中華民國第55屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組　物理科

080116

筆來就轉

學校名稱：臺北市私立靜心國民中小學(小學部）

作者：	指導老師：
小六 蘇祐瑩	謝智偉
小六 郭兆佳	蔡垂其
小六 田向妍	
小六 陳羚葳	
小六 王塘介	
小六 程煒智	

關鍵詞：轉筆、槓桿原理、手勢

摘　　要

用手指當作支點，利用槓桿原理和相關物理原理，將筆桿在五指之間的空隙來回轉動，做出如行雲流水般的技巧，這就是「轉筆」。轉動筆桿跟握筆手勢與施力位置有相關，要成功的轉動筆桿而不是彈飛掉落，須符合 3 個條件：**1.筆桿長度需適當（＞12.0cm）；2.筆桿重量不能過輕(＞8.0gw)；3.要掌握注重心調整支點位置。**而我們也發現：1.筆桿越長，轉動越順(以 15.0~25.0cm 最佳)；2.筆桿兩端平均增加重量，轉動越容易成功；3.直徑 1.0 公分的筆桿最好轉動；4.螢光筆最容易轉出各種技巧；5.有蓋的筆，須將蓋子移到另一端，增加長度與平衡重量才好轉動；6.大部分的筆都適合正轉與迴旋；7.按壓筆會因為筆夾影響反轉及彈筆，要注意拿筆的方向，才能順利轉筆。

壹、研究動機

每次考試的時候，只要考試時間充裕，就看到有人會利用手中的筆開始不停的轉動，還可以變化不同的手勢，轉出不一樣的技巧；而且我們更觀察到不是每個人的轉筆手勢都相同，甚至有人連轉筆都不會，讓我們感到相當的好奇，這到底是怎麼一回事呢？每個人都能夠轉筆嗎？還是這跟「特技」一樣，是極少數的人才會？有什麼樣的關鍵條件要掌握？於是我們利用所學（六下翰林版「槓桿原理」），想探討「轉筆有哪些手勢技巧與關鍵條件」、「怎樣才能快速學會轉筆」。

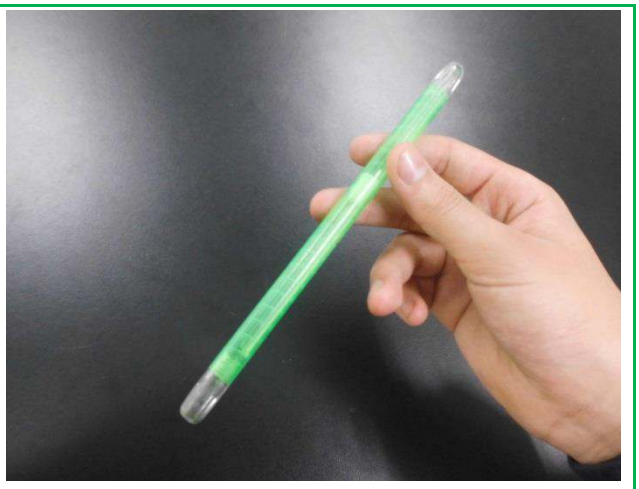
貳、名詞解釋

一、**轉筆(pen spinning)**：是一項用不同的方法與技巧，以手指來轉動筆的休閒活動。可由多個不同的招式組合而成，而轉筆動作即是各種操控筆的方法。

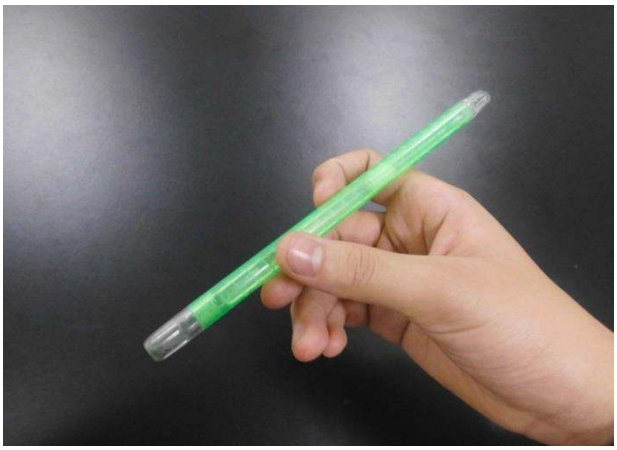
二、**轉筆專用筆**：由於一般的筆重量和長度無法滿足難度較高的招式，在轉筆界中，絕大多數的轉筆者都不是使用一般書寫的筆，而是使用改造過的筆。

三、**基本技巧**：

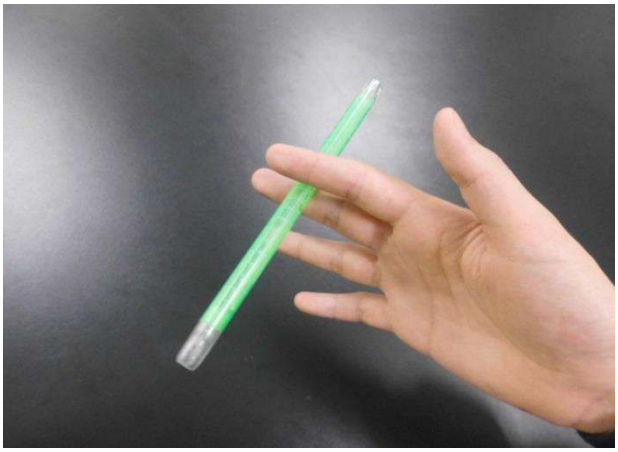
(一)正轉(Normal)：把筆放在大拇指、食指、中指與無名指之間，以拇指為軸心，中指推筆，逆時鐘旋轉。



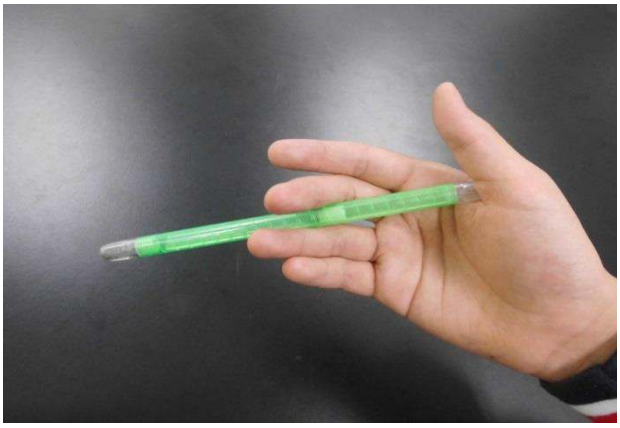
(二)反轉(Reverse)：把筆放在大拇指、食指與中指之間，以拇指為軸心，食指推筆，順時鐘旋轉。



(三)迴旋(Charge)：把筆夾在食指與中指之間，以兩指不停轉動，讓筆順時鐘旋轉。



(四)彈筆(Sonic)：將筆夾在中指和無名指，以大拇指虎口處輕輕抵住，中指向下施力讓筆順時鐘旋轉，把筆飛快轉到食指與中指之間。



參、研究目的

想研究出如何將手中的筆順利轉動，所以列了下列兩研究目的與相關的問題進行探究：

目的一：探討轉筆有哪些手勢技巧與關鍵條件？

問題一：轉筆有哪些不同的手勢？

問題二：握筆位置與轉動有關嗎？

問題三：筆桿長度對於轉動成功的影響？

問題四：筆桿重量對於轉動成功的影響？

問題五：筆桿直徑對於轉動成功的影響？

問題六：找出最適合轉筆的筆桿條件？

目的二：探討怎樣才能快速地學會轉筆？

問題七：握筆位置、施力點與轉速，對正轉成功的影響？

問題八：握筆位置、施力點與轉速，對反轉成功的影響？

問題九：握筆位置、施力點與轉速，對迴旋成功的影響？

問題十：握筆位置、施力點與轉速，對彈筆成功的影響？

問題十一：探討如何才能轉動各種不同類別的筆？

肆、研究設備及器材

各種廢筆	轉速計 1 個	數位相機 1 台	相機腳架 1 個	電子游標尺
寬度 0.7 mm 塑膠管	寬度 1.0mm 塑膠管	寬度 1.2 mm 塑膠管	寬度 1.5mm 塑膠管	轉筆專用筆
彩色原點貼紙	黑色油性筆 1 支	反光條貼紙 1 包	實心塑膠管	玻璃纖維桿

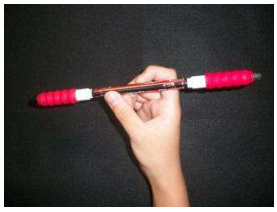
伍、研究過程與結果

目的一：探討轉筆有哪些手勢技巧與關鍵條件？

問題一：轉筆有哪些不同的手勢？

一、研究過程：嘗試用手轉動幾種最常見的轉筆方式，並用相機記錄下握筆方式與轉法。

二、研究結果：符合轉筆基本定義的手勢共可分為「正轉」、「反轉」、「迴旋」、「彈筆」4 種，分別敘述如下：

手勢名稱	正　轉	反　轉	迴　旋	彈　筆
說明	把筆放在大拇指、食指、中指與無名指之間，**以拇指為軸心，中指推筆，逆時鐘旋轉。**	把筆放在大拇指、食指與中指之間，以拇指為軸心，**食指推筆，順時鐘旋轉。**	把**筆夾在食指與中指之間**，以兩指不停轉動，讓筆順時鐘旋轉。	將**筆夾在中指和無名指，以大拇指虎口處輕輕抵住**，中指向下施力讓筆順時鐘旋轉，把筆飛快轉到食指與中指之間。
俯視面				
正面				
背面				

問題二：握筆位置與轉動有關嗎？

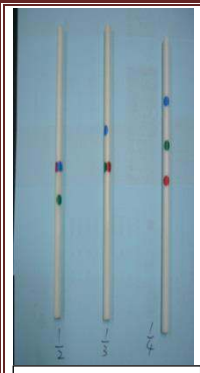
一、研究想法：

在嘗試用手轉筆時，有時會成功將筆桿轉動，有時失敗，甚至筆彈飛出去，而有些人同樣擺出一樣的手勢，卻怎麼轉也無法成功將筆轉動，讓我們很好奇這是否跟「特技」一樣，跟筆桿長度，施力點與握筆位置有關，是極少數的人才會的技能。於是我們設計實驗，利用與筆桿相同直徑的塑膠桿，用三色(藍、綠、紅)圓點貼紙，紅色表示重心位置(支點)，藍色表示握筆位置、綠色表示施力點，看是否能成功完成四種轉筆手勢，如果能，就證明能轉動筆桿跟握筆位置、施力點的位置有關。

二、研究過程：

1.將兩種不同重量，直徑相同的塑膠管，分別切出 25、20、15cm 三種長度，將三色圓點用膠帶黏住固定，使轉動測試時不容易脫落。

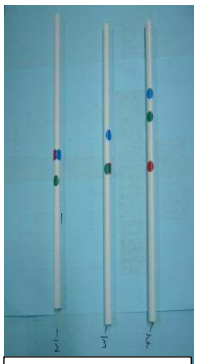
2.分別擺出 4 種不同的轉筆手勢，改變不同握筆位置，分別為長度的 1/2、1/3、1/4 位置，調整握筆的位置與施力點，轉動 50 次，三重複計算轉筆平均成功機率。



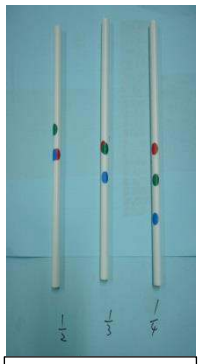
正轉 25cm(玻)

正轉 20cm(玻)

正轉 15cm(玻)



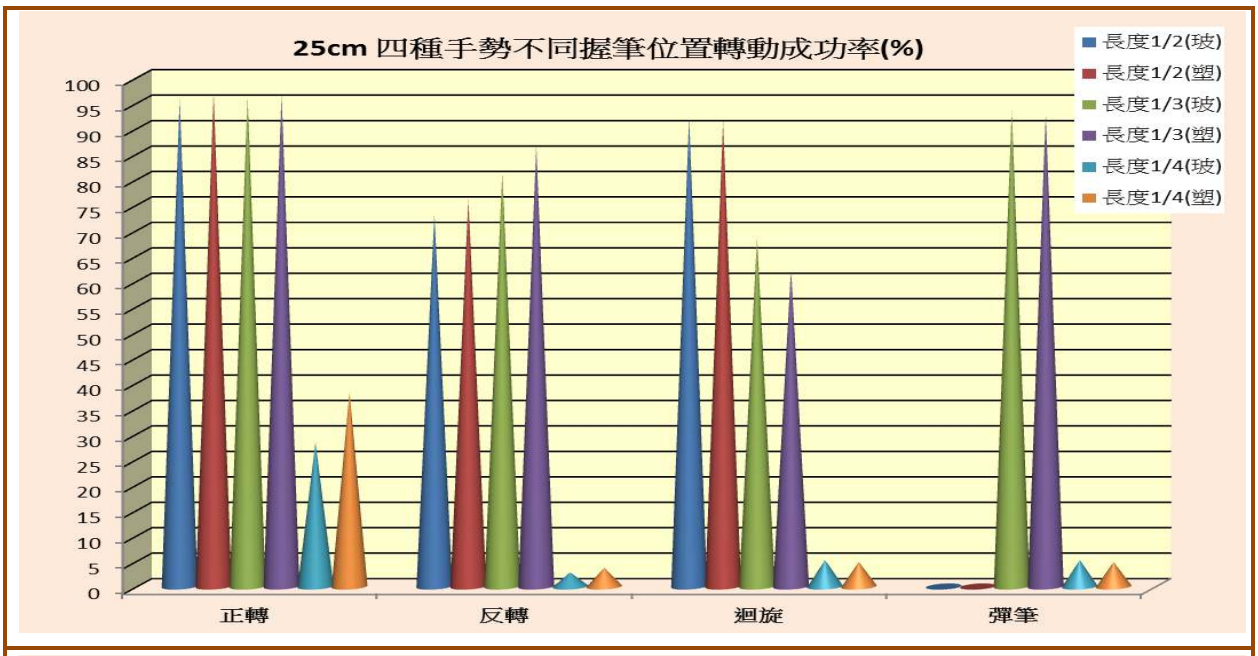
正轉 25cm(塑)

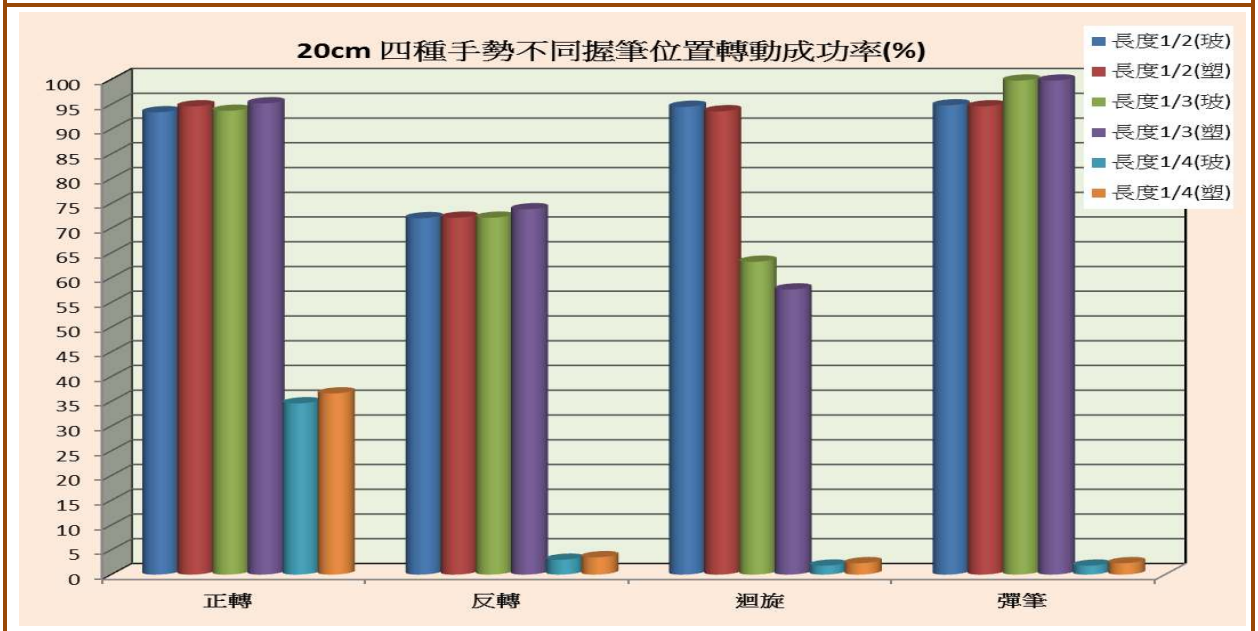


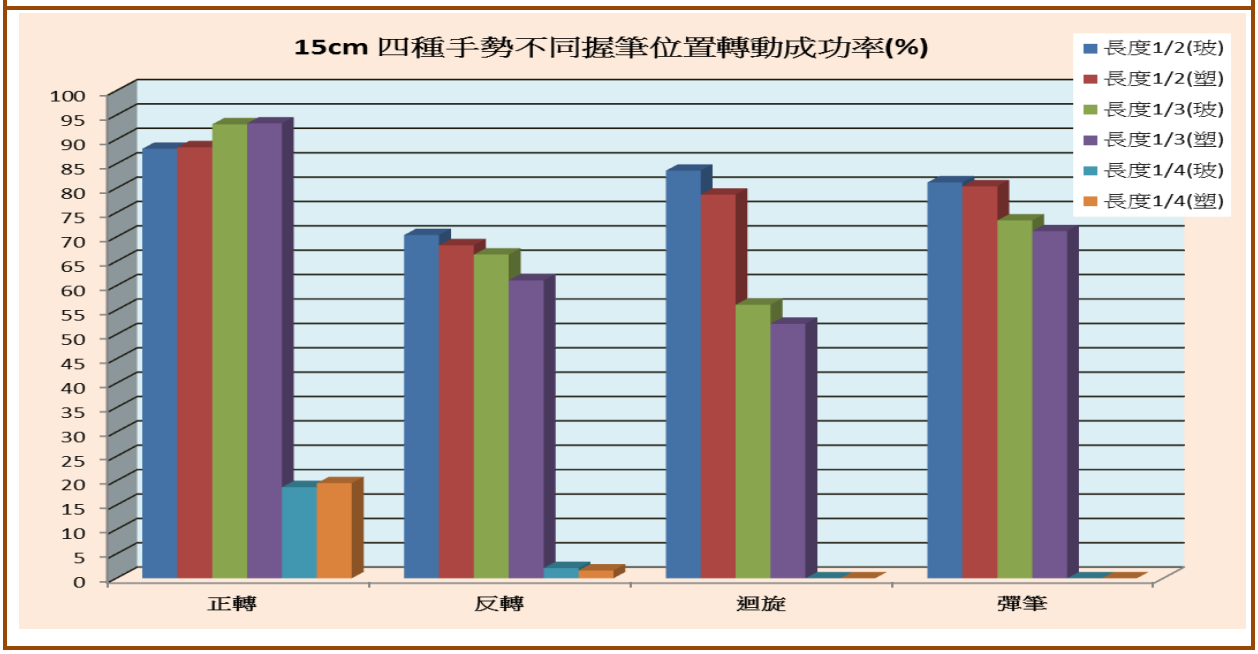
正轉 20cm(塑)

正轉 15cm(塑)

成功率(%) 握筆位置	25cm 正轉(玻)	25cm 反轉	25cm 迴旋	25cm 彈筆	25cm 正轉(塑)	25cm 反轉	25cm 迴旋	25cm 彈筆
長度 1/2	95.8	73.1	92.2	0	97.0	76.1	91.4	0
長度 1/3	96.3	81.4	68.5	93.6	96.6	86.5	62.3	92.8
長度 1/4	28.4	2.8	5.2	5.2	38.2	3.7	4.8	4.8
成功率(%) 握筆位置	20cm 正轉(玻)	20cm 反轉	20cm 迴旋	20cm 彈筆	20cm 正轉(塑)	20cm 反轉	20cm 迴旋	20cm 彈筆
長度 1/2	93.4	72.0	94.5	94.8	94.6	72.1	93.6	94.6
長度 1/3	93.7	72.1	63.2	99.8	95.2	73.8	57.6	99.8
長度 1/4	34.6	3.0	1.8	1.8	36.3	3.5	2.3	2.3
成功率(%) 握筆位置	15cm 正轉(玻)	15cm 反轉	15cm 迴旋	15cm 彈筆	15cm 正轉(塑)	15cm 反轉	15cm 迴旋	15cm 彈筆
長度 1/2	88.1	70.4	83.6	81.2	88.4	68.3	78.7	80.4
長度 1/3	93.1	66.4	56.1	73.4	93.3	61.1	52.2	71.2
長度 1/4	18.7	2.1	0	0	19.5	1.6	0	0


25cm 四種手勢不同握筆位置轉動成功率(%)
長度1/2(玻)
長度1/2(塑)
長度1/3(玻)
長度1/3(塑)
長度1/4(玻)
長度1/4(塑)
100
95
90
85
80
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
正轉
反轉
迴旋
彈筆

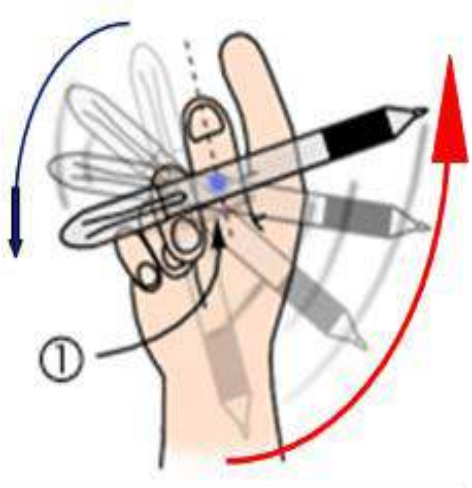

20cm 四種手勢不同握筆位置轉動成功率(%)
長度1/2(玻)
長度1/2(塑)
長度1/3(玻)
長度1/3(塑)
長度1/4(玻)
長度1/4(塑)
100
95
90
85
80
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
正轉
反轉
迴旋
彈筆


15cm 四種手勢不同握筆位置轉動成功率(%)
長度1/2(玻)
長度1/2(塑)
長度1/3(玻)
長度1/3(塑)
長度1/4(玻)
長度1/4(塑)
100
95
90
85
80
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
正轉
反轉
迴旋
彈筆

三、研究結果：

1.正轉以 1/3 握筆位置；反轉為 1/2 握筆位置，成功率最高；可見能成功轉筆跟握筆位置有關。

2.正轉和反轉最好的握筆位置，在筆桿的 1/2~1/3 處為最佳，長度不會影響轉動的成功率，只有在握筆位置旁的中指(正轉)與食指(反轉)施力，筆桿才會順利轉動，而其他手指則會失敗。



3.迴旋最好的握筆位置在中間重心部位(1/2)為支點處。

4.彈筆最好位置，以無名指在筆桿 1/3 處為支點，中指向下施力成功率最高，15cm 短桿以 1/2 處為支點最佳。

問題三：筆桿長度對於轉動成功的影響？

一、研究想法：

由問題二我們研究出只有支點握在筆桿 1/2~1/3 處的位置，可以順利利用手指施力讓筆桿轉動，完成四種轉動的技巧，並感覺到筆桿長度似乎會造成轉動上的影響。而在開始的長度設定只有 25、20、15cm 三種 ，所以我們想研究到底在多少範圍長度區間的筆桿適合轉筆。因為一般的筆長度約在 15~20cm 之間，我們想利用相同直徑不同長度塑膠管探討這個問題。

二、研究過程：

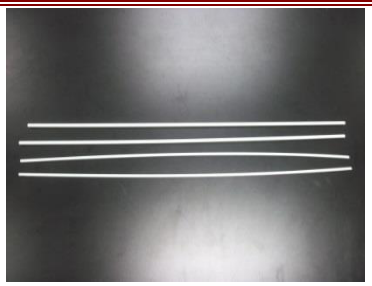
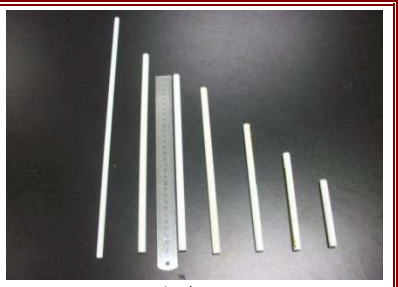
(一)裁切不同長度塑膠桿：

1.先以 100 公分長度的塑膠桿當作基本長度最大值(圖一)。

2.每十公分為基準，分別裁切出 90、80、70、60、50 公分長度的塑膠桿。

3.再以 50 公分為基本長度，每五公分為基準，分別裁切出 45、40、35、30、25、20、15、10 公分長度的塑膠桿(圖二、圖三)。

4.依照不同的長度以四種轉筆手勢進行測試，找出最適合的長度區間。

		
圖一	圖二	圖三

(二)實驗過程：

1.將 100~50 公分長的塑膠桿，分別以四種手勢轉動十次，並且以三重複測試。

2.同上述 1.，將 45~100 公分長的塑膠桿，分別以四種手勢轉動十次，並且以三重複測試。

三、研究結果：

1.將實驗結果整理如下：(○：能快速轉動；△：能緩慢轉動 ； X：不能轉動)

塑膠桿長度 / 轉動手勢	100 cm	90 cm	80 cm	70 cm	60 cm	50 cm	45 cm	40 cm	35 cm	30 cm	25 cm	20 cm	15 cm	10 cm
正轉	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	X
反轉	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○	X
迴旋	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○
彈筆	X	X	X	X	X	X	X	X	△	△	○	○	○	○

2.由上表可知只有塑膠桿長度在 25~15 公分之間，才能順利完成各種轉筆手勢。

3.長度超過 40 公分以上；雖然可以轉動，但是必須施以較大的力氣；而且轉動的速度也較緩慢，反轉時失敗的機會較高，速度也是很緩慢。可見長度會影響正轉與反轉的轉動。

4.迴旋雖然不受到長度的限制，但是轉動的速度有很大的差異，要順利轉動以 30~10cm 均可。

5.彈筆受長度影響最大，35cm 以上的長度均無法完成，35cm 以下長度則以 25~10cm 區間最為順利轉動筆桿。

問題四：筆桿重量對於轉動成功的影響？

一、研究想法：

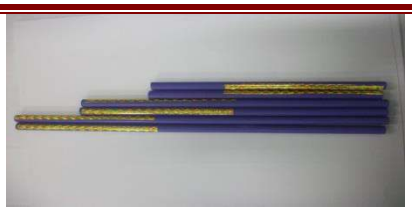
由問題二與問題三我們已經找出轉筆的最佳支點位置在筆桿的 1/2~1/3 處，筆桿長度在 25~15 公分為最佳，想知道同樣的直徑、同一個長度、同樣的支點與施力位置，在不同重量的筆桿，是否也會影響到轉筆的成功率？我們發現問題三的長度和重量關係成正比，想找相同長度不同重量對於轉比手勢的影響為何？

二、研究過程：

(一)切割相同長度重量不同的塑膠管：

1.根據上述結果切割直徑為 1.0 公分和 0.8 公分，長度 25、20、15 公分的塑膠管(圖四和圖五)。

2.分別測出塑膠桿重量後(圖六)，以四種轉筆手勢測試成功率。

		
圖四	圖五	圖六

(二)實驗過程：

1.固定直徑大小(直徑 1.0 公分)，分別測試不同長度(25、20、15 公分)四種手勢轉動五十次，並且以三重複測試，轉動成功率。

2.固定直徑大小(直徑 0.8 公分)，分別測試不同長度(25、20、15 公分)四種手勢轉動五十次，並且以三重複測試，轉動成功率

三、研究結果：

1. 塑膠管直徑 1.0 公分，重量除以長度比值

不同材質 長度	黑色塑膠管	紅色塑膠管	白色塑膠管	玻璃纖維管	實心塑膠管
25 公分	0.432 (10.80g)	0.533 (13.33g)	0.578 (14.46g)	0.981 (24.52g)	0.801(20.22g)
20 公分	0.430 (8.60g)	0.531 (10.61g)	0.585 (11.70g)	0.945 (18.71g)	0.805(16.11g)
15 公分	0.431 (6.56g)	0.537 (8.09g)	0.584 (8.76g)	0.955 (14.32g)	0.806(12.09g)

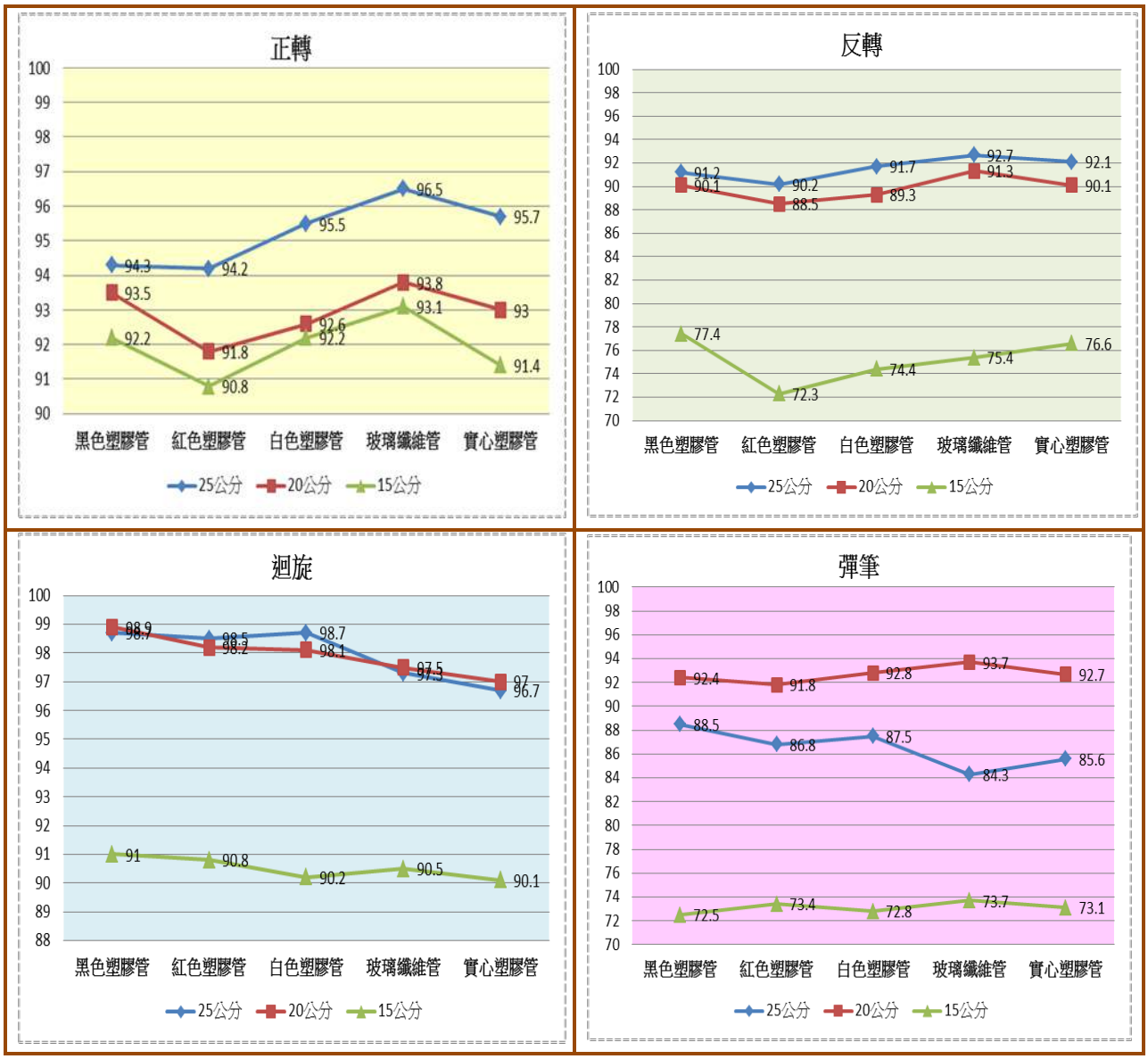
2. 塑膠管直徑 0.8 公分，重量在 4.45g~16.42g 間，結果重量除長度比值也為均值，差異不大。

3. 直徑 1.0 公分在不同長度四種手勢轉筆成功率 **(%)**

正轉 長度	黑色塑膠管	紅色塑膠管	白色塑膠管	玻璃纖維管	實心塑膠管
25 公分	94.3	94.2	95.5	96.5	95.7
20 公分	93.5	91.8	92.6	93.8	93.0
15 公分	92.2	90.8	92.2	93.1	91.4
反轉 長度	**黑色塑膠管**	**紅色塑膠管**	**白色塑膠管**	**玻璃纖維管**	**實心塑膠管**
25 公分	91.2	90.2	91.7	92.7	92.1
20 公分	90.1	88.5	89.3	91.3	90.1
15 公分	77.4	72.3	74.4	75.4	76.6
迴旋 長度	**黑色塑膠管**	**紅色塑膠管**	**白色塑膠管**	**玻璃纖維管**	**實心塑膠管**
25 公分	98.7	98.5	98.7	97.3	96.7
20 公分	98.9	98.2	98.1	97.5	97.0
15 公分	91.0	90.8	90.2	90.5	90.1

彈筆 長度	黑色塑膠管	紅色塑膠管	白色塑膠管	玻璃纖維管	實心塑膠管
25 公分	88.5	86.8	87.5	84.3	85.6
20 公分	92.4	91.8	92.8	93.7	92.7
15 公分	72.5	73.4	72.8	73.7	73.1

直徑 1.0 公分，以長度 20 公分，重量最重的玻璃纖維管成功率最高。



4. 直徑 0.8 公分在不同長度四種手勢轉筆成功率**(%)**

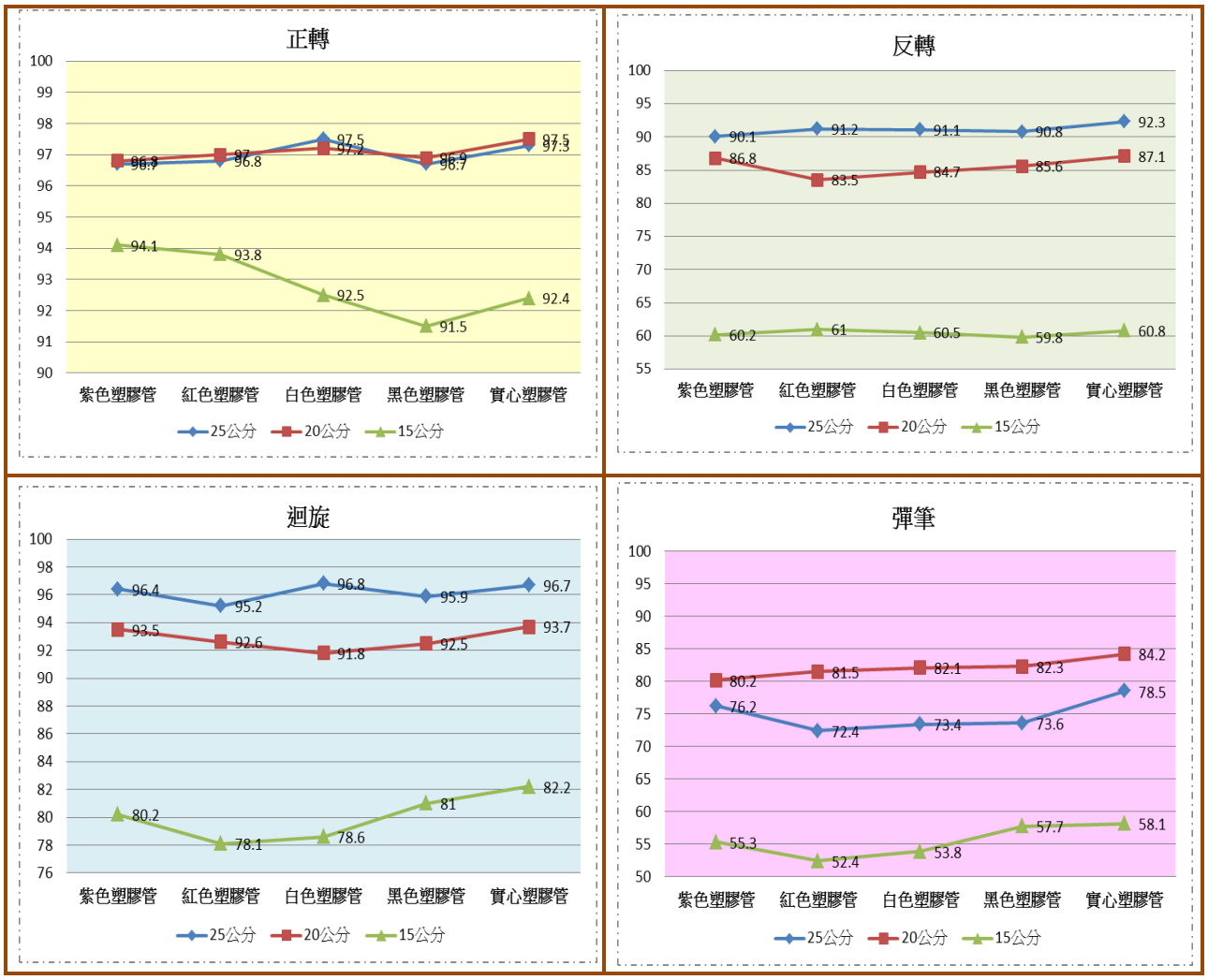
正轉 長度	紫色塑膠管	紅色塑膠管	白色塑膠管	黑色塑膠管	實心塑膠管
25 公分	96.7	96.8	97.5	96.7	97.3
20 公分	96.8	97.0	97.2	96.9	97.5
15 公分	94.1	93.8	92.5	91.5	92.4

反轉 長度	紫色塑膠管	紅色塑膠管	白色塑膠管	黑色塑膠管	實心塑膠管
25 公分	90.1	91.2	91.1	90.8	92.3
20 公分	86.8	83.5	84.7	85.6	87.1
15 公分	60.2	61.0	60.5	59.8	60.8

迴旋 長度	紫色塑膠管	紅色塑膠管	白色塑膠管	黑色塑膠管	實心塑膠管
25 公分	96.4	95.2	96.8	95.9	96.7
20 公分	93.5	92.6	91.8	92.5	93.7
15 公分	80.2	78.1	78.6	81.0	82.2

彈筆 長度	紫色塑膠管	紅色塑膠管	白色塑膠管	黑色塑膠管	實心塑膠管
25 公分	76.2	72.4	73.4	73.6	78.5
20 公分	80.2	81.5	82.1	82.3	84.2
15 公分	55.3	52.4	53.8	57.7	58.1

直徑 0.8 公分，以長度 20 公分，重量最重的實心塑膠管成功率最高



問題五：筆桿直徑對於轉動成功的影響？

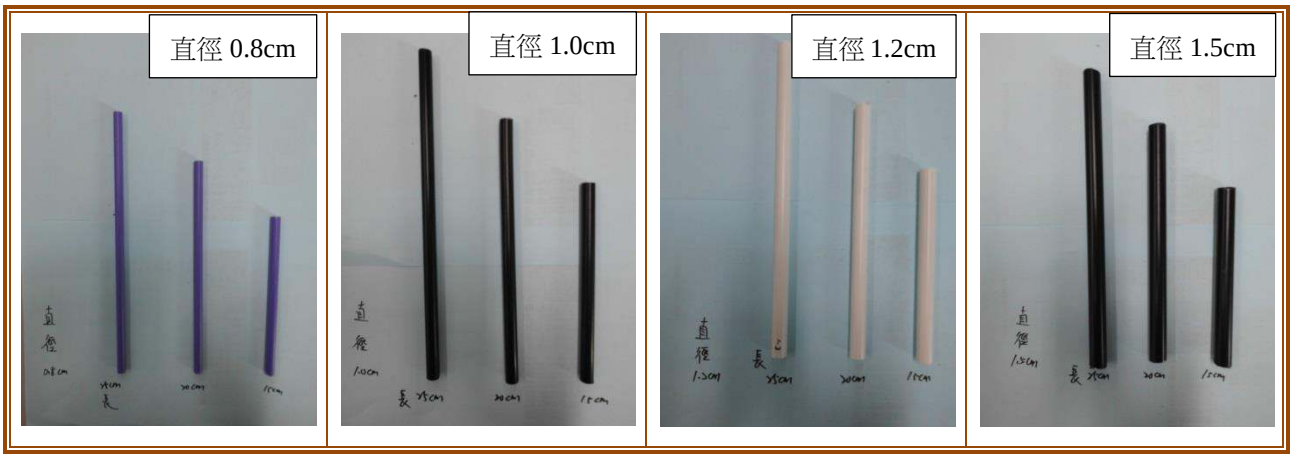
一、研究想法：

由問題二到四，我們探討出握筆位置(支點)、筆桿長度與筆桿重量對於轉筆手勢的相關條件，接著我們重複測試找出最適合的支點位置、筆桿長度與筆桿重量。我們學過槓桿原理中的基本條件：施力點、支點、抗力點及施力臂、抗力臂之間的關係，在做天秤實驗時，若一方重量與位置不平衡，槓桿就會傾斜，此原理的延伸就是滑輪與輪軸的轉動，省力與費力的應用；而我們也發現到市面上販售的各種筆，筆桿大小並都不是統一規格，讓我們想更近一步知道不同直徑是否也會影響到轉筆的成功率？

二、研究過程：

1.以相同材質不同直徑的塑膠管(0.8、1.0、1.2、1.5cm)，分別切割成長度 25、20、15 公分。

2.再以四種手勢轉動五十次，並且以三重複測試，轉動成功率。

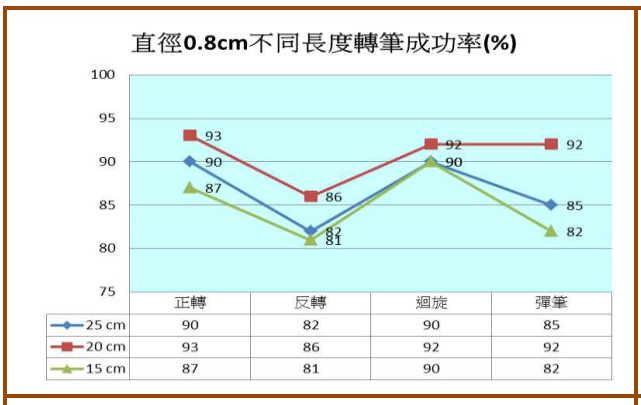


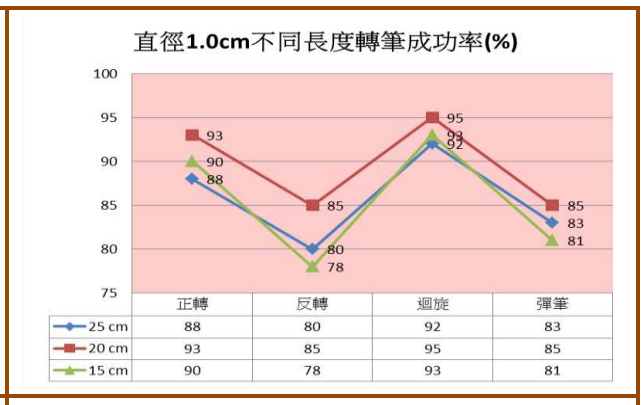
三、研究結果：

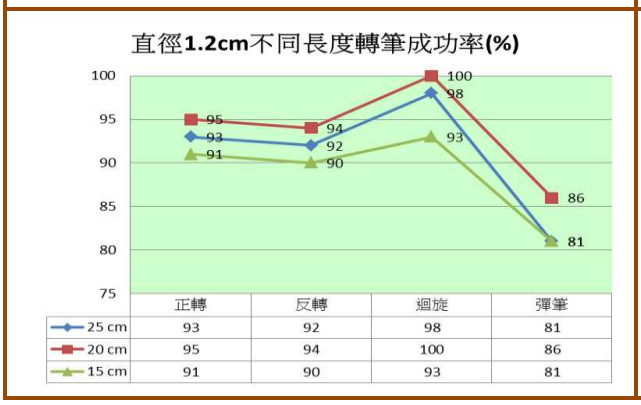
不同直徑在各種長度的轉筆成功率(%)

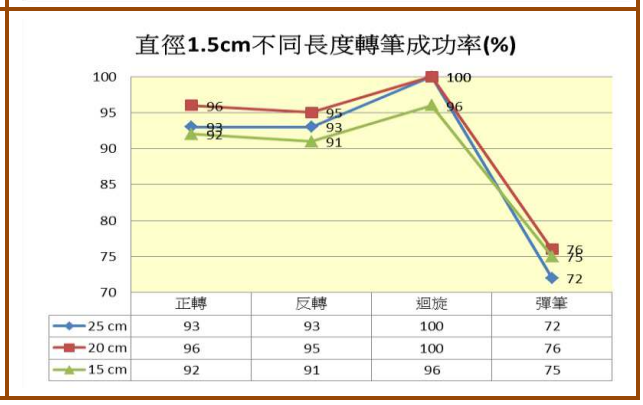
不同直徑與長度 / 轉動手勢	直徑 0.8 公分			直徑 1.0 公分			直徑 1.2 公分			直徑 1.5 公分		
	25 cm	20 cm	15 cm	25 cm	20 cm	15 cm	25 cm	20 cm	15 cm	25 cm	20 cm	15 cm
正轉	90	93	87	88	93	90	93	95	91	93	96	92
反轉	82	86	81	80	85	78	92	94	90	93	95	91
迴旋	90	92	90	92	95	93	98	100	93	100	100	96
彈筆	85	92	82	83	85	81	81	86	81	72	76	75

結果顯示直徑越寬迴旋的成功率越高，正、反轉成功率也較高；但不易彈筆。









問題六：找出最適合轉筆的筆桿條件？

一、研究過程：

我們將問題一到五所做出來的結果進行分析，從轉筆的：

1.起手勢、2.握筆位置與施力點、3.筆桿長度、4.筆桿重量、5.筆桿寬度進行交叉比對分析，希望能藉此找出適合轉筆的筆桿所具有的基本條件，探討怎樣才能快速地學會轉筆。

二、研究結果：

轉動條件 / 手勢	握筆位置	圖示照片	筆桿長度	筆桿重量	筆桿直徑	最佳結果
正轉	筆桿 1/2		15~35cm	約 8~30g	0.8~1.5cm	(1)長 20cm (2)重量 15~25g (3)直徑 1.0cm
	筆桿 1/3		15~35cm	約 8~30g	0.8~1.5cm	
反轉	筆桿 1/2		15~30cm	約 8~28g	0.8~1.5cm	(1)長 20cm (2)重量 15~25g (3)直徑 1.0cm
	筆桿 1/3		15~30cm	約 8~28g	0.8~1.5cm	

迴旋	中間支點		10~30cm	約 6~28g	0.8~1.5cm	(1)長 30cm (2)重量 15~25g (3)直徑 1.5cm
	1/3 筆桿		10~30cm	約 6~28g	0.8~1.5cm	
彈筆	中間支點		10~25cm	約 7~22g	0.8~1.5cm	(1)長 20cm (2)重量 15~25g (3)直徑 1.0~1.5cm
	1/3 筆桿		10~25cm	約 7~22g	0.8~1.5cm	

由表格分析可以知道，握筆位置在筆桿 1/2~1/3，長度 20 公分，重量 20 克左右，筆桿直徑 1.0 公分為最佳的轉筆筆桿條件，轉筆成功機率最高。

目的二：探討怎樣才能快速地學會轉筆？

問題七：握筆位置、施力點與轉速，對正轉成功的影響？

一、研究過程

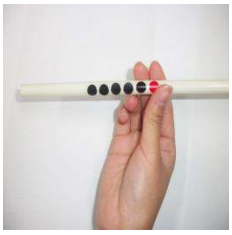
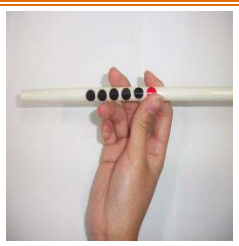
1. 問題二我們已經找出以筆桿長度 1/2~1/3 處為支點，為最好的握筆位置，所以我們想更進一步探討施力點位置與轉動成功的關係？
2. 在槓桿原理中我們都知道施力點越接近支點越費力，反之施力點閱遠離支點越省力，所以我們設定出不同施力點位置，分別為距離支點 1cm、2cm、3cm、4cm、5cm (黑色原點貼紙)來測試，並且測量起手勢筆桿與握筆之間夾角。
3. 利用轉速計測出轉動成功所需要的速度區間，找出施力位置與轉動速度間的關係。

二、研究結果：

1.正轉：正確握筆位置與角度

 ○正確（ ≥90 度 均可成功轉動)	 ╳錯誤（ ＜45 度 轉動失敗，無法施力)

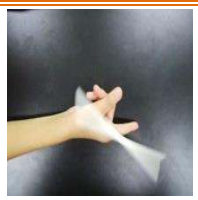
2.施力點位置與轉速【單位 **圈/秒(r/sec)** 】

 距離支點 1cm	 距離支點 2cm	 距離支點 3cm	 距離支點 4cm (需中指施力)	 距離支點 5cm (需中指施力)
平均轉速 4.1	平均轉速 5.3	平均轉速 6.6	平均轉速 7.8	平均轉速 9.3
施力點太靠近支點，不好施力	**順利轉動** **最好施力**	順利轉動 要小心控制	施力點遠離支點 筆桿彈飛	無法控制施力 筆桿彈飛

3.成功正轉連續照片**(圖 1→圖 18)**

 圖 1→→	 **圖 2**	 **圖 3**	 **圖 4**	 **圖 5**	 **圖 6**
 圖 7→→	 **圖 8**	 **圖 9**	 **圖 10**	 **圖 11**	 **圖 12**
 圖 13→→	 **圖 14**	 **圖 15**	 **圖 16**	 **圖 17**	 **圖 18**

4.轉速過高與握筆位置錯誤正轉失敗照片(圖 1→圖 6)

					
圖 1→	圖 2	圖 3	圖 4	圖 5	圖 6

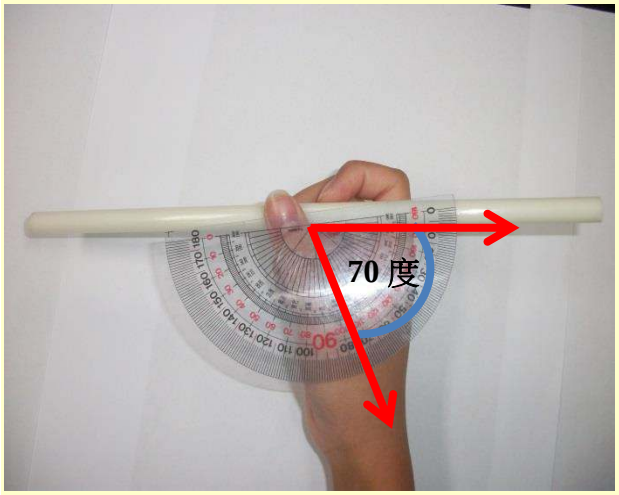
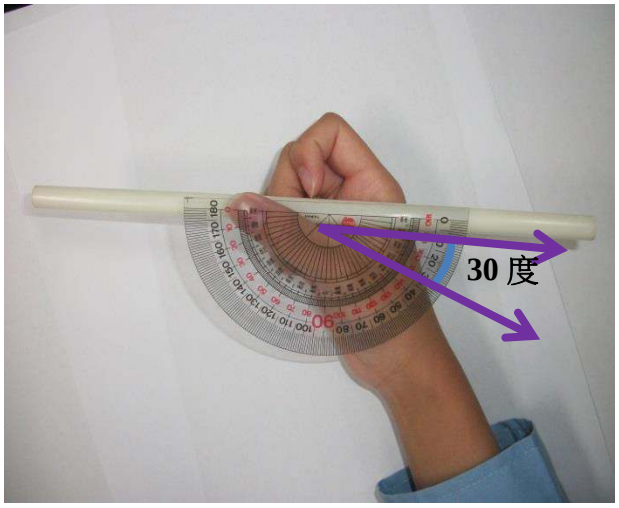
問題八：握筆位置、施力點與轉速，對反轉成功的影響？

一、研究過程：

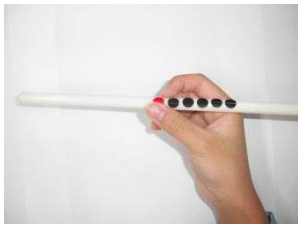
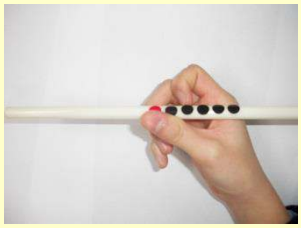
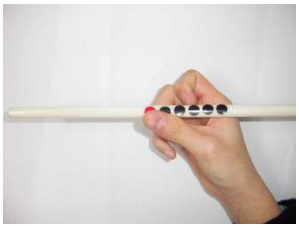
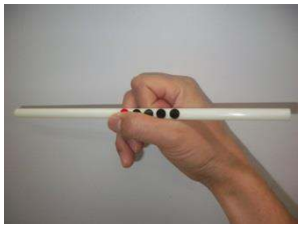
1. 問題二我們已經找出以筆桿長度 1/3 處為支點，為反轉最佳的握筆位置，所以我們想更進一步探討施力點位置與轉動成功的關係？
2. 在槓桿原理中我們都知道施力點越接近支點越費力，反之施力點閱遠離支點越省力，所以我們設定出不同施力點位置，分別為距離支點 1cm、2cm、3cm、4cm、(黑色原點貼紙)來測試，並且測量起手勢筆桿與握筆之間夾角。
3. 利用轉速計測出轉動成功所需要的速度區間，找出施力位置與轉動速度間的關係。

二、研究結果：

1.反轉：正確握筆位置與角度

	
○正確（55~70 度 均可成功轉動)	╳錯誤（ ＜30 度 轉動失敗，無法施力)

2.施力點位置與轉速【單位　圈/秒(r/sec) 】

			
距離支點 1cm	距離支點 2cm	距離支點 3cm	距離支點 4cm
平均轉速 2.1	平均轉速 3.6	平均轉速 0	平均轉速 0
施力點太靠近支點 不好施力	**順利轉動** **最好施力**	手指無法施力	手指無法施力

3.成功反轉連續照片**(圖 1→圖 18)**

圖 1→→	**圖 2**	**圖 3**	**圖 4**	**圖 5**	**圖 6**
圖 7→→	**圖 8**	**圖 9**	**圖 10**	**圖 11**	**圖 12**
圖 13→→	**圖 14**	**圖 15**	**圖 16**	**圖 17**	**圖 18**

問題九：握筆位置、施力點與轉速，對迴旋成功的影響？

一、研究過程：

1. 問題二與三結果找出以筆桿長度 1/2 處為支點，也就是重心位置，為最好的迴旋握筆處，所以我們想更進一步探討施力點位置與轉動成功的關係？
2. 在迴旋的技巧中需要用到食指與中指夾住筆桿，所以我們設定出不同施力點位置測量施力與轉動的關係，施力位置分別為：

(1)食指第一節與中指第一關節。

(2)食指第一關節與中指第二節。

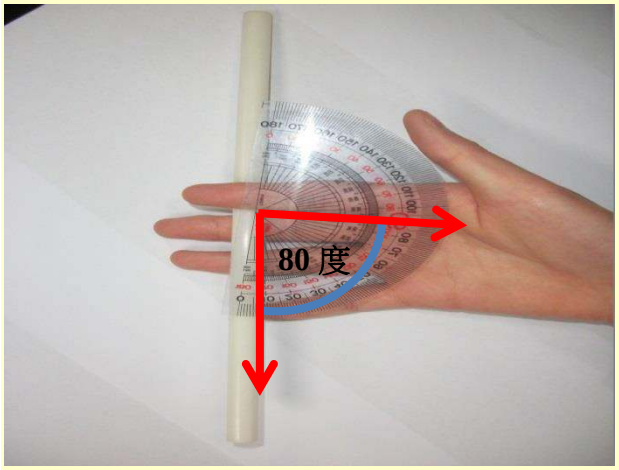
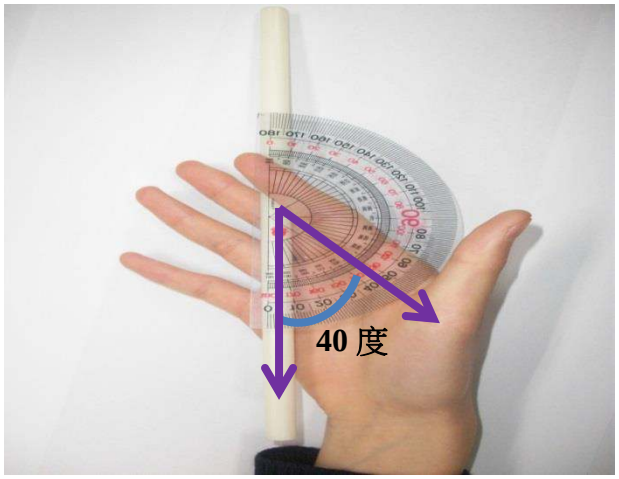
(3)食指第二節與中指第二關節。

(4)食指第二關節與中指第三節。

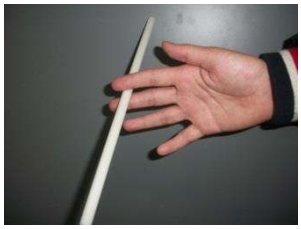
3. 利用轉速計測出轉動成功所需要的速度區間，找出施力位置與轉動速度間的關係。

二、研究結果：

1.迴旋：正確握筆位置與角度

	
○正確（80~115 度均可成功轉動)	╳錯誤（ ＜40 度 轉動失敗，無法施力)

2.施力點位置與轉速【單位 **圈/秒(r/sec)** 】

			
(1)食指第一節與中指第一關節	(2)食指第一關節與中指第二節。	(3)食指第二節與中指第二關節。	(4)食指第二關節與中指第三節。
平均轉速 0	平均轉速 5.6	平均轉速 3.7	平均轉速 1.2
兩指無法夾緊筆桿不好施力	**順利轉動 最好施力**	需較大力氣轉動轉動速度較慢	手指無法施力無法順利轉動

3.成功迴旋連續照片**(圖 1→圖 18)**

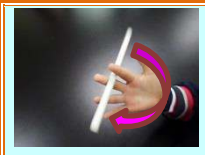


圖 1→→	**圖 2**	**圖 3**	**圖 4**	**圖 5**	**圖 6**
圖 7→→	**圖 8**	**圖 9**	**圖 10**	**圖 11**	**圖 12**

圖 13→→

圖 14

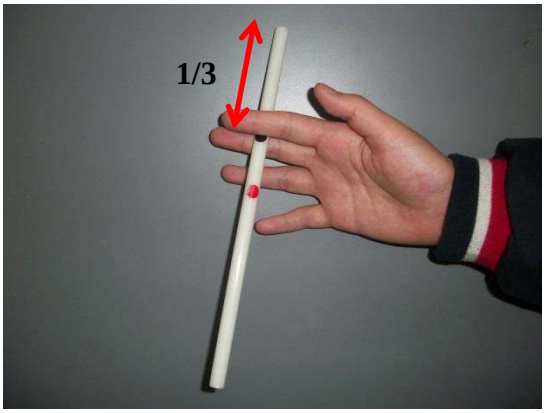
圖 15

圖 16

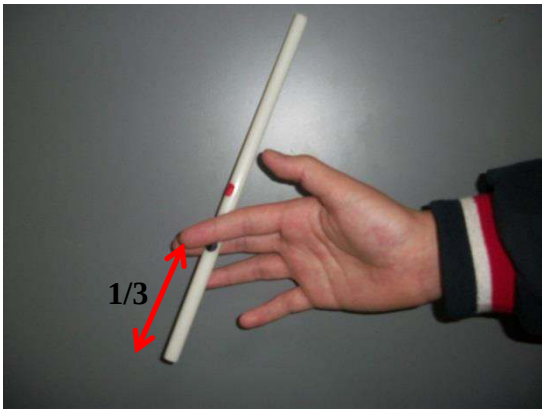
圖 17

圖 18

4.失敗的握筆位置



兩指夾在筆桿後 1/3 處



兩指夾在筆桿前 1/3

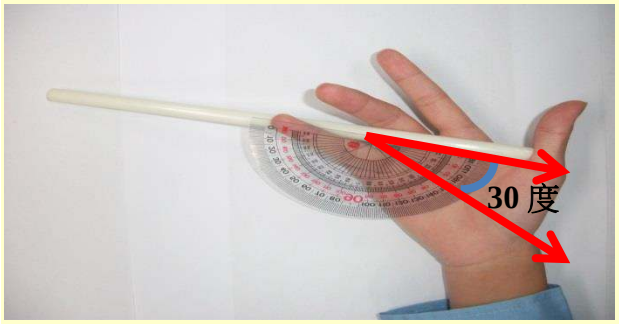
問題十：握筆位置、施力點與轉速，對彈筆成功的影響？

一、研究過程：

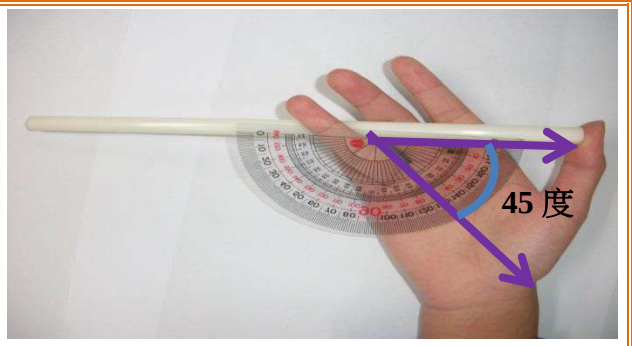
1. 問題二到四結果找出以依照筆桿長度以 1/2~1/3 處為支點，為最好的彈筆握筆處，所以我們想更進一步探討施力點位置與轉動成功的關係？
2. 在彈筆的技巧中需要用到以無名指為支點，中指為施力點向下施力，所以我們設定出不同施力點位置測量施力與轉動的關係，分別以距離支點 0.5cm、1cm、2cm、3cm 為施力點：
3. 利用轉速計測出轉動成功所需要的速度區間，找出施力位置與轉動速度間的關係。

二、研究結果：

1.彈筆：正確握筆位置與角度

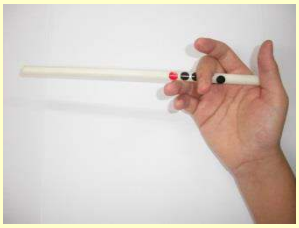
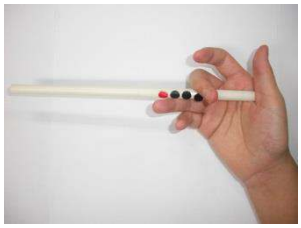


○正確（15~30 度可成功轉動)

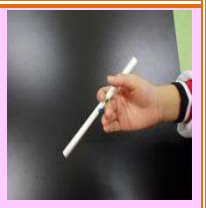


╳錯誤（ ＞45 度 轉動失敗，施力過大)

2.施力點位置與轉速【單位　圈/秒(r/sec) 】

			
距離支點 0.5cm	距離支點 1cm	距離支點 2cm	距離支點 3cm
平均轉速 0.7	平均轉速 2.3	平均轉速 3.8	平均轉速 0
施力點太靠近支點 無法有效施力	轉動不順 容易失敗	**順利轉動** **最好施力**	手指無法施力

3.成功彈筆正面連續照片**(圖 1→圖 12)**

圖 1→→	**圖 2**	**圖 3**	**圖 4**	**圖 5**	**圖 6**
					
圖 7→→	**圖 8**	**圖 9**	**圖 10**	**圖 11**	**圖 12**

4.成功彈筆背面連續照片**(圖 1→圖 12)**

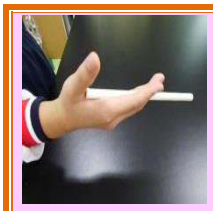


圖 1→→	**圖 2**	**圖 3**	**圖 4**	**圖 5**	**圖 6**
圖 7→→	**圖 8**	**圖 9**	**圖 10**	**圖 11**	**圖 12**

問題十一：探討如何才能轉動各種不同類別的筆？

一、研究想法：

經由問題一到十的研究，我們找出學習轉筆的基本條件，從筆桿的條件到最佳施力位置與轉速的大小；但是我們都是以均值的塑膠桿為研究對象，在實際生活上常用的筆中，並不會有如此良好的條件，所以研究出轉筆的相關條件後，回歸到一般的用筆，從生活中常用的筆款中歸納出適合轉筆的種類與能夠應用的技巧。

二、研究過程：

1. 先調查歸類一般學生筆袋內會出現的筆有哪些種類。
2. 再將常用的筆依照研究的結果，分別測試長度、重量、直徑找出符合研究的條件的筆。
3. 以四種技巧分別測試，整理出哪些種類的筆，適合用來轉筆。

三、研究結果：

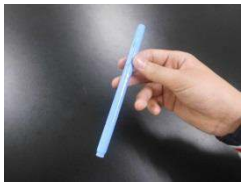
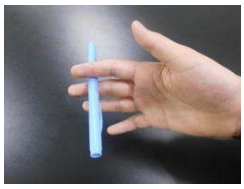
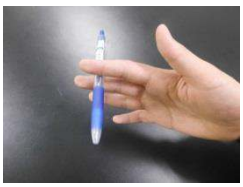
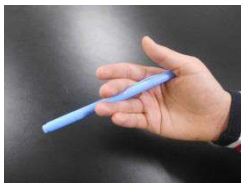
1. 筆袋中常見的筆種類：

鉛筆類	自動鉛筆類	螢光筆類	原子筆類 (有蓋、按壓)	贈品筆類

2. 條件分析：

鉛筆類	自動鉛筆類	螢光筆類	原子筆類 (有蓋、按壓)	贈品筆類
1.長度約 18.8cm 2.重量約 4.5g 3.直徑 0.8cm	1.長度約 14.7cm 2.重量約 8.5~18g 3.直徑 1.0~1.2cm	1.長度約 15.5cm 2.重量約 8~11g 3.直徑 1.0cm	1.長度約 15cm 2.重量約 8~11g 3.直徑 1.0cm	1.長度 13~14.5cm 2.重量約 7~12g 3.直徑 1.0~1.5cm
重量太輕	符合	符合	符合	長度太短

3. 一般用筆：轉筆基本握法

筆種 / 手勢	自動鉛筆類	螢光筆類	原子筆類 (有蓋)	、 (按壓)
正轉				
反轉				
迴旋				
彈筆				
分析	書寫筆頭朝外	兩端均可轉	兩端均可轉	書寫筆頭朝外

4. 特殊發現：

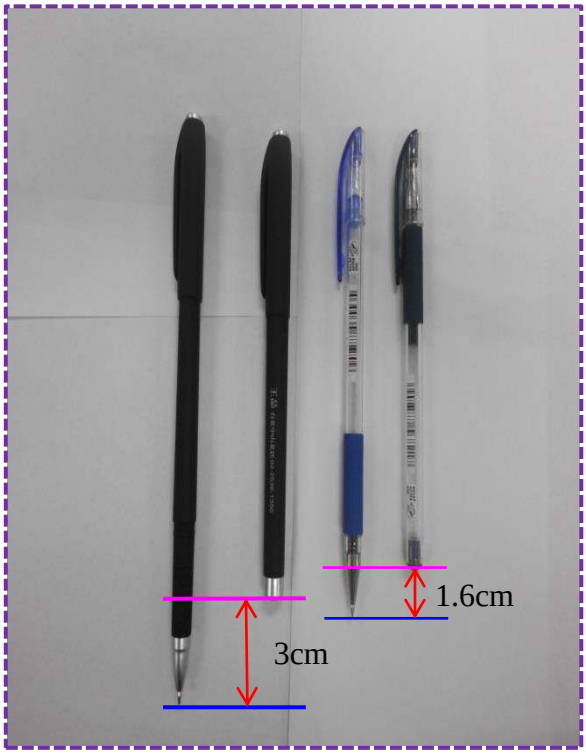
(1)筆夾會影響正轉與反轉，轉動時筆夾朝外。

(2)彈筆時尖銳端朝外才不會因施力傷到手掌。

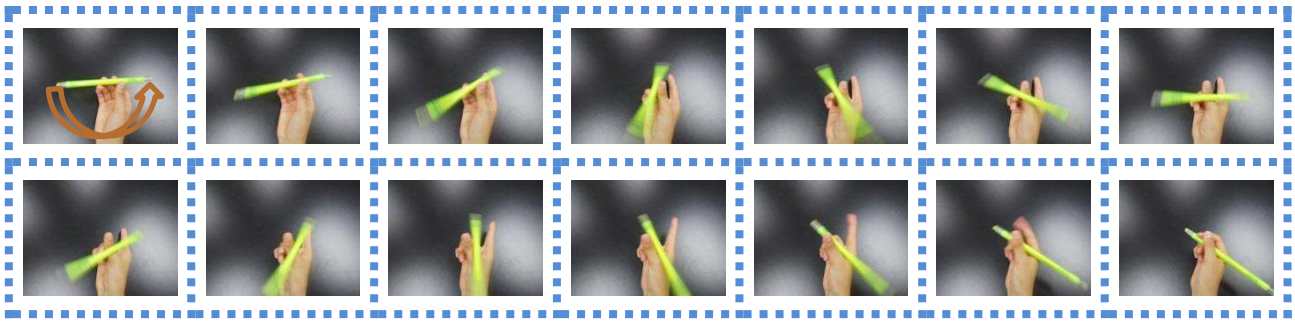
(3)有蓋的螢光筆與原子筆，將筆蓋放在另一端，可增加筆長度與平衡重心(右圖)。

(4)螢光蠟筆與雙蓋螢光筆最適合轉筆(下圖)。

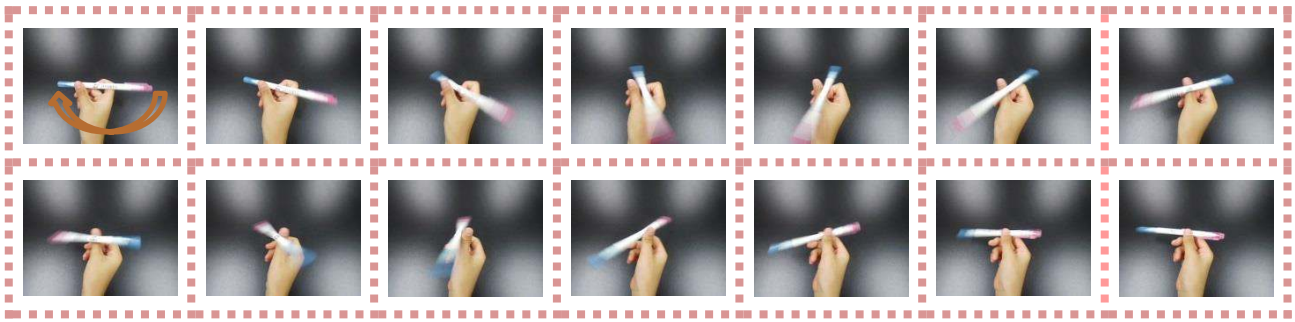
螢光蠟筆與兩端加蓋螢光筆



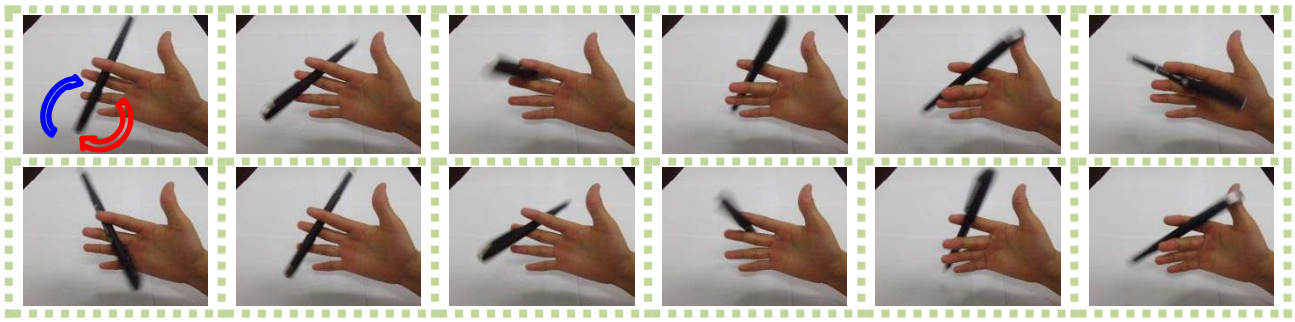
5. 螢光蠟筆正轉→→→



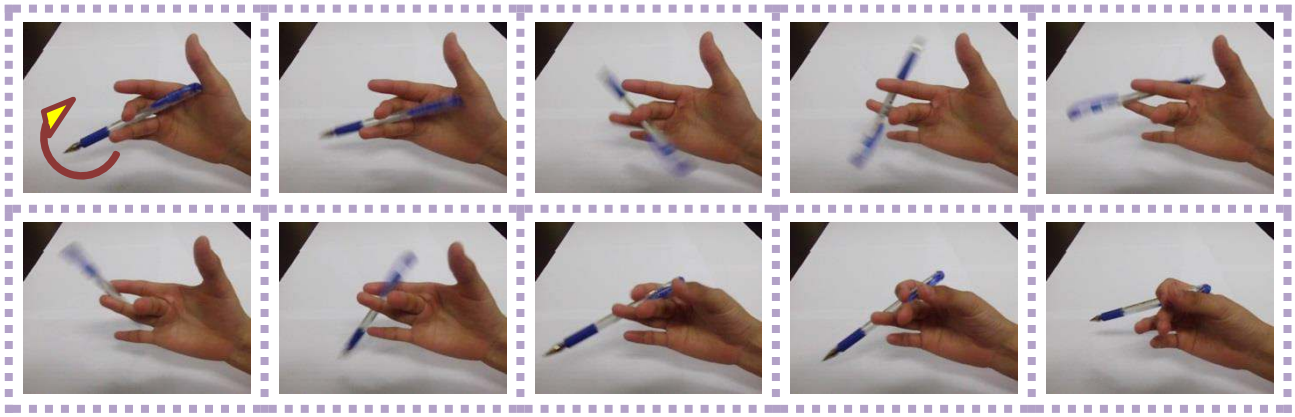
6. 螢光筆反轉→→→



7.原子筆迴旋→→→



8.原子筆彈筆→→→



9.改筆：

一般的筆不是長度不足，就是重量不夠，導致想要好好地將筆在手中轉動的成功率大幅降低；所以轉筆要轉的好，有一支好的筆很重要，根據我們的研究結果筆的重量、長度、直徑、平衡、施力點，都會影響到轉筆的好轉與否，最後將數支不同功能的筆組合成一支轉筆專用筆。

陸、討　　論

將研究結果整理如下：

研究目的一：探討轉筆有哪些手勢技巧與關鍵條件？

變　因	研究問題	研究結果	原因探討
轉筆手勢	問題一	手勢會影響開始的運轉	**握筆手勢影響施力與起始轉動**
握筆位置	問題二	正轉：筆桿長 1/3 處成功率最高	1.長度較長的筆桿，因為重量和長度平均適合各種轉筆手勢。 2.握筆位置以**筆桿長度 1/2~1/3 處為支點，結果顯示各種轉筆手勢成功率最高**，跟筆桿重心在轉動時會偏移有關(向心力＞離心力)。 3.**筆桿重量在 15~25g 最適合轉動**，太輕的筆因為容易施力過當而筆桿彈飛。 4.筆桿直徑不能太寬，不然轉動時不易掌握，需符合實際一般筆桿直徑使用。 5.轉筆基本上是槓桿原理的應用，轉動時包含離心力原理和轉動慣量，這部分小學沒教。
		反轉：筆桿長 1/3 處成功率最高	
		迴旋：筆桿長 1/2 處成功率最高	
		彈筆：筆桿長 1/3 處成功率最高	
筆桿長度	問題三	長度 15~25cm 適合各種轉筆技巧	
		一般筆桿長度在 13~17cm 間	
筆桿重量	問題四	長度和重量成正比，	
		平均重量＞15.0g 的筆桿最好轉動	
筆桿直徑	問題五	直徑 0.8~1.0cm 之間最適合轉動	
		一般筆桿直徑 0.9~1.2cm 之間	
		直徑越大的筆桿只適合迴旋，轉動的成功率較高	

研究目的二：探討怎樣才能快速地學會轉筆？

變　因		研究問題	研究結果	原因探討
施力點	正轉	問題七 問題八 問題九 問題十	起始角度需≧90 度 距離支點 2~3cm 最佳	1.**施力點離支點越遠，越不易施力**距離越遠施力大小相同易彈飛。 2.食指彎曲反向施力不易，施力點無法距離支點太遠。 3.**施力要在筆桿重心位置**，轉動時才不會偏移，指節會影響轉動。 4.彈筆需以拇指當抗力點，若起始角度過大，會增加抗力而失敗。
	反轉		起始角度 55~70 度間最佳 距離支點 1~2cm 處最佳	
	迴旋		起始角度 80~115 度間，食指第一關節與中指第二節施力最佳	
	彈筆		起始角度 15~30 度間 距離支點 2cm 處最佳	
轉速	正轉	問題七 問題八 問題九 問題十	轉速 5~8 圈/秒最佳	1.越重的筆桿，需要越大的轉速 2.**施力點位置會影響轉速快慢** 3.**轉速＞9.5 (圈/秒)以上各種轉筆手勢會失敗。** 4.轉速過大時，離心力＞向心力轉動容易失敗。
	反轉		轉速 3~5.5 圈/秒 最佳	
	迴旋		轉速 5 圈/秒 可順利轉動	
	彈筆		轉速 4 圈/秒 可成功轉動	
一般筆	四種手勢	問題十一	符合轉筆的各類筆種，以自動鉛筆類、螢光筆類、原子筆類最符合，其中螢光筆類、原子筆類可以完成四種手勢。	1.鉛筆重量太輕，贈品筆大小不一均不符合轉筆需求。 2.**螢光筆類、原子筆類等有筆蓋的筆，蓋子可以增加長度平均重量，最符合轉筆研究條件。** 3.筆夾會影響轉筆的成功率。 4.筆尖朝外比較容易轉筆，因為筆頭通常較重，重心會往前。

柒、結　論

用筆當轉動用的棍棒，如同三軍儀隊的轉槍表演與爵士鼓手轉鼓棒的技巧，利用五隻手指當作支點與施力點，從基本的四種轉動手勢中，變化出不同的技巧與轉法，這就是「轉筆」。轉筆的基本手勢可分為「正轉」、「反轉」、「迴旋」、「彈筆」四種。我們用科學的觀點探討，不單只是熟能生巧的觀念，從長度、重量、直徑歸納整理到一般用筆，確實能成功學會轉筆技巧，可見得能轉動筆桿跟握筆手勢與施力位置有關，要成功的轉動筆桿而不是彈飛掉落，須符合三個條件：

1. 筆桿長度需適當（＞12.0 公分以上），以 15.0~25.0 公分長度最合適。
2. 筆桿重量不能過輕(＞8.0 公克重以上)，以 15.0~30.0 公克重最為合適。
3. 要掌握注重心調整支點位置，以筆桿長度 1/2~1/3 處為最佳支點位置。

而我們也發現：

1. 筆桿越長，轉動越順(15.0~25.0 公分最佳)，一般筆長度約 15 公分。
2. 筆桿兩端平均增加重量，轉動越容易成功，太輕筆桿會彈飛。
3. 直徑 1.0 公分的筆桿最好轉動，重心好掌握。
4. 螢光筆最容易轉出各種技巧，符合長度、重量、直徑三個共同條件。
5. 有蓋的筆，須將蓋子移到另一端，增加長度與平衡重量才好轉動。
6. 大部分的筆都適合正轉與迴旋，最常看到用一般筆的轉法。
7. 按壓筆會因為筆夾影響反轉及彈筆，要注意起始手勢筆尖朝外，才能順利轉筆。
8. 正轉和反轉施力的位置不能距離支點太遠，距離支點 2 公分處最合適。
9. 轉速要大於 4 (圈/秒)才能成功轉動，若轉速超過 9.5 (圈/秒)，容易失控轉動失敗。

因為每個人的手掌大小、手指長度、手掌厚薄度…等條件都不相同，所以每個人開始轉筆的起始所擺出來的手勢可能會有所不同，但只要掌握我們所探討出來的原則，自己加以練習，就可以隨時利用手邊的筆，「隨手」來一段轉筆的表演，筆來就轉！

捌、參考資料

1. 國小自然與生活科技第 12 冊單元二簡單機械(2014)。台南市：翰林文教事業。

2. 轉筆。維基百科(2014)。取自 http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%BD%89%E7%AD%86。

3. 台灣轉筆論壇(2015)。取自 http://twps.us.cloudlogin.co/。

玖、心得感言

經過長時間的研究與練習，我們六位從完全不會轉筆到現在可以隨手轉動四種基本招式，甚至進階到連續轉筆，覺得好神奇喔！有時走在路上就隨手拿隻筆在手上轉動，旁人看了都大吃一驚，我們就很有成就感，研究過程中的辛苦，加上不少的筆摔壞和摔斷水，現在回想起研究過程的辛苦一切都值得，感謝大家容忍我們利用早自習、午休研究時與下課時間所發出不斷掉筆的噪音。

【評語】080116

實驗控制有人為因素較容易造成實驗上的不精確，但能利用50~100 的樣本數來使實驗誤差較小，值得鼓勵。