

紙蛇轉出的大學問

初小組 第二名

縣市：高雄縣

校名：瑞興國小

作者：蔡孟辰、孫以倫、顧天衡

指導教師：熊美容、顧錦濤



我們三人都就讀於鳳山市瑞興國小，團體活動時間有同時參加自然科學實驗班，所以比其他同學更有機會接觸到各式各樣的實驗；平常我們花在找資料的時間很長，除了圖書館，電腦教室也是我們研究的重點。

最喜歡的活動就是想辦法追尋前人的腳步，進行相同的實驗，看看是不是能夠得到其他的發現，雖然成功的機會不大，但是我們非常重視一起研究的機會，更希望能結交更多好朋友，一起去研究大自然中的奇奧，分享大家的心得。

關鍵詞：科氏力、佛科擺

壹：研究動機

老師說這整個實驗不僅我們能夠得到很多收穫，就連老師本身也學到很多，怎麼說呢？全班同學進行空氣流動的紙蛇實驗，每個人都發現蠟燭上的紙蛇都是向前轉動，而且全班都得到一樣的實驗結果(有的因為轉動太多圈而會回轉過來的不算)，老師還特別介紹這是科氏力的現象：因為北半球的物體運動都會偏向右邊，所以空氣由下向上流動的時候，會造成紙蛇呈現逆時針的旋轉。

因為實驗很簡單，而且課程又少，所以下一堂課就利用西卡紙來製作不同的紙蛇(有三角形、四方形、……)，但也有不同旋轉方向的紙蛇，結果科氏力現象破功了，這就成為我們科展實驗的導火線！

貳：實驗目的

(一)紙蛇爲什麼有固定的轉動方向呢？

- (1)不同紙蛇的製作方式，在同一個蠟燭上會怎樣旋轉呢？
- (2)用不同的風來吹同一個紙蛇，會有怎樣的旋轉方向呢？
- (3)竹蜻蜓在酒精燈上會有固定的轉動方向嗎？

(二)用轆轤來模擬地球上的轉動和移動。

- (1)靜止的水盆在旋轉轆轤上的變化：
- (2)用滾動的彈珠在轆轤上滾動：

(三)用轆轤來證明離心力的大小。

(四)科氏力的好搭檔-佛科擺的實驗證明。

- (1)伽利略的單擺原理會不會在轆轤上失效呢？
- (2)利用轆轤來找出佛科擺的轉動方向。
- (3)利用轆轤的不同位置來研究佛科擺的擺動週期。

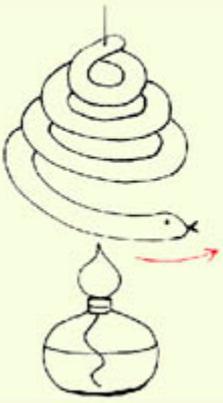
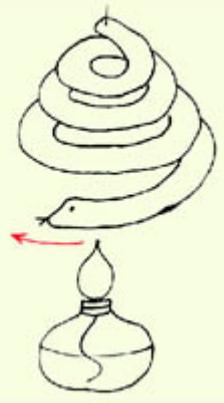
參：實驗設備與器材

- (一)紙蛇的製作材料和工具、竹蜻蜓的材料、吹風機、酒精燈和蠟燭。
- (二)陶藝教室的電動轆轤、水盆與色素。
- (三)單擺與鐵架、測量工具、彈珠與竹筒。
- (四)攝影機和支撐架。

肆：研究過程與推論

(一)紙蛇爲什麼有固定的轉動方向呢？

- (1)不同紙蛇的製作方式，在同一個蠟燭上會怎樣旋轉呢？

順時針環繞的紙蛇		逆時針環繞的紙蛇	
	<p>直接利用三年級自然習作所附帶的紙蛇模型來製作，這個紙蛇模型的蛇頭在下，蛇頭往蛇尾以順時針向上旋轉，好像燒香用的環香一樣</p>		<p>和前一個做法正好顛倒，所以做出來的紙蛇會變成蛇頭往蛇尾以逆時針向上旋轉的方式掉起來，空氣由下往上流動；酒精燈會讓紙蛇旋轉的速度變快</p>

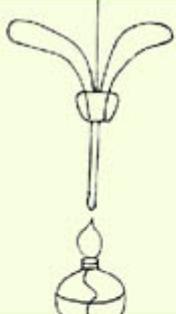
結果

當熱空氣由下往上升時，以順時針環繞製作的紙蛇則會呈現逆時針的旋轉；而逆時針環繞的紙蛇則以順時針方向一直轉動不停；就算一開始繞錯了一兩圈，很快的又會回到應有的方向，而且速度會明顯的加快。

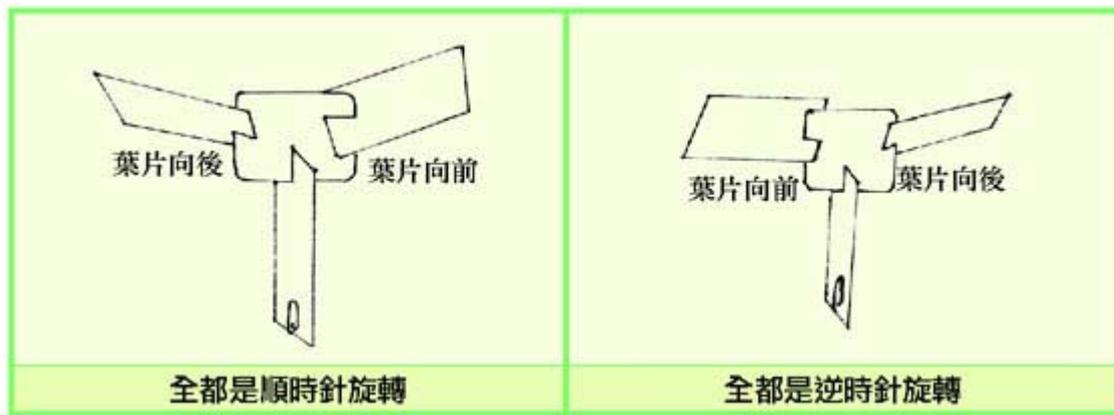
(2)用不同方向的風來吹同一個紙蛇，會有怎樣的旋轉方向呢？

空氣由下向上吹		空氣由上向下吹	
	<p>用順時針環繞的紙蛇當實驗對象，利用蠟燭或酒精燈的火焰來當作熱的來源，因為熱空氣會向上流動</p>		<p>因為熱空氣無法向下，所以我們利用吹風機來吹這個紙蛇，空氣的流動是由紙蛇尾流向紙蛇頭的方向</p>
<p>逆時針轉動，和第①的實驗結果一模一樣</p>		<p>順時針轉動，正好和左邊的實驗相反</p>	

(3)竹蜻蜓在酒精燈上會有固定的轉動方向嗎？

	<p>市面上所賣的竹蜻蜓，非常均勻，不像以前的竹蜻蜓的葉片有傾斜的樣子，所以利用這個新式的竹蜻蜓和老式的竹蜻蜓來比較就知道，決定轉動方向的原因到底是什麼了，會不會是老師一開始時提到的科氏力呢？(從上面的實驗就知道和科氏力沒有關聯)</p>
<p>每一種竹蜻蜓都實驗 20 次，結果發現葉片沒有傾斜的新式竹蜻蜓，順時針與逆時針旋轉(由上向下看)的比例為 12：8，而老式竹蜻蜓的順時針和逆時針轉轉比率為 2：18，可見得決定旋轉方向的主要原因在於葉片的傾斜方向或者紙蛇的旋轉傾斜方向。</p>	

我們自己來設計不同斜面方向的珍珠板竹蜻蜓，底下加些迴紋針增加重量，然後騰空釋放這些竹蜻蜓，並且統計順時針與逆時針旋轉的次數(由上往下看)：

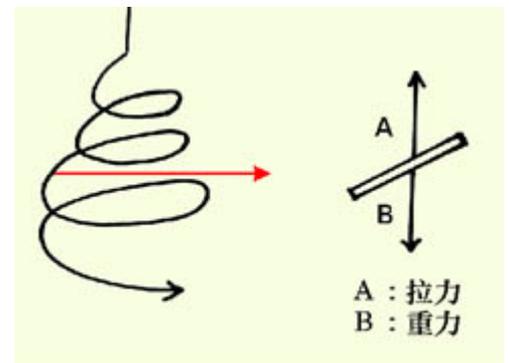


推論與探討

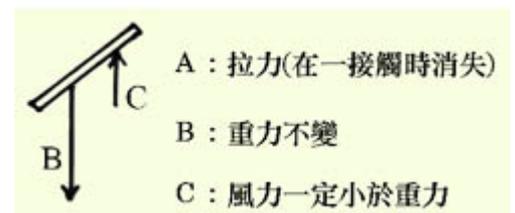
(1)紙蛇旋轉的方向絕對和科氏力無關，而是和本身的構造有關

(2)到底紙蛇的製作設計方式為什麼會影響轉動的方向呢？我們和老師共同分析其中的過程與結構，並經由教授的指正後提出紙蛇旋轉方向的真正原因：

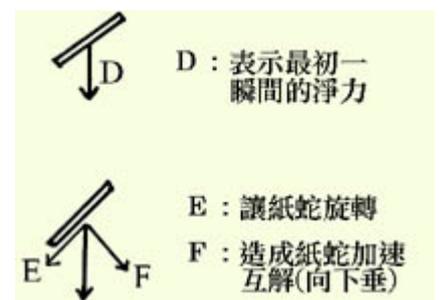
1.隨便選取其中的一小段，這時候是靜止的狀態，所以紙蛇受到的力是平衡的，共有：紙蛇本身的重力、繩子的拉力，而且這兩個力量是一定的，所以紙蛇才會固定不動的停在地。



2.一下子，受到酒精燈的熱空氣向上推，把紙蛇向上吹送，這時候的力量只剩下熱空氣向上吹的力、紙蛇本身的重力，但是紙蛇的重力一定比熱空氣的上昇吹力還要大，因為紙蛇還是要依靠繩子的拉力。



3.在這一瞬間後，重力比熱空氣的吹力還要多上一點，這個力會把紙蛇往下拉，而就是這個向下拉的力量造成了紙蛇有固定方向轉動的原因，因為這個力量可以分成兩個力量，其中的紅線力量會讓紙蛇一直往下往前轉動；而剩下的力量就被繩子的拉力所拉住。



(二)用轆轤來模擬地球上的轉動和移動

(1)靜止的水盆在旋轉轆轤上的變化：

將水盆裝半滿水，放在轆轤的中央，在中央點與水盆邊緣之中間滴上有顏色的水滴（要濃一點，這樣才能夠清楚的看到顏色運動和旋轉的方向，而且原先滴的位置要作上記

號)，轉動轆轤，觀察這個色水的運動和擴散現象，來假設平靜的海洋在轉動地球上所受到的影響和可能的轉動；並且觀察轉動30秒後，色水從原點向外和向內推進了多少距離。

結果

色水在旋轉轆轤中的運動方向記錄表

轆轤呈現逆時針旋轉	轆轤呈現順時針旋轉
黑線代表轆轤的旋轉方向，而紅線代表色水在水盆中的擴散運動方向	
	
往內擴散的色水會變成順時針前進，而向外擴散的色水則會變成逆時針前進。	和左邊的現象正好相反。

結果

色水在旋轉轆轤向內向外擴散的記錄圖。

推論與探討

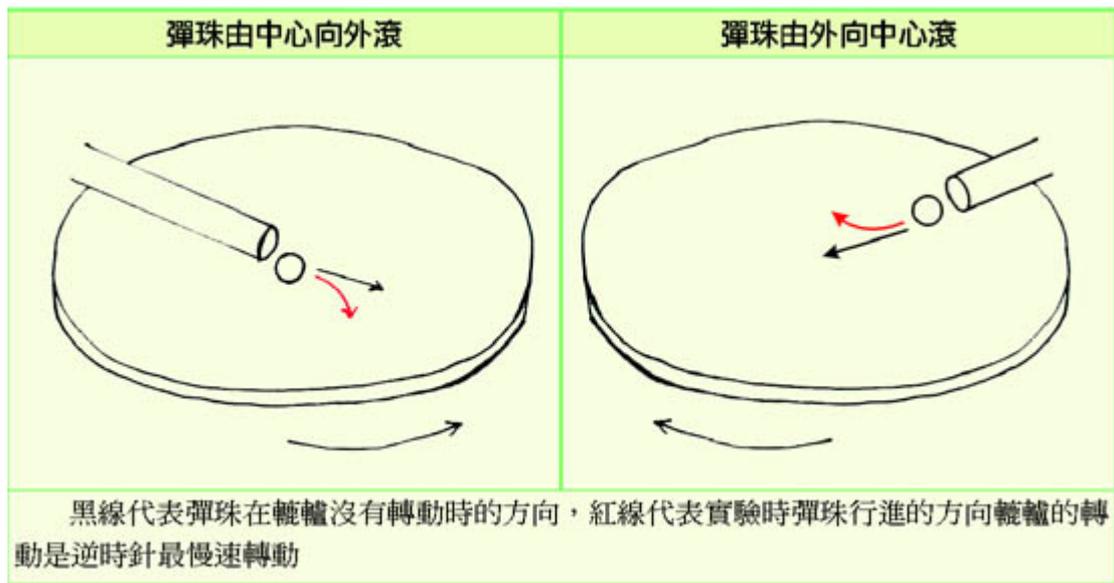
1 如果沒有色水的話，我們保證大家都會認為轆轤怎樣轉動，水盆中的水就會跟著怎樣的轉動，其實不是這樣的，水盆中的水如果以原先記號來看的話，會發現向內擴散的旋轉前進方向正好和整個轆轤的轉動方向相反，而向外擴散的旋轉前進方向就和轆轤的轉動方向一致。

2 綜合這兩個觀察現象(百試不變)，可以模擬出如果地球北半球中緯度的海水，受到北半球轉動是逆時針方向，則可以知道這個地點的海水會以逆時針的方向帶往赤道，同樣的也會以順時針的方向帶往北極(這個現象和科氏力效應有很大的矛盾，正好產生相反的結果)。

(2)用滾動的彈珠在轆轤上滾動：

結果

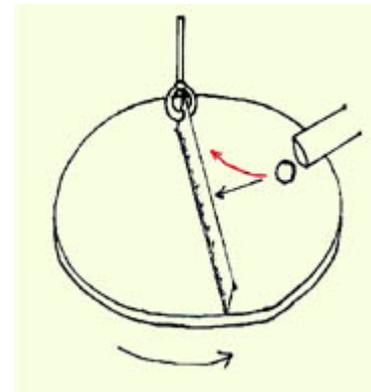
直線滾動的彈珠在旋轉轆轤上的行進方向



實驗設備與步驟

不同地點的彈珠偏移的距離比較

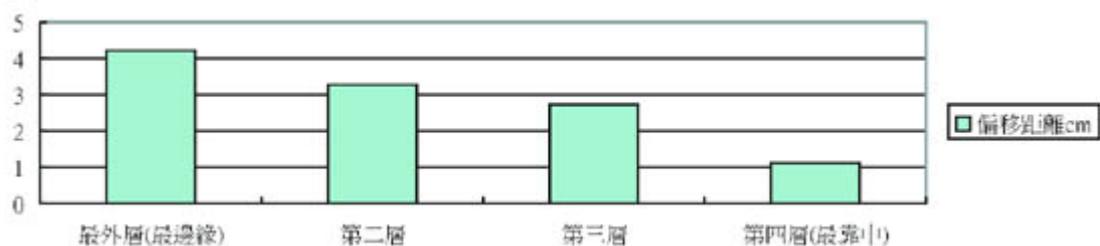
以竹筒來校正彈珠的行進方向，每次施放彈珠要保持一樣的高度，以免有的過快或過慢，以彈珠落點和轆轤中心為標準直線，在落點前五公分擺一根直尺(和標準直線正好垂直)，觀察彈珠滾下時會撞到直尺上的那一點，計算這個點到標準直線的距離(就是偏移距離)：轆轤轉動速度調到最慢、逆時針。



結果

不同地點彈珠偏移距離的記錄表

彈珠落點	最外層(最邊緣)	第二層	第三層	第四層(最靠中)
偏移距離cm	4.2	3.3	2.7	1.1



推論與探討

1 把這個實驗和地球北半球的科氏力現象比較一下，總算可以模擬科氏力的效應和狀況了，從應該呈直線滾動的彈珠來看，結果在逆時針旋轉轆轤上運動的時候都會偏向右邊(如果用順時針來啟動轆轤則會偏向左邊)。

2 愈接近圓心的地方，彈珠偏移的距離就愈小；這個現象就和地球緯度愈大、科氏力的現象愈明顯的地球現象不一致，因為我們是在平面的轉動轆轤上進行實驗，和地球儀的球體不一樣。

3 如果轉動愈快的話，彈珠偏移的距離也就愈遠；這就很符合科氏力的現象。

(三)用轆轤來證明離心力的大小

實驗過程與步驟

左邊的圖就是我們實驗的設計圖，開始的時候先讓單擺停止不動，並且對準實驗規定的位置(轆轤上從外到內共有五條同心圓線，每條線的距離3公分，所以很好量出單擺的法碼距離圓心的距離)，轉動電動轆轤後，等到這個單擺沒有任何不規則的跳動或擺動，觀察單擺偏離原本位置多少距離。

結果

不同位置單擺向外偏移的距離統計表

推論與探討

1 轉動的愈快，單擺法碼向外的距離長度也就愈遠，這個實驗我們只要簡單的用腳踏板慢慢加快轉動速度就可以發現了。

(四)科氏力的好搭檔——佛科擺的實驗證明。

(1)伽利略的單擺原理會不會在轆轤上失效呢？

實驗方法與步驟

1 計算一個單擺(30cm長)的擺動頻率(每分鐘來回擺動幾次)。

2 將這個單擺放在電動轆轤上，法碼對準圓心和邊線的中間(因為對準邊緣線會亂飛，很難計算)，擺動單擺，再開起轉動馬達。

3 計算電動轆轤上擺動的頻率。

4 每個人自己計算每次單擺的擺動頻率。

結果

單擺在不同地方、地方的擺動頻率統計表

法碼距離圓心20cm			
實驗同學	孟辰	以倫	天衡
固定單擺的頻			

率	59	58	58
轆轤上的單擺 頻率	59	59	59

推論與探討

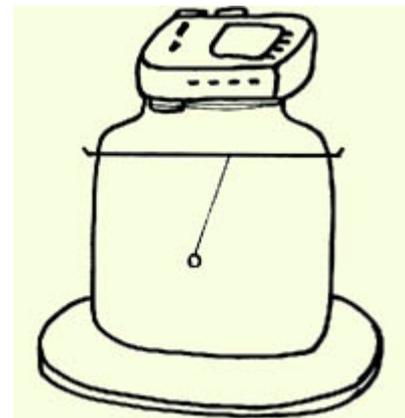
1 我們每個人對一樣的單擺擺動計算練習了好久，可是正式的實驗時還是不太一樣，這就映證了老師說的“只要有實驗、一定有誤差”。

2 很明顯的可以看出，不管轆轤有沒有轉動(電動轆轤最慢的轉速約為一天259200次，而地球也才一天轉一次)，也不管單擺的位置是對準那裏(太外層的話單擺的擺動不太容易觀察，就好像离心力的實驗一樣會偏向外邊)，擺動的頻率都會一樣。

(2)利用轆轤來找出佛科擺的轉動方向

實驗設備與過程

利用攝影機來幫我們錄下整個單擺擺動在電動旋轉轆轤上的過程，然後再另外重新放影觀察單擺的擺動現象，找出單擺每一個停點的先後順序，這樣就可以知道單擺會產生逆時針或順時針的旋轉了；然後再調整不同的旋轉方向，觀察單擺的變化(先擺動單擺，再起動電動轆轤)。



結果

單擺在轉動轆轤上的擺動現象記錄表

轆轤是以順時針轉動	轆轤是以逆時針轉動
<p>當轆轤是順時針轉動時，單擺擺動的停點會以逆時針方向一直前進；比較地球轉動的話，也就是逆時針旋轉的北半球，會出現順時針旋轉運動的佛科擺，而南半球的旋轉方向正好都和北半球相反；所以右上圖可以代表北半球的現象。</p>	

(3)利用轆轤的不同位置來研究佛科擺的擺動週期。

實驗設備與過程

- 1 利用上一個實驗的設備和裝置。
- 2 單擺擺長調整為10cm，法碼對準實驗設計要求的位置。
- 3 先擺動單擺（對準基準線），起動攝影機。
- 4 轉動電動轆轤，觀察攝影機下的單擺要擺動幾次，停點（每次擺動的最外一點，從側面看是最高的一點）才會繞一圈。

結果

不同位置佛科擺轉動一圈停點的統計表

電動轆轤以逆時針旋轉、最低轉速			
法碼到圓心的距離	20cm	10cm	0cm
擺動一圈須要多少停點數目	4.7	6.7	8.3

推論與探討

- 1 佛科擺愈靠近圓心，它所需要的停點反而比較多才能環繞一圈。
- 2 這個現象又和地球上的佛科擺停點繞一圈的時間長短正好相反，我們把原因認為是平面轆轤和立體球體的差別。

伍：結論

(一)其實研究紙蛇、竹蜻蜓或風扇葉片轉動方向最簡單的方法，就是觀察哪一個地方最靠近受風面，受風面會撲向風來的風向，這樣就可以很簡單地找出旋轉方向，這個實驗也證明了一點，就是科氏力無法影響紙蛇的轉動方向(紙蛇轉動的方向決定在紙蛇本身的設計方式)，根據資料顯示要像颱風這麼大的旋轉物體才會產生科氏力的現象。

(二)轉動轆轤上的現象有兩種，一種是研究靜止的物體，會發現到跟著轆轤轉動，但是外層的旋轉方向會和轆轤本身的旋轉方向一致，而內層則會有相反的旋轉方向；而另外一種是討論移動中的物體，發現到和科氏力的現象一模一樣，在逆時針旋轉的轆轤上會呈現右偏的方向，在順時針旋轉的轆轤上就出現了左偏的現象；這可以證明地球上的科氏力現象。

(三)電動轆轤能夠讓我們發現離心力的大小，而且很容易測量，根據我們的實驗，愈靠近外層的地方所產生的離心力也就愈大，相反的，如果靠近內側，則會有較小的離心力，哪如

果在圓心的地方；則單擺的法碼也不會離開原點，因此圓心的地方並無離心力的現象。

(四)單擺再轉動的轆轤或地球上就會出現佛科擺的現象；我們這方面的實驗有三個結果：

- 1.單擺擺動的頻率(每分鐘擺動幾次)在每個地方(不管距離圓心裡層或外層)都是一樣的。
- 2.佛科擺除了本身的擺動之外，在旋轉的轆轤上也會產生停點的位置變化，而這些位置變化和轆轤轉動的方向有很大的關係，順時針轉動的轆轤會出現單擺停點的逆時針轉動；而對照地球上來看，北半球的逆時針轉動正好會形成佛科擺的停點順時針轉動變化。
- 3.佛科擺停點轉動一圈的擺動次數，在旋轉轆轤上來看，愈靠近外層轉圈運動非常的快，靠近裡層就需要多擺動幾次才會回到原來的的位置；但這個現象必須要先擺動單擺才會發現，而且和地球上佛科擺與緯度不同所產生的現象正好相反。

陸：參考文獻

- (一)老師幫我們從網路上找到的科氏力資料(已經翻譯、裝訂好的資料冊)。
- (二)國小三年級上學期的自然課本和習作(空氣的流動)。
- (三)愛智圖書所出版的四季圖書小百科(冬季篇150頁的風從哪裡來)。
- (四)世一書局出版的新編世界偉人傳記(第七冊伽利略)。
- (五)中華兒童百科全書第八冊2774頁的伽利略。

評語

以日常生活易得之器材，說明科氏力之存在，模擬佛科擺之擺動實驗，讓人瞭解地球之自轉存在。作者對主題亦有深入瞭解，實驗設計新穎。