

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學科

佳作

030806

旋轉乾坤

學校名稱：臺南市私立德光高級中學(附設國中)

作者： 國三 歐陽琦 國三 吳啟豪 國三 張馨文	指導老師： 黃條誠 陳碧娥
---	-----------------------------

關鍵詞：果莢、螺旋週期表、螺旋梯

摘要

羊蹄甲的果莢有漂亮的螺旋引起我們的興趣。

我們除了收集各式各樣螺旋果莢進行分析，也將果莢浸水切片成各種不同紋路的方向，再利用烘箱進行實驗，我們得到的螺旋主因是：果莢中的纖維紋路方向是斜直線，果莢乾燥時紋路相互靠近產生密合的力，及纖維變短產生收縮的力，此兩組力量同時作用造成螺旋，並利用彈性膠帶模擬纖維的力反覆實驗來印證。

我們也利用鋁箔紙（兩面材質不同）模擬果莢外型進行實驗，探討果莢彎曲度、腰身等對螺旋的影響。

最後，我們設計出與常見單螺旋樓梯不同的『DNA 雙螺旋樓梯』，它類似兩條單行道，上下行走不會相遇錯身。我們還設計出『螺旋週期表』，比起平面週期表，更強調每一原子接連不斷的循環特性。

壹、研究動機

走在校園裡，我們無意間發現眼前的那棵樹上掛著許多豆莢，仔細一瞧，豆莢是成螺旋狀的，相似但又有變化，甚至有些可以轉的像螺絲般(如下圖)，和自然與生活科技第五冊 3-4 簡單機械的螺旋和斜面相關。在好奇心的驅使下，我們決定去研究這有趣的植物果莢，我們也試著找出螺旋的生活應用。



貳、研究目的

- 一、觀察並探討羊蹄甲果莢外型彎曲度及內外材質差異對螺旋的影響
- 二、深入探討果莢內部纖維排列對螺旋的影響
- 三、製作果莢模型來印證纖維長度和緊密度對螺旋的影響
- 四、以摺紙來探討螺旋的基本特性及變化
- 五、應用螺旋特性，發揮創意製作 DNA 雙螺旋樓梯及螺旋週期表

參、研究設備及器材

- 一、設備：烘箱、電熱板、顯微鏡。
- 二、器材：果莢、紙帶、緞帶、鋁箔紙、剪刀、美工刀、酒精燈、三腳架、陶瓷纖維網、燒杯、加熱板、冰棒棍、絕緣膠帶、透明膠帶、元素週期表。

肆、研究過程或方法

- 一、我們發現除了羊蹄甲，其他植物及生活中也有各式各樣的螺旋，我們首先做初步的觀察

(一)大自然生物的觀察:

- 1.每個羊蹄甲果莢捲曲程度和形狀都不相同，但大致都是螺旋狀的旋轉



- 2.鳳凰木的豆莢一樣是豆科類，但卻不會旋轉變成螺旋
- 3.生活中還有許多關於螺旋的東西(如四季豆、鸚鵡螺、孔雀豆)

(二)以剪刀用不同的施力大小及不同的施力方向快速摩擦緞帶(塑膠材質)，觀察緞帶是否呈螺旋狀。

- 1.將緞帶剪成數小段。
- 2.用不同的施力大小和不同的施力方向快速摩擦緞帶。
- 3.重覆此步驟數次。

(三)將緞帶改成紙帶重複實驗(二)。

(四)生活中其他螺旋的觀察及製作。

- 二、由實驗一觀察結果顯示，生活中的螺旋眾多，特別羊蹄甲果莢的螺旋美麗又有變化，因

此我們深入探討其果莢螺旋的成因

(一)觀察烘箱的溫度高低及烘烤時間長短對於羊蹄甲果莢捲曲的影響:

- 1.先將捲曲乾燥的果莢泡水，使它變回不捲曲(閉合)的樣子。
- 2.拿去烘箱裡烘烤，烘箱溫度設定在 60°C。
- 3.每隔十分鐘查看一次，此步驟重複三次，觀察時間長短的果莢變化。
- 4.將溫度調至 80°C，重複步驟 3，觀察 60°C 和 80°C 的差別。

(二)落下的果莢都已晒乾水份較少，而剛結果的果莢裡有較多水份，觀察果莢的水份對於捲曲度的影響:

- 1.取兩個果莢，一個浸過水，一個沒浸過水(閉合的果莢)，同時把兩果莢拿去烘烤
- 2.將溫度設定在 110°C 左右。
- 3.每隔五分鐘查看一次。
- 4.此步驟重複三次，觀察其變化。

(三)觀察果莢捲曲前後，果莢的邊長是否有收縮

- 1.先將果莢拿去泡水。
- 2.量無捲曲的果莢長邊和短邊的長度。
- 3.放進烘箱烘烤 15 分鐘。
- 4.量捲曲後果莢長邊和短邊的長度，記錄收縮的大小。

(四)觀察果莢外皮對於捲曲度的影響:

- 1.果莢泡水後，將表皮去除。
- 2.放進烘箱裡，每隔五分鐘查看一次。
- 3.此步驟重複三次，觀察表皮去除後是否捲曲。

下圖為去除表皮後的羊蹄甲:

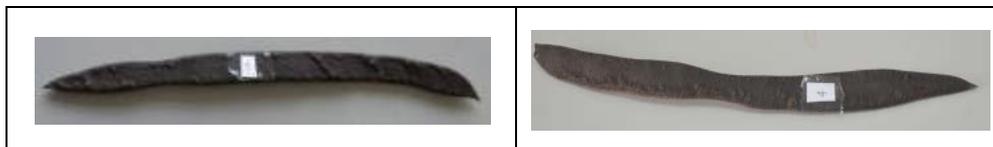


(五)觀察表皮的有無是否影響邊長收縮的程度:

- 1.將果莢拿去泡水，等到果莢變不捲曲的樣子後，將表皮去除。
- 2.每隔 10 分鐘查看一次。
- 3.此步驟重複三次，觀察邊長有無收縮。

(六)觀察乾燥羊蹄甲腰身對於捲曲度的影響:

- 1.取兩個長度差異不大但一個有腰身、一個無腰身的乾燥果莢(未捲曲)。
- 2.將此兩果莢拿去烘箱裡烘烤。每隔 15 分鐘查看一次，此步驟重複三次。



(七)觀察乾燥果莢，彎曲弧度對於捲曲度的影響:

- 1.取兩個長度差異不大但弧度不同的乾燥果莢(未捲曲)，拿去烘箱裡烘烤。
- 2.溫度設定至 110°C 左右。
- 3.每隔 15 分鐘查看一次，此步驟重複三次。



(弧度不同的兩相異果莢)

三、由實驗二結果發現，果莢的內面和表面材質不同。因此，我們利用薄和厚鋁箔紙(一面紙、一面鋁箔)，模擬果莢的內外面材質不同來實驗

(一)將薄鋁箔紙(一面紙、一面金屬)剪成不同的形狀，用手摩擦，利用金屬遇熱會膨脹的特性，觀察紙張捲曲的變化:

- 1.將紙張剪成各種不同的形狀。
- 2.用手摩擦紙張生熱。
- 3.觀察紙張的變化。

(二)將薄鋁箔紙(一面是紙、一面是金屬)剪成三角形，用酒精燈烘烤，利用金屬遇熱會膨脹的性質，觀察紙張捲曲的變化:

- 1.將紙張剪成各種不同的三角形。
- 2.用坩鍋鉗夾紙片放在酒精燈上的陶瓷纖維網烘烤，立著擋風板，避免風影響到實驗。
- 3.觀察紙張的變化。



(紙張烘烤的過程)

(三)設計簡易透明烘箱 (實驗室的烘箱不透明)，以求更容易觀察紙張變化。

- 1.拿一個燒杯，將三角形紙片倒掛黏在燒杯的杯底。
- 2.將燒杯倒立放置在電熱板上，使熱氣能較均勻充滿燒杯，也易觀察。
- 3.等到燒杯內充滿著熱氣，觀察紙片的變化。
- 4.將加熱板換成酒精燈，放在三角架上的陶瓷纖維網烘烤，重複以上的步驟。



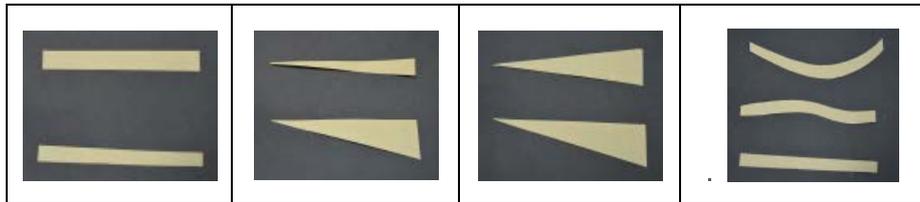
(用加熱板烘烤)



(用酒精燈烘烤)

(四)改用厚鋁箔紙(一面是紙、一面是金屬)剪成不同的形狀，放入烘箱烘烤:

- 1.將厚鋁箔紙板剪成各式不同的形狀。
- 2.放入烘箱烘烤。
- 3.每個五分鐘觀察變化，重覆此步驟三次。



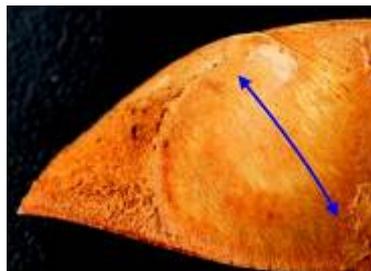
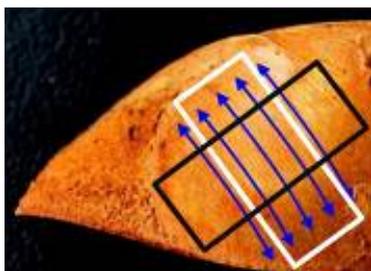
四、將果莢浸水裁切成長方形，探討其紋路對螺旋的影響:

(一) 觀察纖維的排列：

- 1.先把果莢浸水，再去除表皮，觀察內部纖維紋路
- 2.以剪刀裁切果莢，觀察其橫切面

(二)探討平行與垂直紋路的差異：(纖維紋路方向以藍色雙箭頭標示)

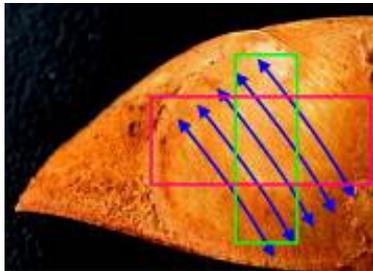
- 1.先把果莢浸水讓裡面的纖維吸飽水份軟化。
- 2.以剪刀裁切一塊平行於紋路(如下圖白色長方形)的長方形。
- 3.再以同樣的方式剪出垂直於紋路(如下圖黑色長方形)的長方形。
- 4.將兩種不同的長方形果莢放入烘箱烘烤，並比較其結果。



(斜纖維紋路)

(三)探討平行與垂直果莢的差異：

- 1.先把果莢浸水讓裡面的纖維吸飽水份軟化。
- 2.以剪刀裁切一塊平行於果莢(如下圖紅色長方形)的長方形。
- 3.再以同樣的方式剪出垂直於果莢(如下圖綠色長方形)的長方形。
- 4.將兩種不同的長方形果莢放入烘箱烘烤，並比較其結果。



五、由實驗四發現纖維的排列角度似乎是造成螺旋的主要原因，因此我們利用絕緣膠帶的彈力來模擬果莢纖維的排列，印證其原理。

- (一)1.拿一張長方形的厚鋁箔紙。
- 2.將絕緣膠帶平行紙張輕輕貼上。(如下圖)
 - 3.再用較大的力氣拉緊膠帶，黏住後放手。利用膠帶內縮的彈力，使其捲曲。
 4. 觀察拉緊膠帶放手後紙張的變化及捲曲方向。



- (二)1.重複實驗(一)，但是將絕緣膠帶貼的方向改斜對角。(如下圖)。
- 2.重複實驗(一)步驟3、4。

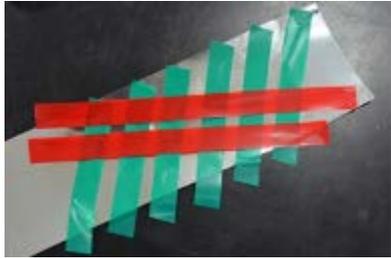


- (三)1.重複實驗(一)，但是將絕緣膠帶貼的方向改爲沿著較長的邊斜貼數條的膠帶。(如下圖)。
- 2.重複實驗(一)步驟3、4。



- (四)1.重複實驗(一)，但是將絕緣膠帶貼兩組方向，產生不同方向的兩組力。

- 2.沿著較長的邊貼六條斜的膠帶。
- 3.再以垂直方向貼兩條不同顏色的膠帶。(如下圖)
- 4.再用較大的力氣拉緊膠帶，黏住後放手。利用膠帶內縮的彈力，使其捲曲。
- 5.觀察拉緊膠帶放手後紙張的變化及捲曲方向。



六、爲了更了解螺旋的原理，我們利用摺紙來體驗螺旋的特性

(一)1.拿一張長條型的紙，量 1 公分。

- 2.再向右折 90 度。
- 3.重複向右折的動作，直到紙不足 1 公分。
- 4.改折 60 度和 120 度，重複步驟 1~3。
- 5.觀察比較三張紙張的差異。

(二)1.重複實驗(一)步驟 1、2、3，做爲對照組。

- 2.取另一張紙，重複實驗(一)步驟 1、2，但步驟 3 改向左折，再下一次向右折。重複左折、右折的動作直到紙折完。
- 3.再觀察兩種折法的差異。

(三)1.拿一張長條型的紙，重複實驗(一)步驟 1、2、3，做爲對照組。

- 2.拿另一張三角形的紙，改變形狀，重複實驗(一)步驟 2、3。
- 3.觀察兩張紙的差異。

(四)進一步的螺旋摺紙：

- 1.由一個長方形先折成數個三角形造成角度的不同，再利用角度的不同，讓兩端之中有螺距的分布，把中心當圓心，三角形的斜邊爲直徑，圍繞成一個平面的圓形。
- 2.將圖展開成立體螺旋的形狀。
- 3.重複步驟 1、2 的製作方式，以相同長度、但不同寬度的紙張來製作。
- 4.由折紙看出軸心在中間的雙螺旋的特性，觀察雙螺旋的雙向道。

七、發揮創意與想像的應用：

(一)我們試著將螺旋應用於週期表上，設計出『螺旋週期表』

- 1.將週期表(如圖一)按照原子序貼成一條長條(如圖二)。
- 2.繞螺旋狀按照氦氖氬氫氫氫排好，從不同角度看上去(圖三、四、五)。
- 3.將過渡金屬元素獨自繞成一個圈用膠帶固定。
- 4.再將鏽系金屬和鈹系金屬獨自繞成一個圈用膠帶固定(如圖六)。





側面圖



俯視圖

▲圖六

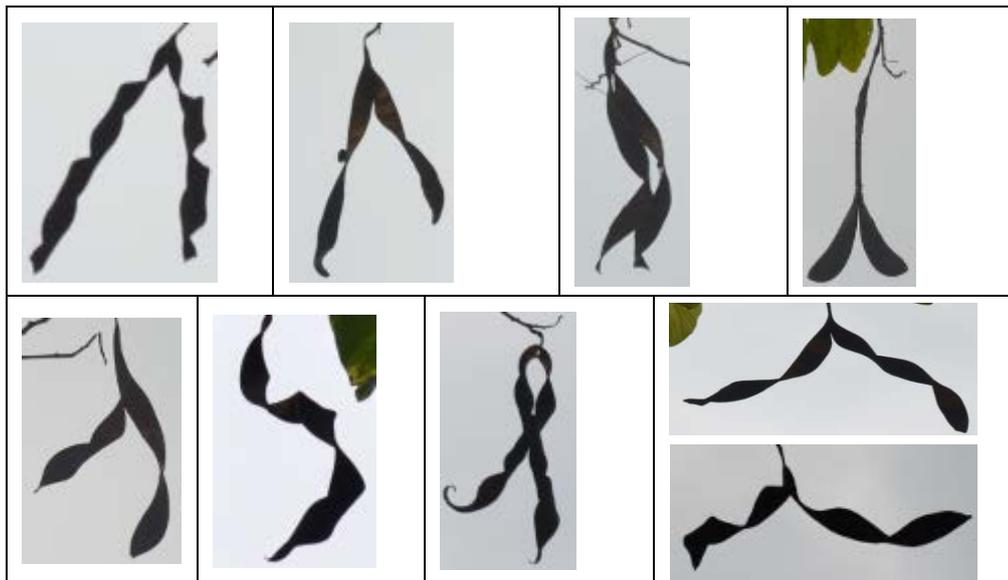
(二)我們在螺旋折紙及收集參考資料的過程中發現了螺旋和樓梯的關聯，引發我們的好奇心。於是我們也將螺旋應用在樓梯上，而我們觀察周遭生活中的螺旋梯，只發現單螺旋樓梯，因此我們試著設計出『DNA雙螺旋樓梯』。

伍、研究結果

一、我們發現除了羊蹄甲，其他植物及生活中也有各式各樣的螺旋，以下是觀察結果:

(一)大自然生物觀察的結果:

1.在校園中觀察到已捲曲的羊蹄甲有各式各樣不同的形狀，但皆有螺旋的特性，如下圖：



2.鳳凰木的豆莢一樣是豆科類，卻不會旋轉變成螺旋(如下圖):



3. 生活中還有許多有關於螺旋的事物(孔雀豆、孔雀豆、鸚鵡螺、四季豆):



(二)剪刀快速摩擦緞帶和紙張後，皆呈現螺旋狀:

1.若將力道均勻的摩擦緞帶，緞帶會呈現平面的螺旋。力道較小者，圈數較少；力道較大者，圈數較多。

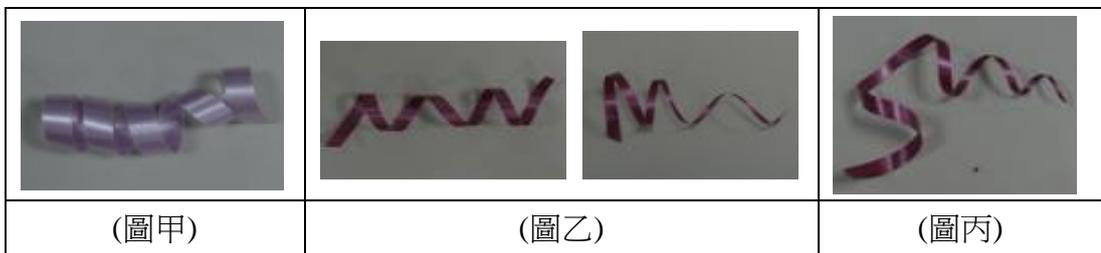


(力道較小)



(力道較大)

2.摩擦的過程中，還發現不同的變化，摩擦力道越大的，緞帶螺旋的螺距越小(圖甲)；若兩條緞帶中，其一緞帶靠近尾端越細者，摩擦後較細的部分螺距越大(圖乙)；有時緞帶因摩擦的方向轉換，旋轉的方向也會改變(圖丙)。



(三)以下為紙張捲曲變化的實驗結果:

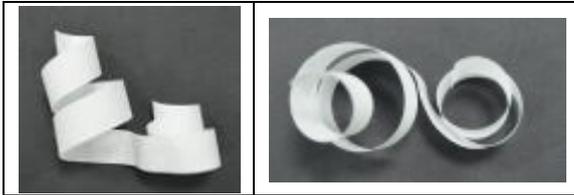
1.紙張被手摩擦後，會呈螺旋狀，如下圖:



2.紙張被手摩擦後，約每五公分換一次方向，會呈現下圖形狀:

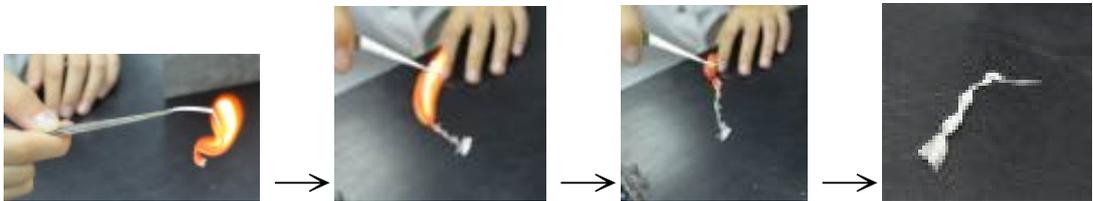


3.紙張被手摩擦後，摩擦至紙張中間時，換方向摩擦，呈現下圖形狀:

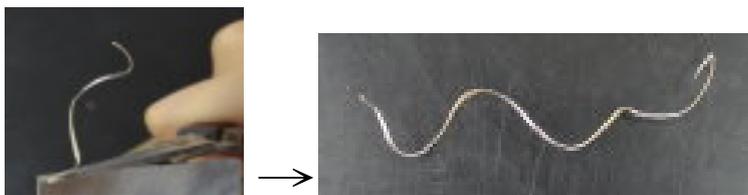


(四)生活中到處充滿螺旋:

1.燃燒紙張時，被火燃燒過的部分，也會成螺旋狀。



2.用剪刀剪紙張邊緣時，邊緣會成細螺旋狀，而且剪的角度會決定捲曲的角度。



3.用美工刀沿著紙張邊緣裁切，邊緣也會成螺旋狀，而且裁切的角度會決定捲曲的角度。



二、以下是我們探討羊蹄甲果莢的結果:

(一)烘箱時間的長短和溫度的高低對於羊蹄甲捲曲的實驗結果:

- 1.將烘箱設定為 60°C，時間越久，果莢會越捲曲。
- 2.將烘箱改成 80°C，在一樣的時間下，80°C 捲曲的較明顯。

(二)果莢的水份對於捲曲度的實驗結果:

- 1.浸過水的果莢每隔五分鐘觀察一次，時間越久，果莢會慢慢的開始捲曲。
- 2.未浸過水的閉合果莢，十五分鐘後並無變化，從烤箱拿出之後，因受到冷空氣的關係，過幾秒鐘後自動爆開。

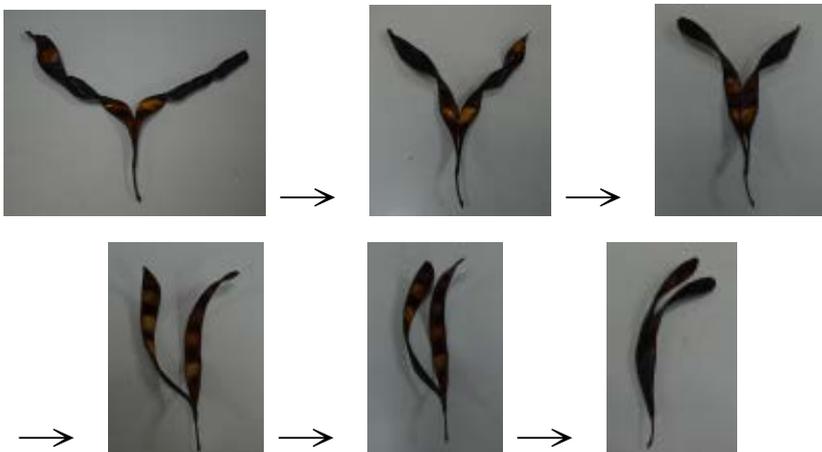
(三)捲曲前(泡水閉合)和捲曲後，乾燥果莢是否有收縮的實驗結果:

- 1.泡水閉合無捲曲的果莢，短邊為 13.65 公分，長邊為 14.65 公分。
- 2.拿去烤箱烘烤後，短邊為 12.65 公分(收縮 1 公分)，長邊為 13.35 公分(收縮 1.3 公分)。



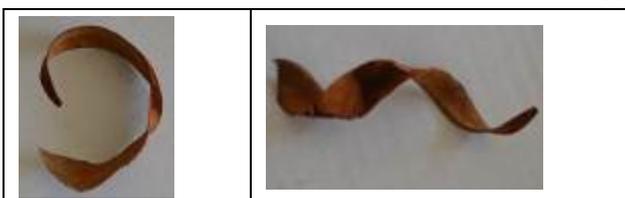
※乾燥時，由短邊底部先裂開，由內往外，往長邊捲曲

3.以下是果莢泡水閉合的過程。經烘乾又會打開，有可逆性。



(四)果莢外皮對於捲曲度的實驗結果:

1.泡水去皮後的羊蹄甲拿去烘箱烘烤後，還是會捲曲。



(五)表皮的有無是否影響邊長收縮程度的實驗結果:

- 1.由實驗(四)得知，表皮的有無對果莢的影響不大。
- 2.所以結果與實驗(三)一樣。

(六)乾燥羊蹄甲有無腰身對於捲曲度的實驗結果:

- 1.無腰身的羊蹄甲比較不外翻，開口比較小。



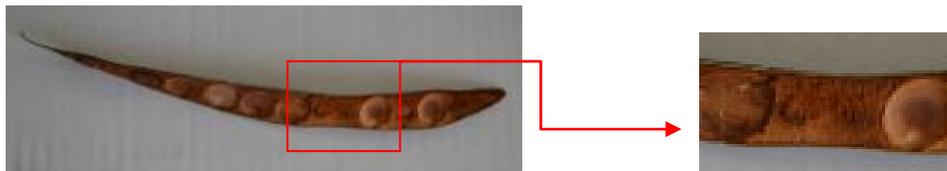
(無腰身果莢)

- 2.有腰身的羊蹄甲比較會外翻，開口比較大。



(有腰身果莢)

- 3.果莢裡有種子處與無種子處的比較，有種子處會有螺旋的現象，因為有種子處的纖維排列較有條理；無種子處是果莢螺旋中螺距較大處(螺旋較不明顯的地方)，因為無種子處的纖維較無條理，果莢較不旋轉。



▲上圖為無種子處



(有種子處)



(無種子處)

(七)乾燥羊蹄甲彎曲弧度對於捲曲度的影響:

- 1.弧度較小的比較不外翻。
- 2.弧度較大的比較會外翻。

三、利用鋁箔紙(一面紙、一面鋁箔)，來模擬果莢的內外面材質不同的實驗結果:

(一)鋁箔紙(其中一面為金屬材質，另一面為紙材質)剪成不對稱三角形，用酒精燈烘烤，利用金屬遇熱較會膨脹的性質，兩面膨脹程度不同造成螺旋。以下為捲曲變化的實驗結果:

1.紙張經由燒烤後會呈螺旋捲曲狀，如下圖:



(二)鋁箔紙剪成不對稱三角形，用電熱板和酒精燈烘烤的實驗結果:

1.在電熱板及酒精燈上烘烤的紙張皆會呈螺旋狀(如下圖)。

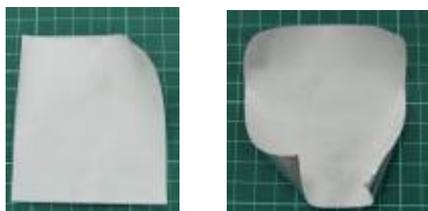


2.烘箱方便又受熱均勻，但不透明，無法立即看到變化。利用這個方法製造的簡易的透明烘箱，雖然熱不夠均勻，但可以立即看到紙張的螺旋轉變。

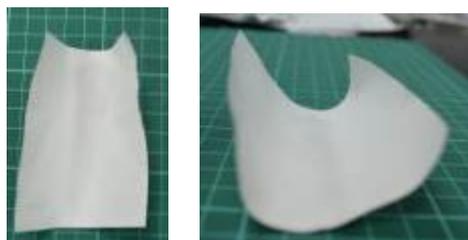
3.以酒精燈為熱源反應較快，但熱較不均勻、不易控制。電熱板效果較好。

(三)利用摩擦生熱來探討鋁箔紙因為溫度變化產生捲曲的原理，以下為實驗結果:

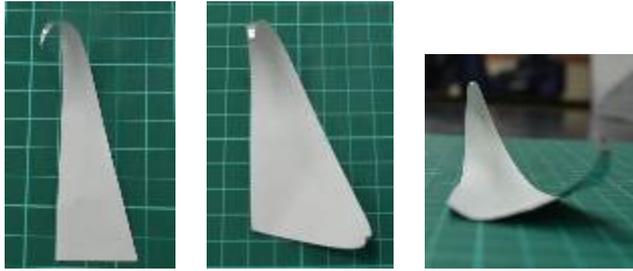
1.用手向長方形紙張的四個角摩擦，四個角會往中間捲，如下圖。



2.用手向長方形紙張的中間摩擦，紙張兩邊會往中間捲，不螺旋，如下圖。

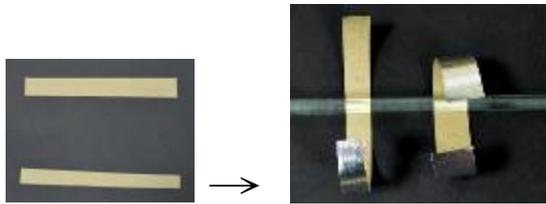


3.當紙張左右不對稱時，膨脹或收縮會產生螺旋的現象，而且膨漲時會往短邊捲，如下圖。(不過，果莢乾燥是收縮，會往長邊捲)



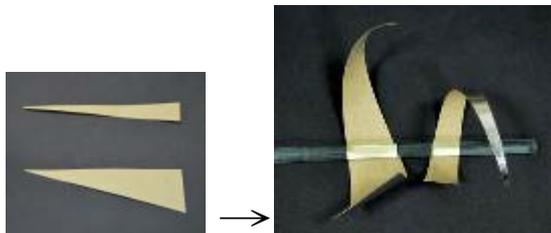
(四)用厚鋁箔紙(一面紙、一面鋁箔)剪成不同的形狀模擬果莢的外型，放入烘箱烘烤後的實驗結果:

1.一張較寬的長方形紙張和一張較細的長方形紙張，烘烤後一樣都成半圓形狀。



(長方形烘烤後無螺旋)

2.一張較寬的三角形紙張和一張較細的三角形紙張，烘烤後尖端會向外翻，而且細的三角形螺旋半徑較小，但粗的三角形斜度(螺距)較大。



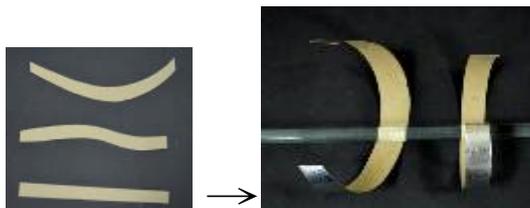
(三角形烘烤後有螺旋)

3.一張等腰三角形紙張和一張直角三角形紙張，烘烤後等腰三角形會向正中間捲曲(無螺旋)，直角三角形會向短邊捲曲(有螺旋)。



(等腰無螺旋)

4.彎月型和長方型的紙張，烘烤後長方形會捲曲成半圓形，彎月形會向短邊彎曲。



(彎月形烘烤後有螺旋)

※結論：只要兩邊不一樣長的鋁箔紙經由烘烤，皆會出現螺旋狀。

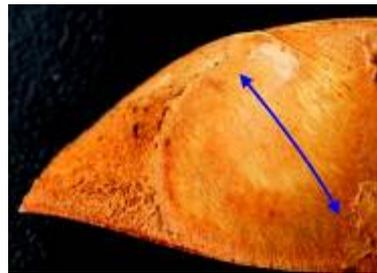
四、在多次的實驗觀察下發現了造成果莢螺旋的因素，除了外觀和內外面材質差異，纖維紋路的排列也是影響重大。

(一)紋路會影響結果的大致上分為三層主要是咖啡色和白色的部份，與表皮外面黑色的一層，但即使把第三層剝掉也毫無影響結果的變化，咖啡色的部份比較能吸收水分帶動白色的部份，白色的部份因質地堅硬不易帶動所以螺旋變化不大，兩面因為材質不同因而造成了變異。

由實驗結果發現，內外材質以及外觀的變化對於螺旋的影響不大，因此我們進一步探討果莢纖維(紋路)的編排方式是否才是造成螺旋的主要變因。



(截面三層)



(斜纖維紋路)

(二)探討平行與垂直紋路的差異

找出是順著紋路下去翻轉的規律



烘烤後→



(無螺旋)

(三)發現了其實都是向紋路的方向去密合，以相同的觀念對果莢作探討，再從另一方向去觀察、去翻轉



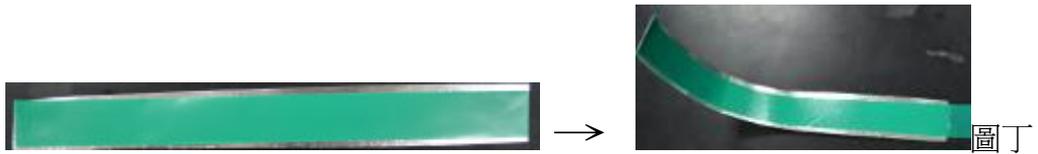
烘烤後→



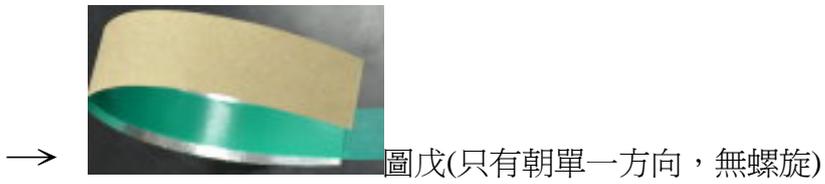
(有螺旋)

五、用絕緣膠帶的彈性來模擬果莢纖維的排列來印證的結果：

(一)將膠帶用較大的力氣貼緊(如圖丁)，再利用膠帶的彈力內縮(如圖戊)。如膠帶為平行紙張，紙張則只會朝水平方向(X 軸方向)捲成圓弧狀而不會產生螺旋。

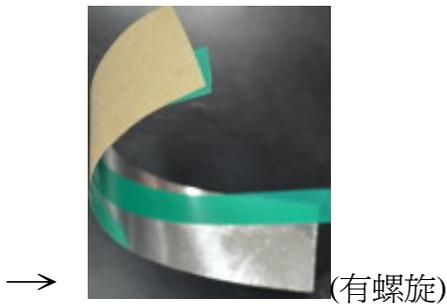
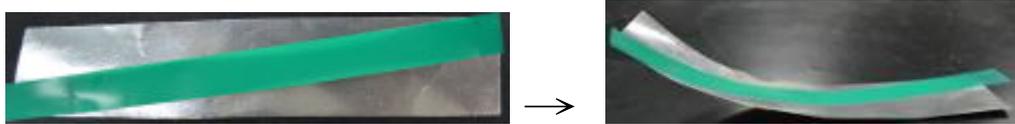


圖丁



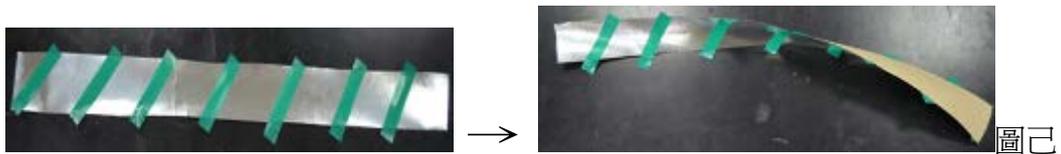
圖戊(只有朝單一方向，無螺旋)

(二)若將膠帶斜貼於紙張上，紙張則會朝水平方向(X 軸方向)與垂直方向(Y 軸方向)捲曲而產生螺旋。



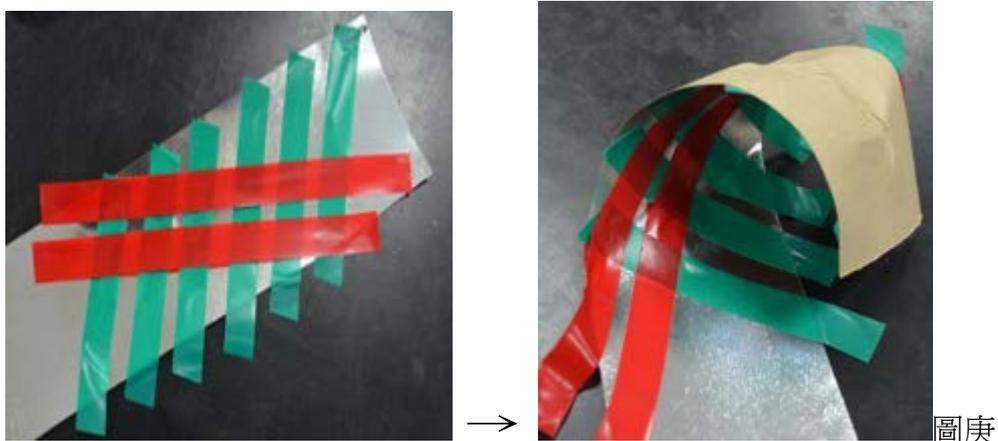
(有螺旋)

(三)將絕緣膠帶貼的方向改為沿長邊斜貼數條膠帶(如圖己)。只要是斜貼皆會有螺旋。



圖己

(四)由於有兩組膠帶內縮的力，相較(二)、(三)螺旋更為明顯(如圖庚)。



圖庚

六、利用摺紙來體驗螺旋的特性：

(一)同樣間隔一公分(如圖辛)由上到下分別為 120 度、90 度、60 度，將中間的展開(圖壬)。

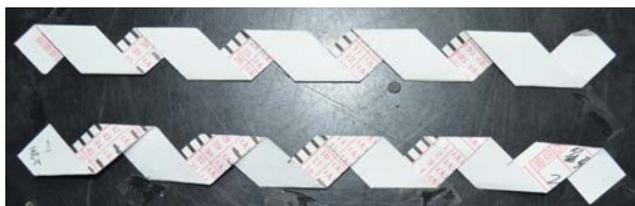


圖辛(展開前的圖形)



圖壬(展開後的圖形)

(二) 相隔 1 公分，90 度(如下圖)分別為兩種不同的折法，上方為一直向右折(螺旋)，下方為向右再向左來回折(之字型)。

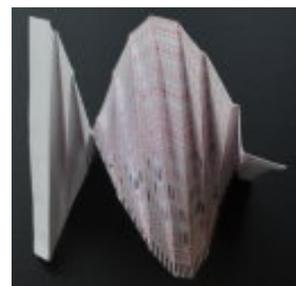
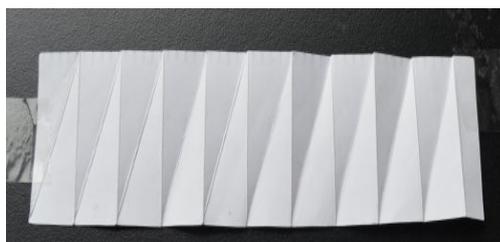


(三)同樣 90 度，相隔 1 公分(如下圖)上方為長方形的紙，下方則為三角形。

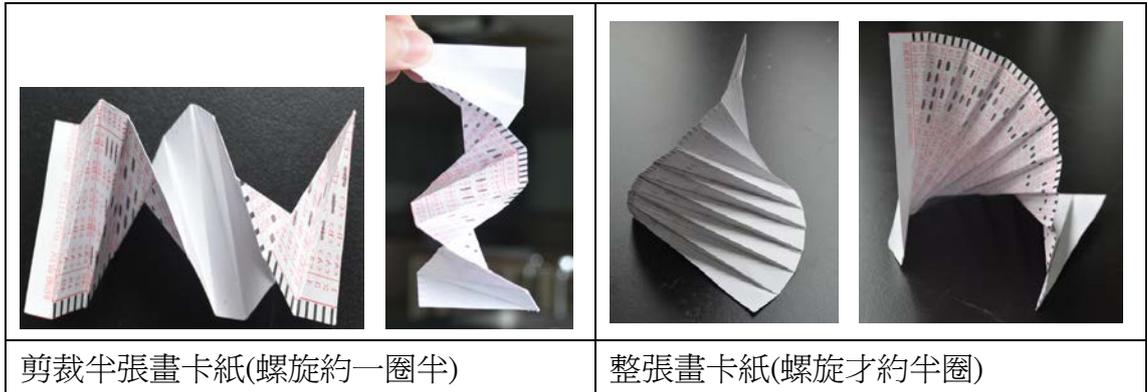


(四)進一步的螺旋摺紙：

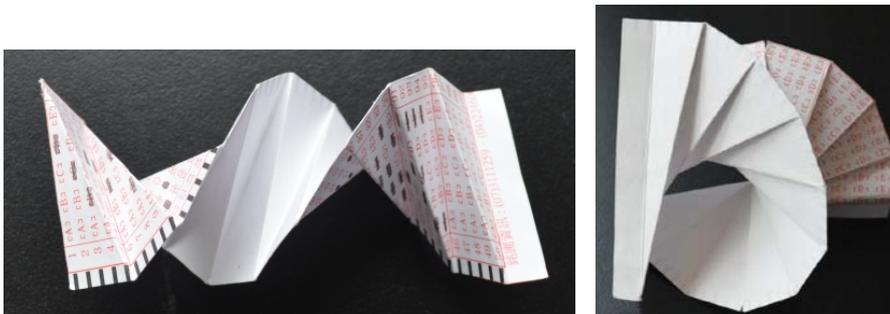
1. 將其圖展開拉開，展開成立體的形狀，以判斷螺距的不同，圖形其實有點類似開合扇的樣子，只不過所用的中心不一樣而已，由左至右流程如下圖。



2.然而如上圖製作的方式，以相同長度、不同寬度的紙張來製作，可發現寬度較小的紙（半徑較小），螺旋圈數較多。



3.另外可以由折紙看出軸心在中間的雙螺旋的特性，可看出雙螺旋的雙向道，白色的部份以及文字的部份各一條螺旋，不會相遇。



七、發揮創意與想像的應用：

(一)完成後的『螺旋週期表』如下：



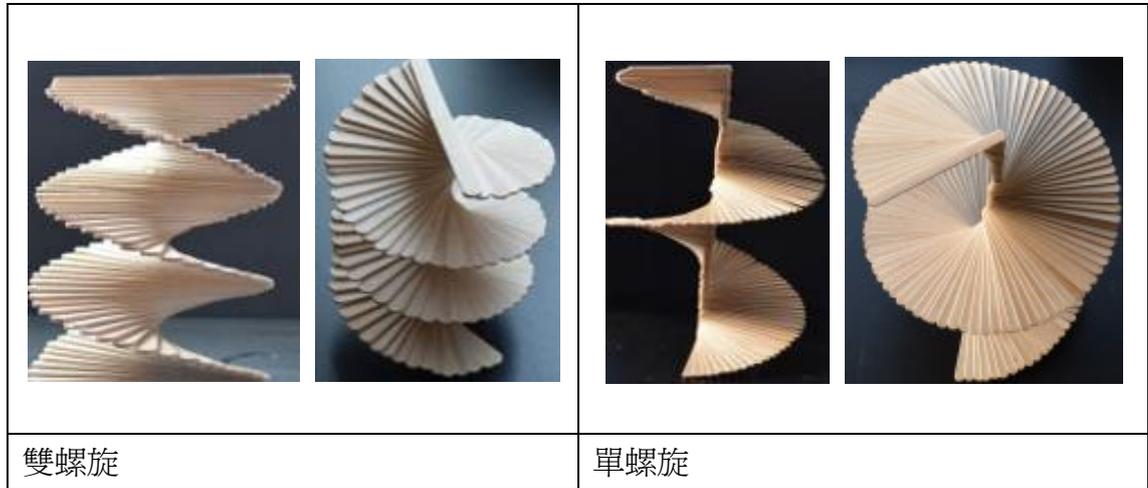
側面圖



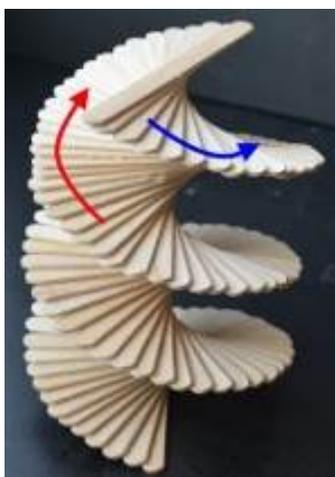
俯視圖

(二)利用冰棒棍製作雙螺旋及單螺旋模型，探討其特性，並想像及設計『DNA雙螺旋樓梯』：

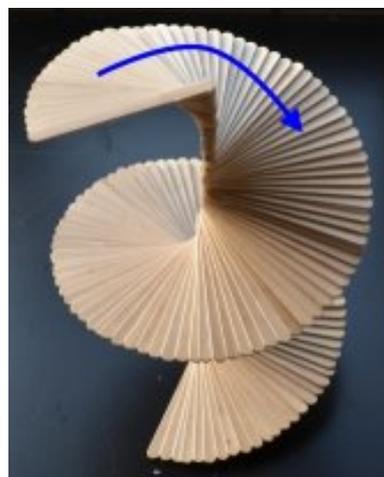
1 下圖比較雙螺旋與單螺旋的側面及俯視圖，可發現單螺旋的支柱不如雙螺旋的穩固，無法互相平衡。重量較對稱穩固為雙螺旋樓梯的優點特性之一。



2.若應用於建造樓梯的時候會考慮路徑，要怎樣利用相同空間，發揮出最大的活動空間，單以路徑來說雙螺旋就像雙向道可以分成南迴或北上，最有效的發揮每一部分的空間，單螺旋則是一條單行道在人群上下的時候，難免會發生碰撞。



(雙向道)



(單向道)

陸、討論

一、很多的植物都有果莢，然而並不是所有果莢都會成螺旋狀，有些果莢或許是因為外殼太厚而無法旋轉，有些可能是因為種子不必旋轉就可以掉出來。而羊蹄甲會捲曲，實驗結果顯示是受纖維的排列方向和溫度、濕度的高低影響，推測是因為要讓種子自行掉出來長期演化而來的生存法則。羊蹄甲果莢大致上都有相似的螺旋，但因為成長過程中氣候、養分等外在因素，而呈現多樣化(如下圖)，有的長、有的短、有的直、有的彎、有的種子密、有的種子疏、有的有腰身……等，果莢乾燥裂開後，自然也形成各式各樣的外觀，但萬變不離其螺旋的特性。



有腰身(第 2、4、6 個)，彎月型(第 7 個)



(緊密度不同)



(外旋與內旋)



(左圖腰身造成螺旋方向轉變)

二、外形造成的螺旋只是次要因素，我們發現果莢纖維(紋路)的編排方式和方向才是造成螺旋的主要變因。因為在果莢中紋路的方向是斜直線(以下圖 A 藍色斜直線來表示)，當果莢乾燥時，纖維紋路會相互靠近，產生一組密合的力，纖維本身也會因乾燥而變短，產生另一組長度縮短的力，此兩組力量同時作用造成螺旋。因此我們推論：『果莢螺旋外型的變化主要由紋路的長短變化和紋路之間的疏密變化兩組力量所主導。』

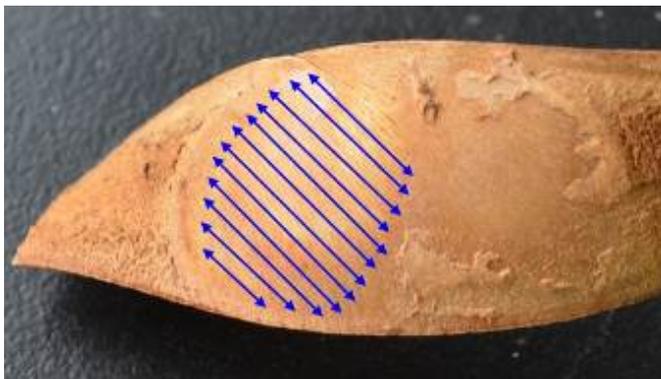


圖 A

我們再次驗證，當我們把斜直線的果莢沿平行紋路方向剪裁，先消除紋路相互靠近的變因作用，讓影響只剩單一的因素，果莢果然不會再出現螺旋的現象，而是單一方向，順著紋路形成圓弧環繞，而無扭轉形成螺旋；沿垂直紋路方向剪裁的原理也相似，只是影響的方向垂直。如下圖 B。『只要剪裁不是平行或垂直纖維紋路，就會在果莢的斜直線方向產生兩組力造成螺旋，如上圖 A 和下圖 C。』



圖 B

圖 C

三、用膠帶來模擬纖維之間所產生的力量，若膠帶平行紙張，即是纖維之間所產生的力，紙張只會往 X 軸方向（紙張長邊）捲曲；若膠帶斜貼於膠帶，如下圖，紙張除了會往 X 軸方向還會朝 Y 軸方向（紙長短邊）捲曲。若同時有兩組斜貼膠帶內縮的力量，會產生更為明顯的螺旋，就像『纖維紋路相互靠近產生密合的力，及纖維本身會因乾燥變短而產生縮短的力，此兩組力量同時作用造成螺旋』。這裡的原理和（討論二）果莢螺旋的推論是相互呼應的。



而緞帶、剪紙、裁紙……等會呈螺旋狀，主要也是因為受力方向是斜的、也就有水平和垂直兩方向的分力，兩不同方向的力拉扯就會變成螺旋狀。若有兩組力，螺旋效果更好。而兩面材質不同的鋁箔紙遇熱會呈螺旋狀，是因為金屬有熱脹冷縮的性質，當鋁箔紙並非左右對稱時，左右膨脹長度不同，向短邊捲曲，使得紙張變成螺旋。而果莢的情形不是熱脹，而是乾縮（乾燥總長度縮短），長邊縮短較多，所以果莢乾燥後，由內往外，往長邊捲。

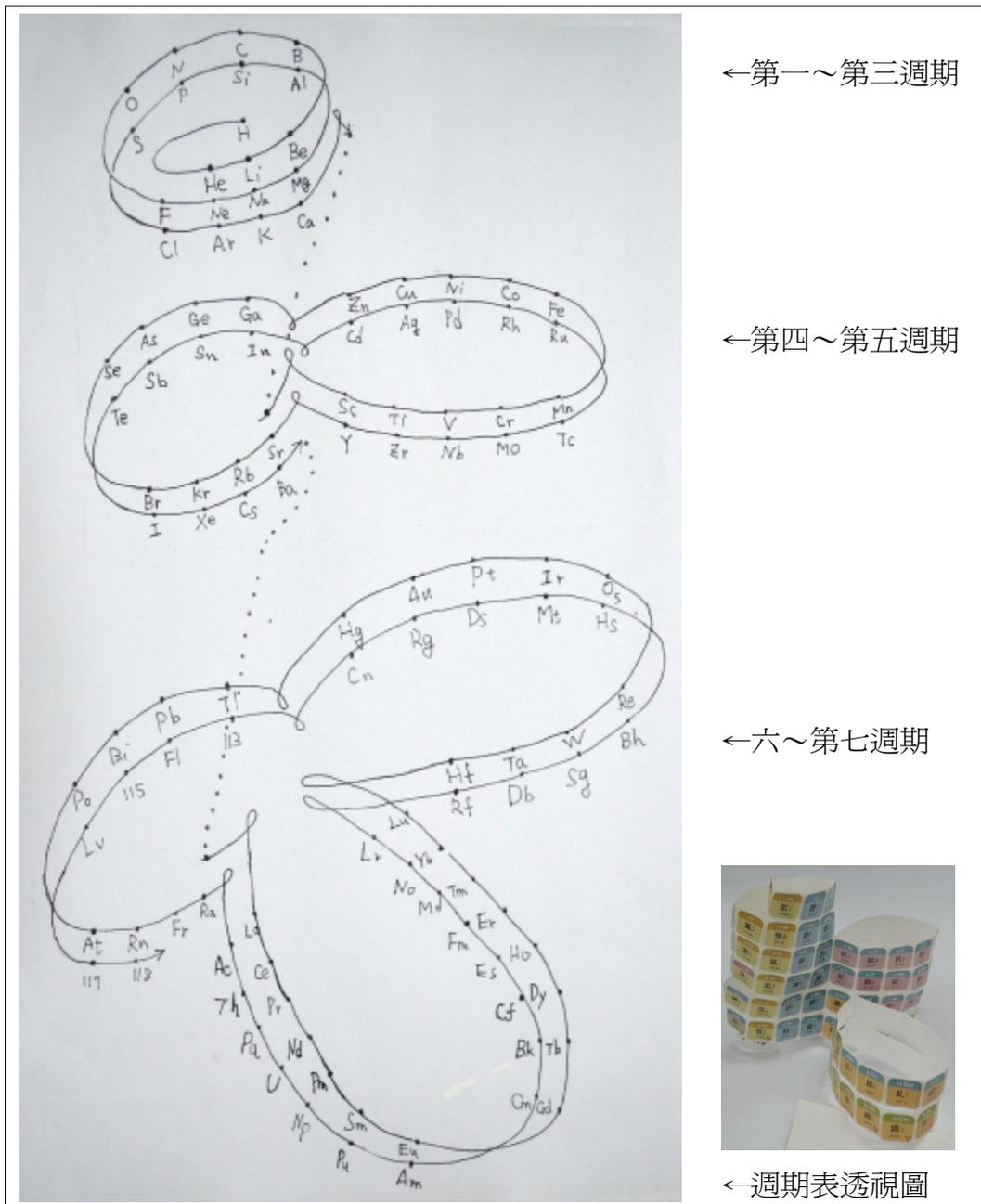
四、週期表本身是平面的，但若依照原子序兩個連續的元素則會離的很遠，例如：氦與鋰、氖與鈉。所以我們有時會誤以為它們相差很遠，其實它們是鄰居。若依我們設計的『螺旋週期表』，可以表現出原子序連續排列的特性，補平面週期表的不足。

我們的設計如下圖：

最上層 3 圈為第一～第三週期

第二層 2 圈為第四～第五週期，螺旋中又開始有過渡元素的螺旋。

第三層 2 圈為第六～第七週期，除了過渡元素，又加入了內過渡元素。



五、DNA 雙螺旋樓梯的設計討論：

基本上螺旋梯是一個一體成形的個體，比傳統樓梯不佔空間，所以多應用在狹小的空間利用，如下圖 D。



圖 D

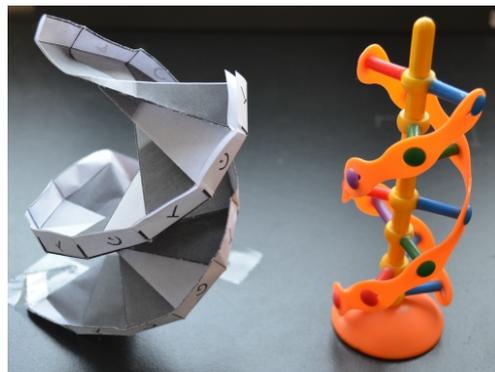


圖 E: DNA 模型

但是單螺旋樓梯並不好同時上下，錯身而過時更顯狹小，我們由生物老師的DNA模型（圖E）得到靈感，設計出『DNA雙螺旋樓梯』，如下圖F：

雙螺旋本身就具有雙向道，可以分往上、向下兩道行走，改善了單螺旋樓梯只能同一條路上下的缺點。雙螺旋類似兩條單行道，上下不會相遇。而且，單螺旋樓梯（如圖D）可看出此樓梯的重心以鐵柱固定，每塊樓梯板以三角型為主，一段一段焊接上去。而雙螺旋柱子在中間，樓梯板兩端相對造成力的平衡，結構上也似乎較安全可靠。

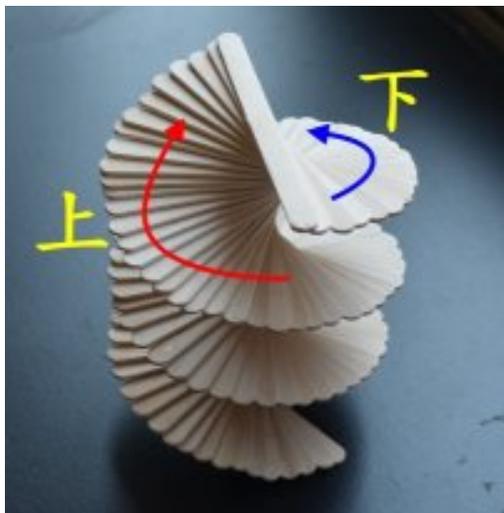
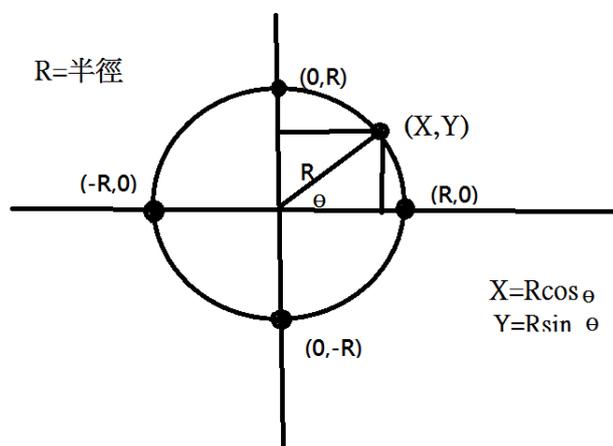


圖 F：往上和向下兩條路不會相遇

六、利用摺紙來探討螺旋的變因，發現折的角度越大，螺距則會越大；兩個折之間的距離越大，螺距也會越大。從螺旋摺紙探討出角度和螺距的關係是密不可分的，只要其中有個因素有了變化就會導致整個結果的改變。螺旋是立體的環繞，若沒有向上的角度（沒有螺距），就會變得只是平面的旋轉，就是圓形。因此我們以座標和方程式，試著寫出簡單的螺旋方程式：

$X=R \times \cos \theta$	R：半徑
$Y=R \times \sin \theta$	H：螺距
$Z=(\theta / 2 \pi) \times H$	θ ：角度

其中X和Y結合為圓形的方程式： $X^2+Y^2=R^2$ （半徑），由Z軸俯視為一個圓。若H=0，也是變成一個圓。



七、經過二個學期的螺旋研究，我們對螺旋更有生活體會：

有人說生活就像一個圓，不斷的循環；

也有人說生命是一條線，一去不復返。

我們說生命就像是螺旋，每天有相似的循環，卻也有永不回頭的前進。

一輩子有很多的星期一，卻沒有兩個今天，

每一天每一天，都是新的，都是新一輪的螺旋。

一週七日，相同的課表，不知不覺又過了一年了。

一年四季，年年如此，不知不覺我們都長大了。

柒、結論

一、果莢螺旋的變因主要為兩大點：

1、主因：果莢中的纖維紋路方向是斜直線，果莢乾燥時紋路相互靠近產生密合的力，及纖維本身會因乾燥變短而產生收縮的力，此兩組力量同時作用造成螺旋。

2、次因：果莢的外觀不對稱，有長邊和短邊，果莢乾燥時長度會縮短，長邊縮短較多，所以果莢乾燥後由內往外往長邊捲。

二、羊蹄甲果莢乾燥後皆有螺旋，造成其多樣化的原因：

成長過程中造成外觀的長短、彎曲弧度和種子的排列造成的腰身位置……等皆有影響。

三、不管是果莢，或是生活中緞帶、紙張、剪紙、裁紙……等，只要受力方向有斜的，就會有螺旋狀。若有兩組斜方向的力，螺旋效果更好。

四、『螺旋週期表』雖然有攜帶上不便的缺點，不過它比起平面週期表，更可表達每一個原子間都是接連不斷的循環特性。而且，『螺旋』原本就有『週期』的意思。

五、『DNA 雙螺旋樓梯』保有螺旋梯節省空間的優點，而且它具有雙向道的特性，可以分往上、向下兩道行走，上下不必相遇錯身。雙螺旋類似兩條單行道，有助疏通人潮。而且其結構有相當高的穩定性。

捌、參考資料

一、摺紙經典 2:創意螺旋摺法。作者：布施知子。出版社：國際少年村

二、<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%98%BF%E5%9F%BA%E7%B1%B3%E5%BE%B7%E8%9E%BA%E7%BA%BF>

【評語】 030806

此作品將好奇心轉成研究動機，並進而應用到具體小成品。有趣、易懂。值得更加深入探討。