

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

高中-地球科學科

科 別：地球科學

組 別：高中組

作品名稱：礦物繞射的花紋世界

關鍵詞：晶格、繞射、干涉條紋

編號：040508

學校名稱：

國立嘉義高級中學

作者姓名：

許詔淵、賴弘哲、王聖方、許牧豪

指導老師：

黃活源



礦 物 繞 射 的 花 紋 世 界

摘要：

- 一、點光源照射雙狹縫，光產生擴散現象，形成明暗相間的干涉條紋，此為狹縫的繞射原理。
- 二、礦物晶體是由多面晶格堆積而成，其間距極小，因為晶格間隔數 $\text{\AA}$ 與紅光($6328\text{\AA}$) 恰為光波長的倍數，可當成雙狹縫來進行光的繞射。
- 三、將礦物薄片置於自製的旋轉儀器上，以雷射光穿透過，使其在一公尺後的屏幕前產生花紋，將礦物晶體與礦物薄片作 360 度的立體旋轉，迄產生最多的繞射線與最佳的繞射圖形，並記錄下亮點和中央亮帶間的距離及繞射線的數目與夾角。
- 四、同種礦物的晶格堆積格式固定，且經繞射後能產生固定的繞射圖案，藉由圖案的線條數、夾角和亮點和中央亮帶距離的比較，可建立一套鑑定礦物的圖鑑。

壹、研究動機：

高一上學期的地科課程，某一次在介紹礦物的時候，老師拿來許多礦物的晶體與薄片，並且利用雷射筆來指示礦物之所在，正當老師將雷射光透過礦物的時候，在我們其中的一位同學便發現穿透過透明礦物體的雷射光於黑板上產生了異樣的花紋，引起我們對於雷射光穿透過不同種類的礦物，是否也會有不同的花紋出現，而進一步探討！

貳、研究目的：

- 一、先以自製光柵片(350 條與 500 條)兩片的實驗來了解繞射花紋的特性。
- 二、藉由不同的透明礦物體透以雷射光，所產生的花紋，來探討出其特性。
- 三、藉由不同的礦物薄片，所產生的花紋，來探討出其特性。
- 四、建構出一套完整的礦物標準圖鑑，便可作為日後我們鑑定礦物的依據。

參、研究設備與器材：

- 一、自製光柵片 350 條與 500 條各兩片。
- 二、氦氖雷射光一台(6328 Å)。
- 三、附刻度之投影幕一片。
- 四、汽球一只。
- 五、自製旋轉礦物薄片的載物台一台。
- 六、鐵捲尺一個。
- 七、透明礦物晶體(方解石、螢石、磷灰石、石英)各一塊。
- 八、礦物薄片(石英、輝石、斜長石、角閃石、方解石、螢石)各一片。

肆、研究過程與方法：

一、光柵片的製作：

(一)在電腦上利用繪圖軟體在 A3 (寬 29.7cm 長 42cm) 的紙上，描繪出三種粗細不同的黑線。

1. 線粗 0.05mm，線距 0.25mm，共 700 條線。
2. 線粗 0.4mm，線距 0.8mm，共 400 條線。
3. 線粗 1mm，線距 1mm，共 250 條線。

(二)使用雙面膠——將三種不同線粗與線距的紙，各自依照著線的平行與間距的寬度，拼貼成三大張(1 大張為 8 張 A3 的紙所拼貼而成)。

(三)將光柵紙固定在牆上。

(四)將備有三腳架與望遠鏡頭的照相機，裝入幻燈片的底片備用。

(五)將安裝好的相機置於距光柵紙前 50 公分與 100 公分處，調整適當的焦距，並得到清晰的像後，拍攝下不同型式的光柵片。

(六)將相機內的底片沖洗出來以後，即剪裁為一小片，載入幻燈片的匣中，就完成了不

同的光柵片。

附註：在拍攝過程中，鏡頭內的畫面並不能看得很清楚，故無法得知自製光柵片在實驗時的繞射效果如何。在我們將底片做成光柵片，並利用雷射光作繞射實驗後，發現只有第三組的光柵片所形成的繞射花紋較為清晰可見，故採用第三組光柵片 350 條與 500 條。

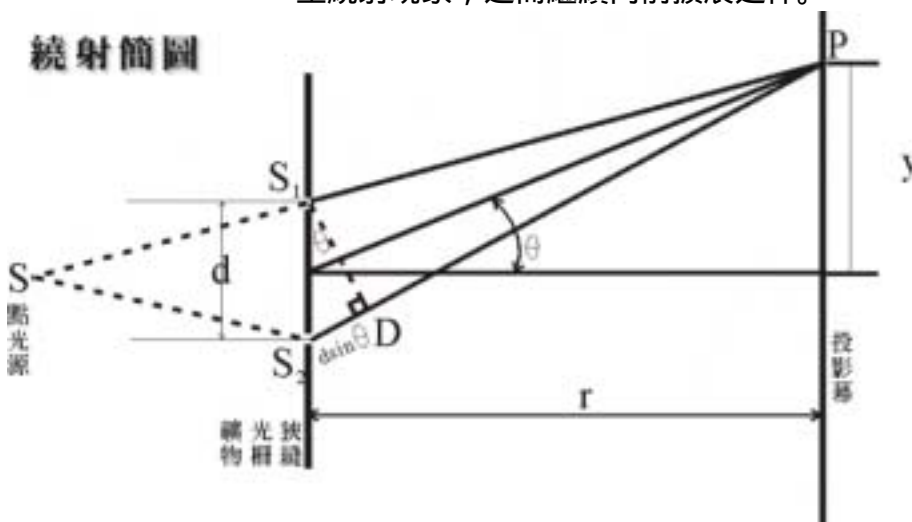
二、實驗步驟：

- (一)置一穩定光源氬氖雷射光於附有刻度之投影幕前 110 公分，並使用一只汽球，將汽球沿褶痕剪開後，取一面在中心處用針戳個孔，再拉開固定在一片中心處挖有一邊長 2cm 大小的正方形孔的珍珠板上，將針孔裝置固定於載物台上，置於氬氖雷射光前，使光源透過，形成點光源。
- (二)將一珍珠板裁成圓形後割一長方形孔，裝上光柵片，製成旋轉片，並置於內有半圓形凹槽的保利龍長方體，製成旋轉儀器，並固定於載物台上，距屏幕 100 公分。
- (三)將載物台置於點光源與投影幕間，調整好光柵片與投影幕間之相對位置(對焦)，並轉動旋轉片使清晰的干涉條紋的中央亮帶正對於投影幕上刻度之原點，使兩旁的亮線對稱於中央亮帶，並紀錄下投影幕上第一亮點與中央亮帶間之距離(y)及投影幕與光柵片間的垂直距離(r)。
- (四)改變旋轉片上的光柵片為 350 條與 500 條之自製光柵片，重覆步驟 1.並紀錄下 y 與 r 值
- (五)改變旋轉片上的光柵片為透明礦物晶體 - 水晶、磷灰石、方解石、螢石，重覆步驟 1.分別紀錄下 y 與 r 值。
- (六)改變旋轉片上的光柵片為礦物薄片 - 石英、輝石、斜長石、角閃石、方解石、螢石，重覆步驟 1.分別紀錄下 y 與 r 值。

三、研究方法：利用繞射原理，來看礦物的繞射花紋。

(一)第一步：先來探討何謂繞射？

(二)定 義：光可以直線前進，當透過不同的介面時，會有部份反射回來，有些則折射透光過去，但當受阻的物體間隔很小，小到近乎等於光的波長時，光會產生繞射現象，進而繼續向前擴展延伸。



1. $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4 \dots$ 時，是 $m\lambda$ 表示波長的整數倍，則 $y_m = m\lambda \times r/d$ 為亮紋線。

$m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4 \dots$ 到中央亮帶之間隔。

2. $m = (n-1/2)$ 時， $y_n = (n-1/2)\lambda \times r/d$ 為暗紋 $n = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4 \dots$ 到中央亮帶之間隔。

3. 繞射效果的討論：

(1) y = 亮紋與中央亮帶間隔，其值愈大表示光擴展愈遠，即繞射效果愈佳。

由 $y = m\lambda \times r/d$ ，對同一雷射光（紅光）而言， λ 是一個定值，欲使 y 值愈大，且繞射效果愈佳時，則：

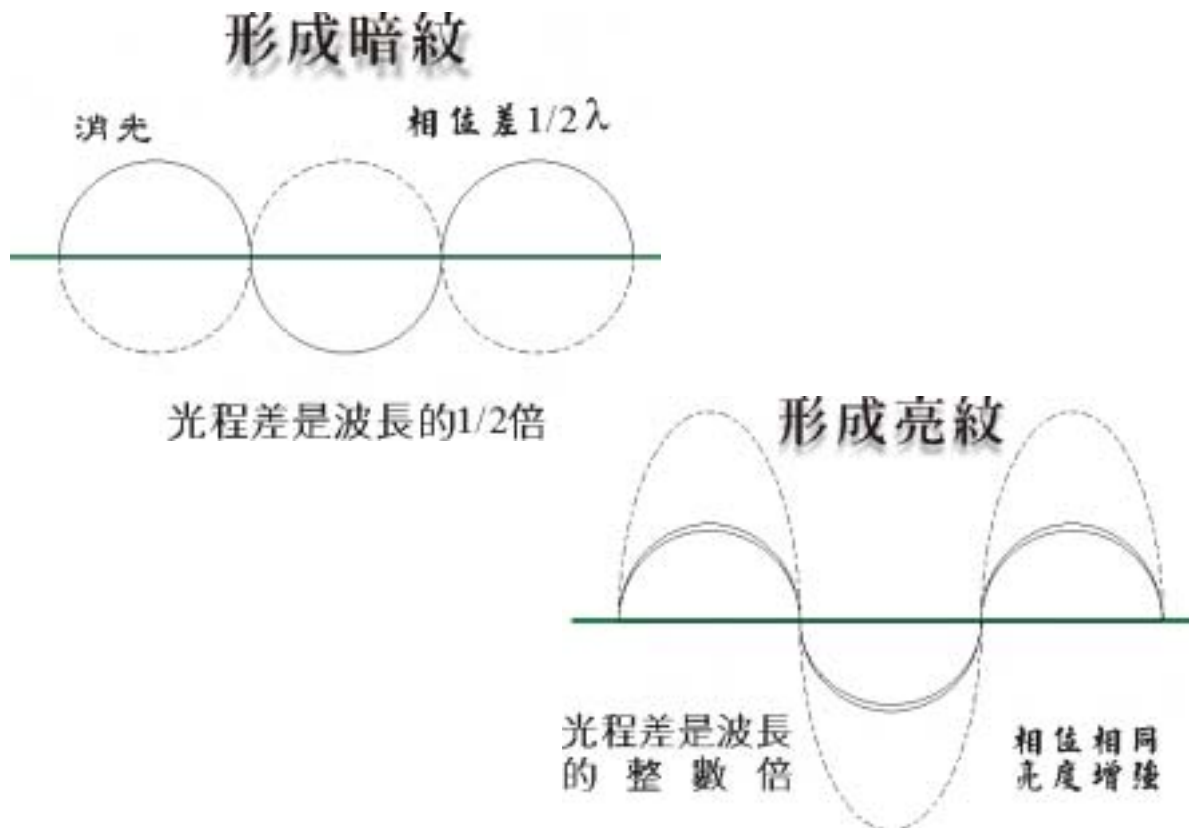
① r 為狹縫（光柵或礦物）離投影幕的間距，須 r 值愈大。

② d 值為狹縫間距（或礦物晶格間距），須狹縫（或晶格）愈小。

藉由繞射花紋的 y 、 r ，便可求得 d 值與礦物晶格間距的大小。

(2) 雙狹縫的繞射光會產生干涉：

經由 S_2 與 S_1 狹縫繞射的光，會產生消光與增強的干涉，當兩種光相位一樣時，干涉後光會增強，相位不同干涉後會消光，故亮紋與暗紋的相位差 $1/2\lambda$ 。



(3) 繞射夾角 θ ，光程差 $= d \sin \theta = m\lambda$ ，兩狹縫間隔 d ， $\sin \theta$ 繞射夾角與 λ 波長成正比。波長愈小，狹縫間距愈小，故使用 x-ray 比紅色雷射光的繞射效果為佳。但是一台 x-ray 粉晶繞射儀價格昂貴，中小學不可能有經費添置此設備，紅色雷射光暫且使用。

(4) X-ray 粉晶繞射儀的 X 射線能穿透過任何礦物晶體，而氦氖雷射光穿透過晶體時，卻會產生光學性質，如：反射、折射、繞射等，而限制了檢測的範圍，如：遇到不透光的礦物或不規則晶面時，則會影響到光直進的性質，便無法檢測了。

伍、研究結果：

一、下列是光柵片的繞射花紋與實驗數據：



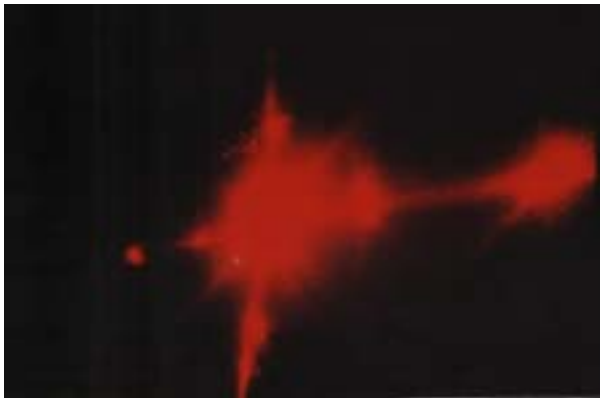
350 條光柵片



500 條光柵片

光柵片	y 值(cm)	r 值(cm)	兩條繞射線夾角(°)
350 條	0.65	100	0
500 條	0.92	100	0

二、下列是礦物晶體的繞射花紋與實驗數據：



方解石晶體



石英晶體



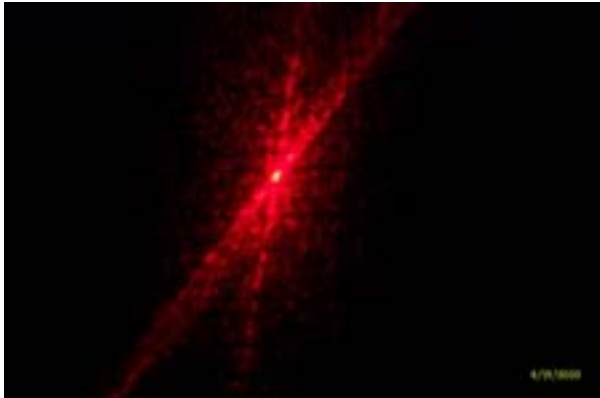
螢石晶體



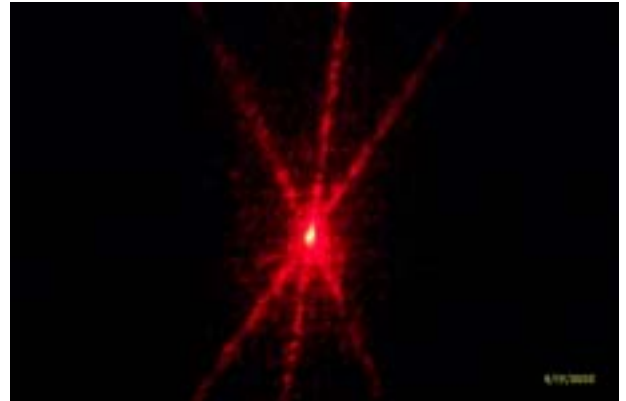
磷灰石晶體

礦物晶體	y 值(cm)	r 值(cm)	兩條繞射線夾角(°)
水 晶	0	0	0
磷灰石	1.65	3	0
方解石	11.3	100	75 或 105
螢 石	2	1.2	60

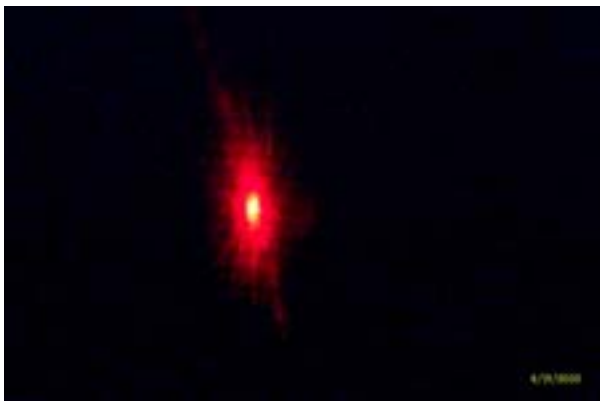
三、下列是礦物薄片的繞射花紋與實驗數據：



方解石 2 條



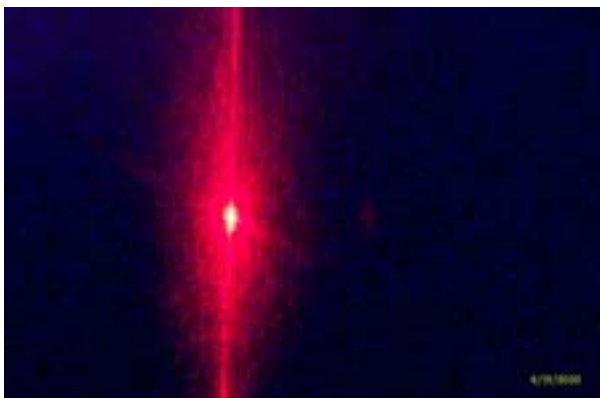
方解石 3 條



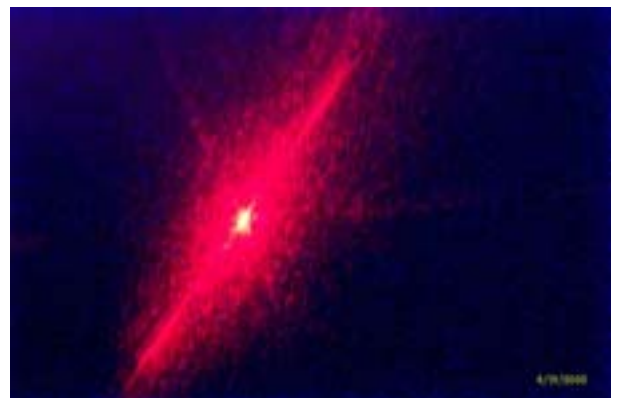
石英 1 條



石英 2 條



角閃石 1 條



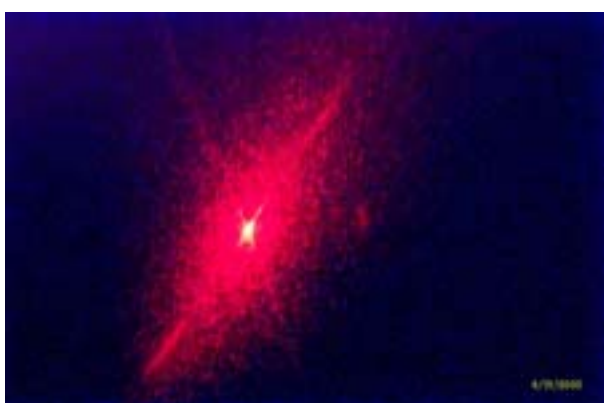
角閃石 2 條



斜長石 1 條



斜長石 2 條



輝石 2 條



螢石

礦物薄片	y 值(cm)	r 值(cm)	兩條繞射線夾角(°)
方解石	3.3	100	30、45、105
石 英	2.5	100	40
角閃石	2.3	100	50
斜長石	4.6	100	90
輝 石	3.7	100	90
螢 石	0	100	0

陸、研究討論：

- 一、每種礦物晶體的晶型和大小都不同，我們擁有的方解石是以菱形面為主的組合型，磷灰石是六方柱面形且以小面的方式組合成，螢石是八個三角面的立方晶型，體積都很小，在雷射光入射下，容易照射到多個面但不易掌握入射角度，造成光的反射，影響實驗結果。而礦物薄片可以放置任何方向，使雷射光入射，不影響實驗結果。
- 二、礦物在結晶成晶體時，若結晶成半透明、不透明或晶體內有氣泡、雜質，則會使入射的雷射光被阻擋或產生干擾，而薄片在製作時，可依照角度避開氣泡或雜質，大

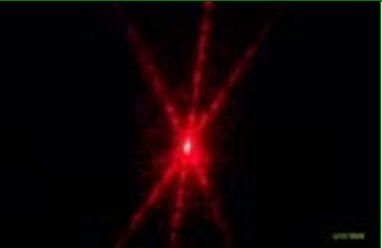
部分礦物也可製成厚度 0.03mm 的礦物薄片來進行光照。

- 三、並非所有的礦物薄片皆按礦物晶軸方向來切割而成，故垂直入射到薄片的時候，無法得到一標準圖，前面各種礦物薄片和晶體的照片，得知並非每一種薄片在第一次照光下都會有完整的繞射光紋，而是經過立體旋轉到某一角度後，才顯現出完整的光紋。
- 四、經過查大學用書(梁繼文編著，礦物學(上)(下)國立編譯館主編，五南出版公司印行，民國七十三年八月初版)後，得知礦物之晶格乃依一定格式堆積，才造成一定之繞射圖案。
- 五、因同一種礦物之晶格堆積格式一定，經由繞射後會形成固定之繞射圖案，藉由這些繞射圖案之比較，即可建立一套鑑定礦物之圖鑑。

柒、結論：

- 一、不同礦物薄片有不同的標準繞射花紋，藉由這些特性可以作為判別礦物的依據之一。
- 二、雖然我們在實驗室內的礦物薄片無法確定雷射光入射薄片的角度，但經由旋轉後依然能得到標準的繞射花紋，因此便能從繞射圖的亮紋，測出礦物的晶格大小，進而利用礦物繞射圖形、繞射線數目與繞射線夾角來鑑定礦物。
- 三、礙於經費與實驗設備的不足，所以我們無法取得製作礦物薄片的儀器，來建構出更多種類的礦物圖鑑，如果未來時間與設備允許的話，我們將製作出更多礦物圖鑑，並修改圖鑑達到完美，以作為日後鑑別各類礦物的依據。

礦 物 圖 鑑

		
斜長石 2 條繞射花紋 繞射夾角 90°	方解石 3 條繞射花紋 繞射線 45 105°	石 英 2 條繞射花紋 繞射 0°
		
角閃石 2 條繞射花紋 繞射線夾角 50°、130°	螢 石 無繞射現象	輝 石 2 條繞射花紋

捌、參考書目：

- 一、王執明教授主編，基礎地球科學，89 年 8 月改版，台北縣五股出版社，龍騰文化事業公司出版，88 年 8 月初版。
- 二、台灣師範大學科教中心主編，高中物理高三上學期物理光學第 15 章，國立編譯館出版，75 年 8 月初版。
- 三、石詔明譯本物理學(下)，第二版，台北市徐氏基金會出版，P482~P496，1983 年 1 月譯書出版。
- 四、梁繼文編著，礦物學(上)(下)，國立編譯館出版，民國七十三年八月初版。