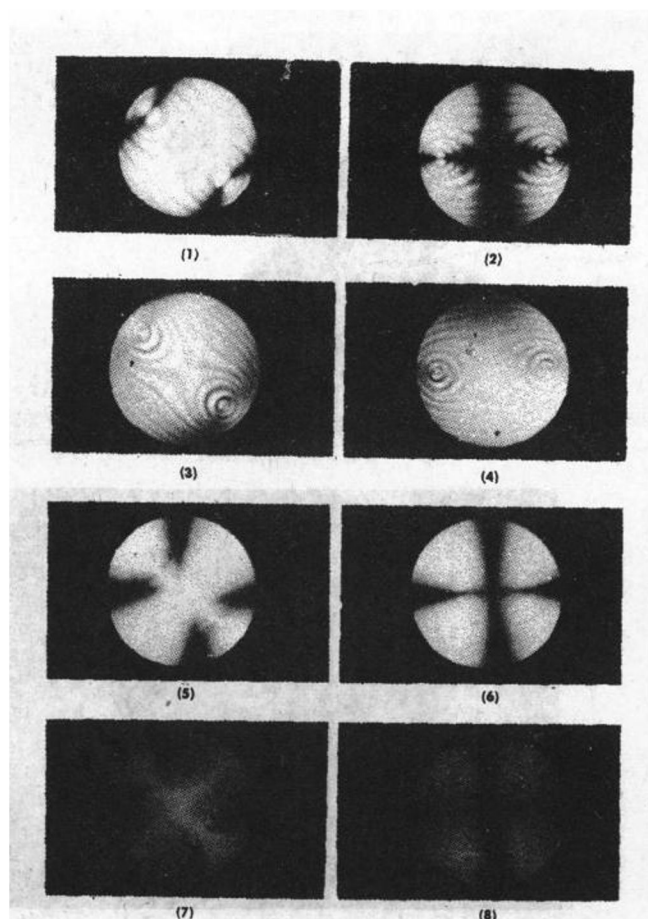


(1)



(2)

圖片VII (1)光圈環鏡 (2)從光圈環鏡下看目標。



圖片VIII 干涉圖案 (1)白雲母片 45° 位置。(2)白雲母片平行位置。(3)白雲母片加石膏板補助片 45° 位置。(4)白雲母片加石膏板補助片平行位置。(5)硝石 45° 位置。(6)硝石平行位置。(7)板鈦礦 45° 位置。(8)板鈦礦平行位置。

目 錄

原 序		III
第一章	對稱性.....	1
第二章	晶體對稱性.....	9
第三章	方向、平面及密勒指數.....	21
第四章	三度空間晶體於紙面.....	30
第五章	三十二點群：晶類.....	39
第六章	晶體形態.....	46
第七章	晶體對稱性與其物理性質對稱性的關係.....	51
第八章	光在立方晶體或單軸晶體的速度：交偏極光實驗.....	57
第九章	聚焦偏極光下的單軸晶體.....	66
第十章	偏極顯微鏡.....	71
第十一章	光正負型的決定.....	74
第十二章	折射率.....	80
第十三章	雙軸晶體.....	88
第十四章	色散.....	95
第十五章	旋光性.....	98
第十六章	光性質與對稱關係總論.....	101
第十七章	吸收光譜.....	105
附錄 I	消除光圈環鏡交錯暗區的方法.....	107
附錄 II	空間群.....	109
附錄 III	嚴密証明二維點陣只能有 1 - , 2 - , 3 - , 4 - 及 6 - 摺 對稱軸.....	111
參考資料		113
索 引		115

第一章 對稱性

晶體是些什麼？你會發現一個最簡單的定義：晶體是由很多原子依一定次序重覆排列的固體。有人會認為這定義並不完全。但是，在無傷大雅的原則下，大家還是同意這種說法。

在討論對稱性以前，我們先舉個衆所固知的例子——結晶形方解石（ CaCO_3 ，碳酸鈣）一種自然界很容易找得到的礦物。變質岩中的大理石與沉積岩的石灰都是由許多小而相連接的方解石晶體構成的。就是公路上的白色碎石子也大多數由方解石碎片組成的。在第二次世界大戰中，方解石晶體還充當了光學準星照的主要部份。

圖片 VI(1) 的模型圖，表示了方解石晶體放大了一億倍後，鈣、氧及碳原子排列的情形。每個黑色碳原子都被三個氧原子對稱地包圍着。在這圖形中如虛線所示，要是我們想像一根軸通過碳酸鈣原子群的中心。然後把整個原子群繞着這根軸旋轉。在旋轉一整周時，氧原子將有三次絲毫不差地佔立在原來氧原子的位置上。因此，我們稱這根軸為一根“3—摺對稱軸”（axis of 3-fold symmetry）或簡稱為一根“3—摺軸”（3-fold axis）。

假設我們把整個模型繞着這根軸旋轉，困難較大。我們可以將一張描圖紙覆在模型圖垂直過軸的正上方，大略地描下模型圖內的幾個原子。然後，以一只圖釘釘住所選的軸上；旋轉描圖紙，就可以看得較清楚些了。這樣也可以更清楚發現，對整個模型而言，這根軸是3—摺對稱的。而當我們把軸心移到任意的碳原子中心上時，都發現有同樣的現象。它們都是“晶體結構上等效”（crystallographically equivalent）。意思說每個碳原子，都確切地有相同的包圍物。以後，我們對這個模型圖還會有進一步的討論。

圖片 II 是一群方解石晶體的照片。這種晶體是由原子逐漸地堆積長成的。原子一層層地，被規則地排列着，每層原子被早先排好的原子吸引到適當的位子上排列。在這圖片的晶體群中，有一個邊上打了黑點的晶體（這些黑點是作者點上去的，並非天生就有的），其尖端是指向觀察者，而有一根垂直紙面的軸。順着這根軸往下看，看進書本中，就可以看出，從晶體的外

形而言，這是一根 3—摺對稱軸。其實，這種現象並不足為奇。因為凡是我們所能見到晶體的外形，都是由構成晶體的原子規則排列所成的；原子間的對稱性質，很自然地表露在晶體的外形。

當晶體在成長時，某一面物質的供給或許較別的面充裕，因此，在此面上會有較多的原子層。而這個晶體的對稱性層呈現出歪斜的現象。但是，再量一下每個面與面間的夾角，我們會發現這些夾角是不變的，不管面與面是否有大小的不同。在第四章的開頭，我們將舉些例子來仔細地討論這個問題。

這個面夾角的不變性是史料所記載第一個發現晶體的現象。公元 1669 年，丹麥解剖學教授 Nicolaus Steno 發表論文說，他在量過很多不同產地石英晶體的對應面夾角後，發現其對應面夾角都是相等的。但是，在一百年後才有人提出這規則性是歸因於內部原子的規則排列。在第二章裏我們會詳細地討論他。

對稱感是學晶體的一個有力工具，這是簡化構成固體的無數個不同原子排列法的鑰匙。藉着對稱感我們可以把晶體看成很多熟悉的模型。

討論晶體的對稱性，我們只用了幾個對稱的“演作子”(operator)。對稱演作子(譬如旋轉)是一個演作在物體或模型上，而能把整個物體或模型帶到與本身重合的演作子。例如，圖 1-1 為繞着過中心點且垂直紙面的軸旋轉 120° 演作的結果。它使在紙面上新的排列位置與未演作前所在位絲毫不差。因此這個演作子是個對稱演作子。又由於 $3 \times 120^\circ = 360^\circ$ ，在旋轉一整圈時，有三次這種對稱性出現，所以我們稱它為一根 3—摺對稱軸。

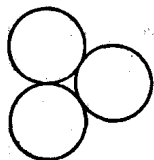


圖 1-1

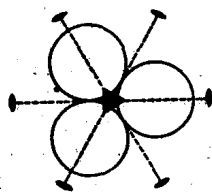


圖 1-2

這現象可推廣到 n 次對稱。要是一物體有一根 n —摺對稱軸，在每旋轉 $360/n$ 度後都會站在相同的空間位置上，(如同： $120^\circ = 360^\circ/3$)。圖 1-1 中我們劃一根過中心點且躺於紙面的軸，讓它正好在兩個圓的中間(公切於二圓)，且平分第三個圓，爲了要使整個圖繞着這根軸旋轉，我們必須使圖案由二度空間的紙面轉動成三度空間的立體圖。當我們旋轉了 180° 。

時，整個圖案將再度躺在紙面上，且站於未旋轉前相同的位子上。因此，繞這根新軸的轉法也是這物體的對稱演作子而我們稱這軸為 2 —— 摺軸。那麼到底在這圖案上共有多少對稱演作子呢？我們每平分一個圓可以得到一根軸，因此，這一類的軸共有三根。同時，我們也可以把這二根軸看做事由其中的一根繞着過中心點且垂直紙面的 3 —— 摺旋轉而成的。在圖 1-1 中以二尖頭的符號表示 2 —— 摺，三尖角的符號表示一根出於紙面而向着觀察者的 3 —— 摺軸。正如同 3 —— 摺軸附合於那三根 2 —— 摺的演作，我們也可以稱這三根 2 —— 摺軸附合於 3 —— 摺軸的演作。任一個演作的結果都與別個結果相同，因此，繞着任意一根 2 —— 摺軸旋轉 180° 與繞着任意一根 3 —— 摺軸旋轉 120° 都會絲毫不差地把物體帶回到原先未演作前的位子上。

既然，我們已討論到三度空間的現象，就拿幾個我們將熟悉的三度空間的物體來研究其對稱性。

首先，我們來考慮一張四個脚的方桌子，在室外餐廳裏的方桌子總擺着一個遮太陽用的大傘。而這根傘幹是通過桌面中心（假設正通過中心）且垂直於桌面的。我們試着把方桌繞着傘幹旋轉個 90° ，發現這根傘幹就等於是一根 4 —— 摺軸。但是，這方桌並不像圖 1-1 那樣，它沒有垂直於 4 —— 摺軸的對稱軸，因為桌面下有四個脚，而桌面上却沒有。不考慮桌面上的傘時，繞着水平軸，我們必須旋轉 360° 才會與原先的位子相符合。當然，我們可稱它為 1 —— 摺對稱軸，但是，實際上這類軸又表示了一根全不對稱的軸而已。

4 —— 摺軸並不是桌子唯一的對稱元素，在這上頭還有別種類的對稱元素存在。假設我們沿着一條過桌面中心且平行於一桌子邊的直線，把桌子鋸成兩半，然後把鋸成的一半緊靠在一面直立鏡子的鏡面上，就如圖 1-3 所示。我們可以重新看到整張桌子，在一半的影像正好與左一半所佔的位置相同，反之亦然。因此，通過兩對邊中點與桌面中心點的直立鏡面是桌子的對稱元素。試拿互相垂直的三根坐標軸 X, Y, Z 來表示，把 Y, Z 兩軸置於鏡平面上，則任何發生至 $+X_1, +Y_1, +Z_1$ 上的桌子特性會同時在 $-X_1, +Y_1, +Z_1$ 點上發生，只有這麼一面對稱鏡面將會違反了 4 —— 摺對稱軸的特性，用不着把桌子鋸開，我們就可以看到垂直於第一個鏡面的第個二對稱鏡面，參考圖 1-4。

通過兩個對角的對角線平面也是一個對稱平面。因此，方桌的完全對稱元素應該像圖 1-5 所示。圖中的細線表示四個鏡平面，而小黑色方框是 4 —— 摺軸頂端的四角符號。

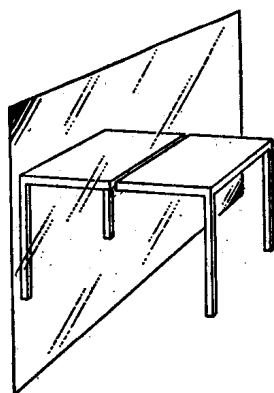


圖 1-3

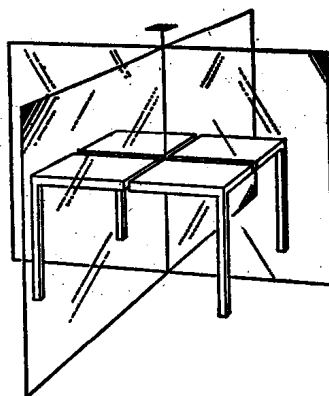


圖 1-4

方桌是否有 2 — 摺對稱軸呢？要是你把它繞着 4 — 摺軸轉 180° ，新的位置將會與原先的位置重合，因此，我們說它有 2 — 摺軸，而 2 — 摺軸是被包括在 4 — 摺軸中的，既然，2 — 摺軸常與 4 — 摺軸重合，當我們討論一組對稱軸時，只要論及高次摺的對稱軸即可。

假設桌子四個脚上都有一根金屬支柄。如圖 1-6，在考慮這些支柄時，雖然桌子仍有 4 — 摺對稱性，但是所有的鏡面對稱性都已失去矣。

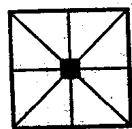


圖 1-5

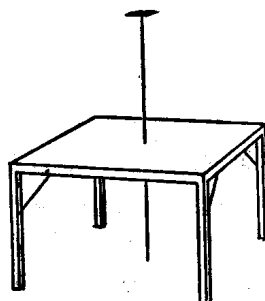


圖 1-6

除了對稱與對稱軸外，還有第三種對稱元素。我們可以拿一塊磚來解釋（如圖 1-7）。大多數的磚塊都有商標或不規則性，但是，讓我們想像拿到的是一塊理想的磚塊，每一面都是平滑而且沒有瑕疵的。這塊磚有些什麼對稱元素呢？毫無疑問地，它有對稱軸與對稱面，在還沒有讀下邊的解說前，你可以試着算算看，軸與面各有若干？同時畫畫看，它們在何位置上？手頭上沒有磚塊時，你可以拿一本沒有正方形書面的書本當作假磚塊來幫助你