

天旋地轉—旋轉盤和繩索天作之合的時空世界

高小組應用科學科第二名

台北市龍山國民小學

作 者：車牧龍

指導教師：翁進勳、黃美惠

一、研究動機

- (一)上自然課時無意中發現掉落地上的培養皿，不斷向前旋轉，直到力量用盡才停止下來。
- (二)有一次玩溜溜球時繩索突然斷了，在斷裂的地方露出了三條小繩子，仔細一看小繩子裡面又有更小的繩子。
- (三)圓形的溜溜球以繩索牽引著旋轉，可以玩出很多花樣，繩索和圓形的培養皿結合，是否能開創出奇妙的時空世界呢？

二、研究過程和方式

- (一)日常生活所使用的繩索是由幾條線索拈合而成的？

方法：
1. 蒐集各種不同粗細的繩索（小至紗線，大至拔河的纜繩。）
2. 將繩索分解並仔細觀察拈成的條數（細小紗線用放大鏡觀察）並測量繩索的直徑及拈成的股數。

發現：
1. 編號1~3號（0.2~1釐米）的繩索分別由2、3、4條細小的紗線拈合而成，每一條紗線已經不能再細分；如果再細分的話，就成為數目很多的纖維。

2. 編號4~8號的繩索是由3條紗線所拈成的，我們發現4、5、6號繩索的每一條紗線，還可細分為3~4股更小的紗線；7號繩索雖然可再細分30股，但是由於一次拈成，我們發現他比其他編號的繩索更容易鬆散。而9號拔河的纜繩雖然很粗，可是卻以三股三股有系統有組織的方式拈合而成的。

推論：
1. 日常生活中所使用的繩索、紗線都是由2~4條的繩子所拈合而成的，其中以3條所拈成的最多，我們推論繩索以3條3股的方式拈成，一定有他的理由存在。

2. 7號的繩索雖然也是由三條繩子所拈成，可是每一條繩子卻是由30股較

小的紗線一次拈合而成，因此顯得不緊密而且鬆散，同樣也有他的原因存在。

(二)繩索如何拈成以及解開？如何設計扭結繩索的器具？

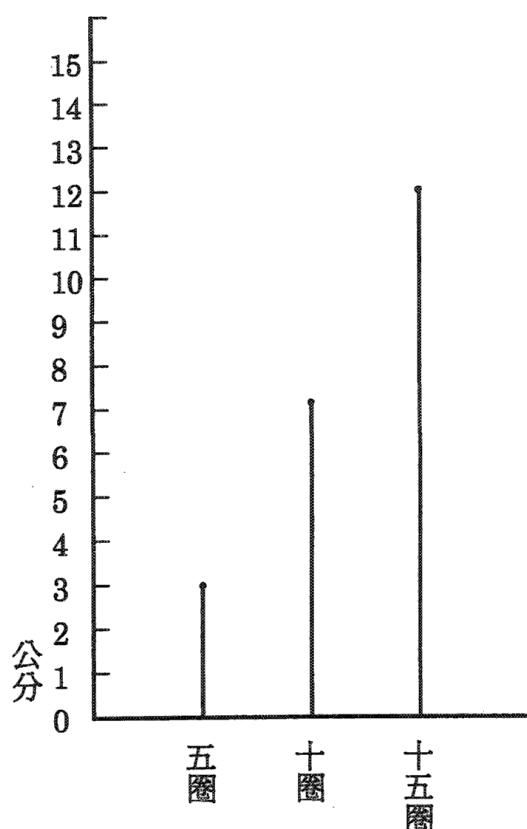
- 方法一：1.我們取用規格以及長度相同的4號紗線三條，使用左右兩手的姆指及食指；捏緊三條紗線的兩端往相反的方向旋轉，就可拈成繩索，可是太費時費力而且效果不好。於是我們利用自然科學儀器室的塑膠培養皿（圓形），設計了五組繩索旋轉盤。
- 2.用手朝同一方向旋轉底盤（向左或向右皆可）旋轉愈多圈，打結的長度愈長，底盤也隨著升高，最後可以使兩個圓盤合在一起。（如圖二）但手一放開時，底盤則往相反方向旋轉。解開之後又再扭結如繩索，如此，反覆進行幾次之後，動力逐漸消失後停止轉動。（如圖三）

方法二：我們試著把第五組三角柱三股繩子的長度固定為20公分。扭結實驗圈數各為5、10、15圈，實地測量四次後並加以平均。

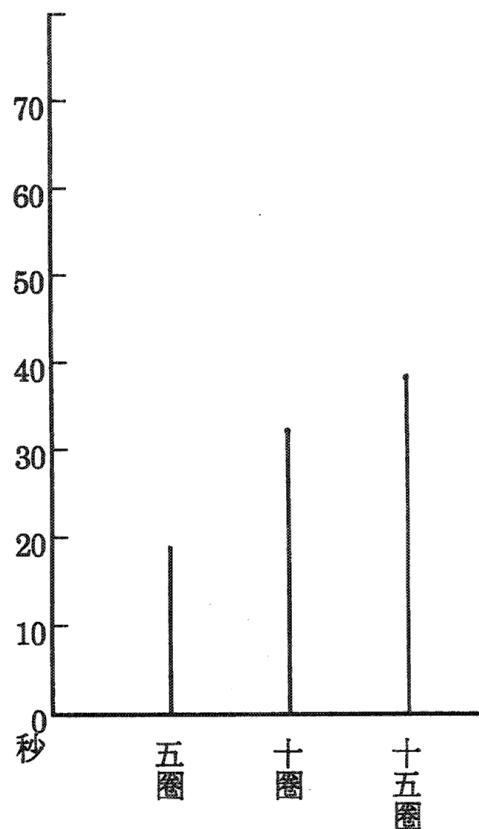
1 繩 夾 索 交 點 角	2 實 驗 旋 轉 數	3 實 長 度	4 繩 夾 扭 轉 角	5 第 一 次 扭 結 度	6 升 高 長 度	7 升 高 長 度	8 升 高 長 度	9 升 高 長 度	10 各 升 高 總 長 度	11 旋 (迴) 轉 總 長 度 平 均
120度	5圈	3.2 公分	150度	1.9 公分	0.8 公分	0.4 公分			3.1 公分	19 秒
120度	10圈	5.4 公分	180度	3.5 公分	1.9 公分	1 公分	0.5 公分	0.2 公分	7.2 公分	31.5秒
120度	15圈	7 公分	210度	5.8 公分	2.9 公分	2.9 公分	0.8 公分	0.5 公分	11.8 公分	38.5秒

發現：1.左向旋轉和右向旋轉的扭結紋路不相同：右轉紋路為 ，左轉紋路為 。扭結15圈的紋路要比扭結5圈的紋路來得緊。

扭結總表度



旋轉時間

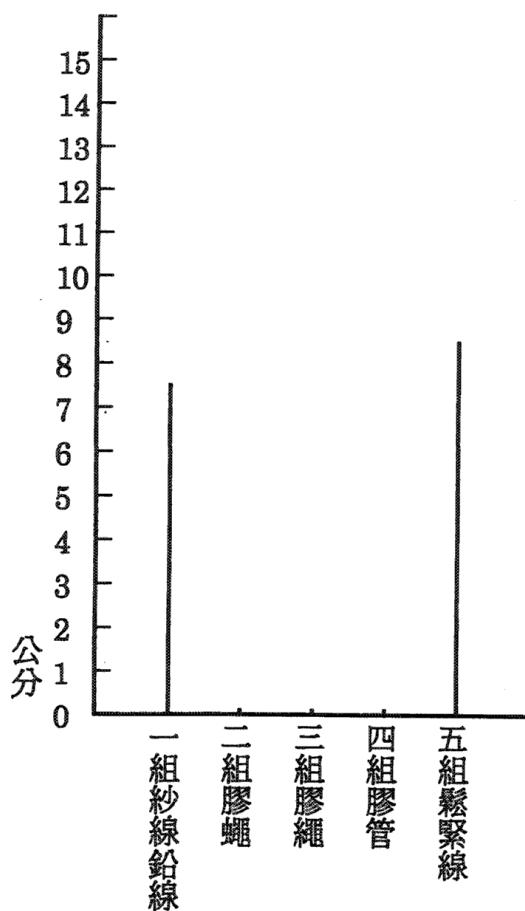


- 推論：1. 當底盤放下時，由位能轉化成動能，帶動線條扭結的反作用力，循著相反方向旋轉。雖然繩索已解開，可是由於慣性作用，動力仍然不停，繼續旋轉—扭結—解開的歷程，直到動力消失為止。
2. 由五組繩索旋轉盤的實測結果，發現第五組三角柱的繫繩法效果最好，旋轉平穩、紋路緊密不鬆弛，我們推論是兩個對應夾角相同而其角度比其他各組都大的緣故。
3. 實驗圈數與繩索扭結長度、斜紋數、旋轉夾角成正比。圈數愈多、旋轉的時間和扭結的次數愈多，紋路也愈緊密，圈數愈少則相反。

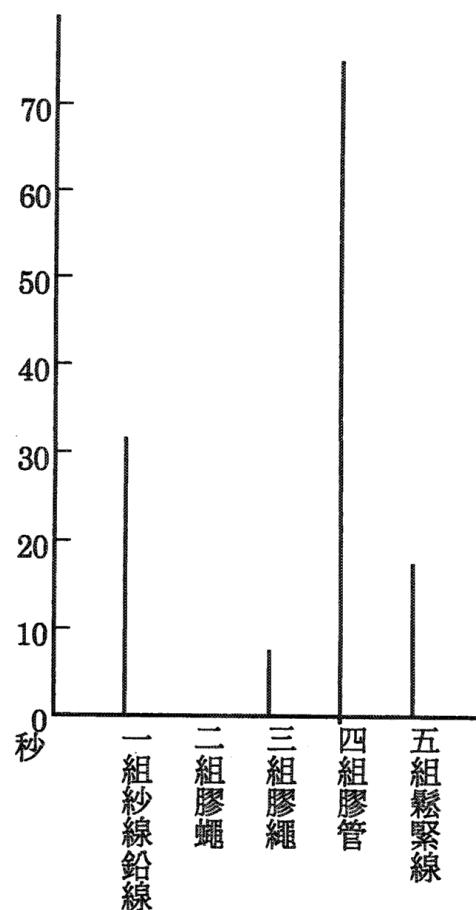
(三)不同質料的繩索會影響繩索的旋轉和扭結嗎？

- 方法：1. 選用5種不同質料的繩子各20公分（粗細相同）。
2. 採用三角柱繫繩法。
3. 每組繩子掛上砝碼後測量伸長為多少公分，比較各種繩子的伸展性（以20公分為基準）。
4. 測量方法與前實驗相同。

扭結總表度



旋轉時間

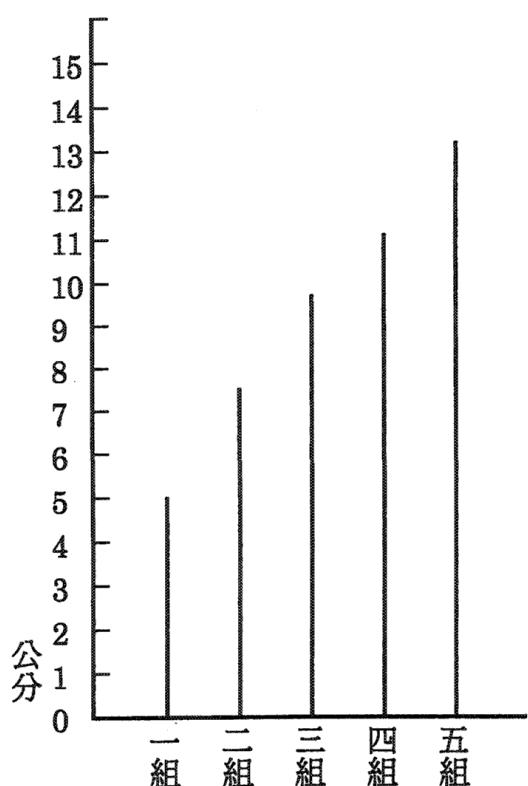


- 推論：1.由實驗結果發現繩索質料不同會影響旋轉的時間和扭結的效果，有延展性和彈性的繩索如膠繩、膠管、鬆緊線其旋轉效果遠比沒有延展性的紗線差。
- 2.鉛線和紗線雖然沒有延展性和彈性，可是由於紗線柔軟度剛好，適合旋轉和反覆扭結，而鉛線硬度大，旋轉定型後則靜止不動無法迴轉。

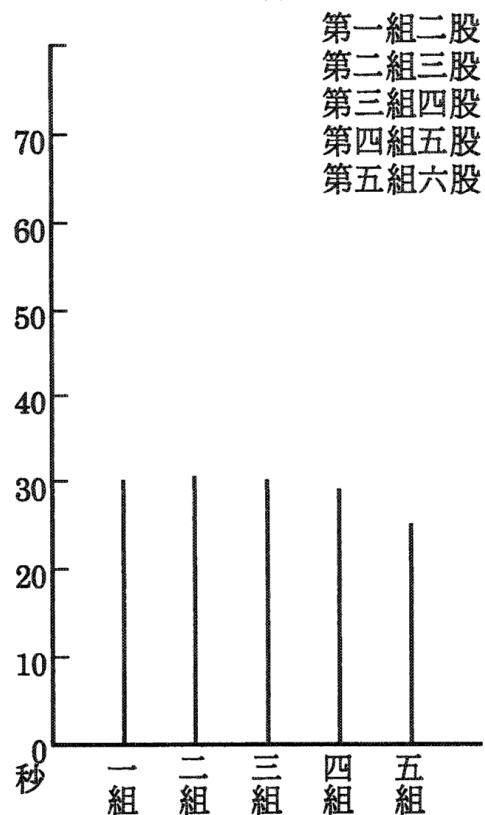
(四)繩索拈成的條數會影響繩索的旋轉和扭結嗎？

方法：由問題一的調查分析，我們發現日常的繩索都是由2、3、4股的繩子所拈合而成的，其中以3股拈成的最多。我們推論一定有他的理由存在，於是我們設計了10個等邊多角形的旋轉盤，分別繫上2~50股的紗線（4號紗線），實際操作並觀察所拈成的螺旋紋路有何不同？並取拈成股數2、3、4、5、6等五組作旋轉和扭結的觀測。

扭結總表度



旋轉時間



第一組二股
第二組三股
第三組四股
第四組五股
第五組六股

推論：1.由實驗結果觀察繩索的拈成以3股最好，2、4股次之，50股的最差。因此通常使用的繩索以3股拈成的居多是有道理的。

2.由問題(一)調查分析的結果，4號的繩索是由3條、3股的紗線分成兩個階段拈合而成的。（一次9股同時拈合，不均勻而且會扭曲），因此較粗大的繩索絕對不是一次很多股同時拈成的。例如拔河的纜繩是經過很多階段，有系統的將細小的繩子3條3股拈合而成的。

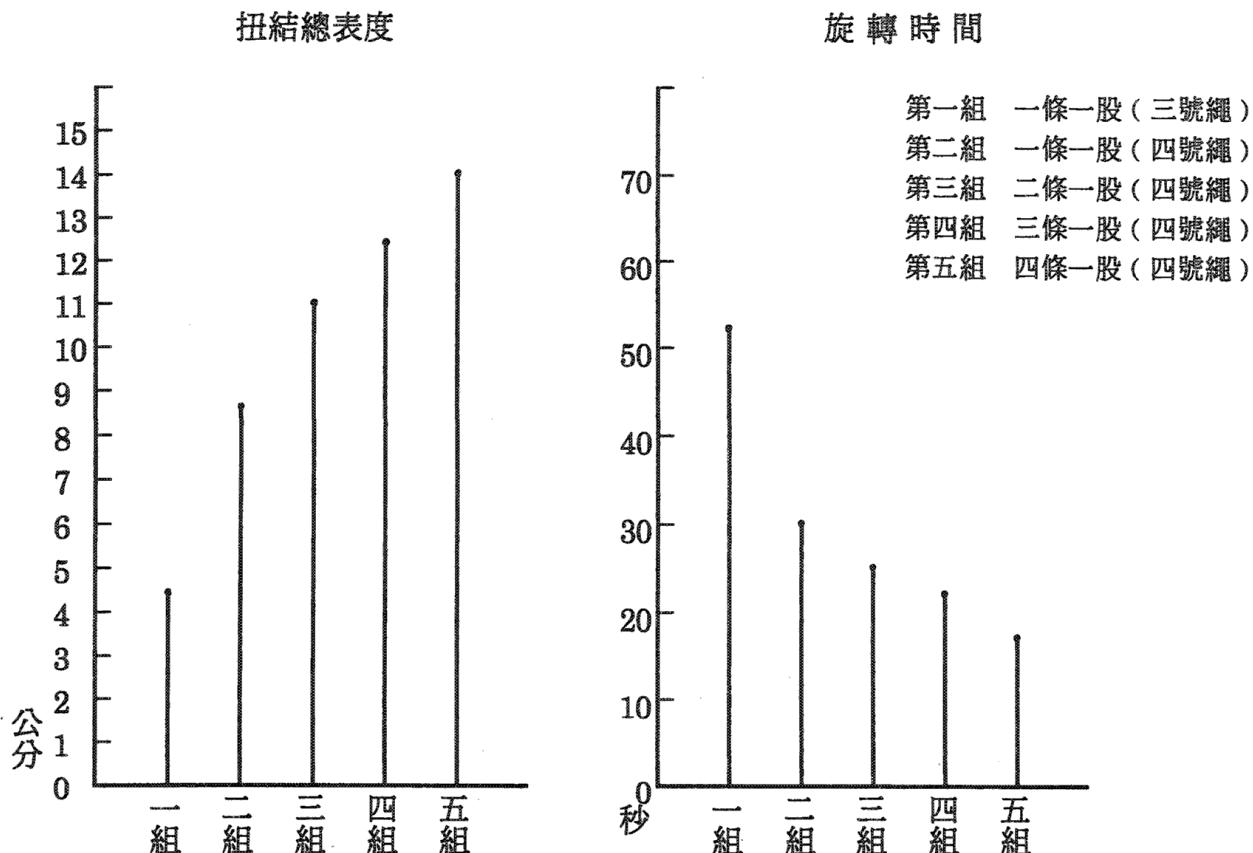
3.由實驗結果我們可以大膽推論，股數愈多所構成的角柱體愈近似圓柱體，所扭結出來的角錐體，同樣的也近似圓錐體，曲面的弧度也不斷的加大。

4.繩索拈成條數愈多，旋轉速度較快，扭結的長度較長，我們推論是因為條數愈多旋轉夾角愈大的原故。

(五)粗細不同的繩索會影響繩索的旋轉和扭結嗎？

方法：1.取四號繩索30條，其中的12條，每4條拈成一股，共有三股，其中的9條，每3條拈成一股，共有三股，其中的6條，每2條拈為一股，共有三股，剩下的3條，每一條為一股，也有3股。以上三種方式分為四組來實驗比較。（採取三角柱繫繩法，長度皆為20公分）。

2. 為了比較繩索粗細對旋轉和扭結的影響，我們找來3號的繩索列為第一組跟上述四組繩索做進一步的比較。（總共五組實驗）



六、實驗結果和討論

- (一) 日常生活所使用各種不同質料的繩索、紗線絕大部份都是由 2 ~ 4 條的繩子所拈合而成的，其中以 3 條 3 股方式拈成的最多。
- (二) 繩索的拈成可以左轉或右轉的方式扭結，解開則以相反方向旋轉，但是由於繩索扭結產生的落差，使位能轉化成動能，帶動繩索扭結的反作用力，循著相反方向旋轉；雖然繩索已經解開，可是由於慣性作用，動力仍然不停，繼續旋轉扭結多次以後停止。
- (三) 繩索旋轉盤的設計以圓盤配合紗線的轉繩扭結最好，以三角柱的繫繩方法旋轉得最為平穩。
- (四) 繩索拈成的條數以三條拈成的螺旋紋路最為緊密而且均勻，我們推論愈粗的繩纜（如拔河繩），拈成的條數不能超過三條，否則螺旋紋路容易重疊扭曲。
- (五) 由繩索粗細的實驗，我們推觀測愈細小。旋轉得愈慢而且時間較長；繩索愈粗則旋轉得愈快而時間較短。我們推論是由於繩索粗細造成旋轉夾角的變化（粗

者夾角大，細者反之），夾角大使得紋路扭結更為緊密，底盤的落差升高，產生的動力增強的原故，夾角小則反之。

七、參考資料

本校科學研習營自編教材。

評 語

1. 本作品是探討兩盤狀物藉由股線連接，在旋轉其中一盤下，股線佈成的幾何形狀特徵，具有創思。本作品仍有相當的發展空間，可供探討。
2. 作品在分析基本特徵與實驗驗證，實驗變因的控制，可見其良好的科學精神與態度。思考程序及實驗均相當完整。
3. 作者表達能力清晰，示範亦相當生動。
4. 本作品在推廣應用上，有舉例失當，引喻失義之憾；所舉的二個例子與其所探討及分析結果，無科學上關聯。