

簡易螺旋紋和紙彈玩具的研究與製作

初小組物理科第一名

台中市忠孝國民小學

作者：方宣燁、陳威豪

黃欣怡、高雅

指導教師：許珠美、許有鐘



一、研究動機

- (一)玩具是我們小孩子生活中的一部分，玩具帶給我們無窮的樂趣，甜蜜的回憶。
- (二)哥哥四年級時（三十屆）也以「和風來玩」的玩具做研究，得到全國展第一名。
- (三)今年我已是四年級了，很想和哥哥一樣，以我們最喜歡的玩具為題來做研究，就請老師指導我們。
- (四)老師說：玩具的種類很多，在生活中到處可見有關彈簧的應用，但是往往被忽略了它的實用及重要性，希望大家能從有關彈簧的簡易玩具著手。

二、研究項目

- (一)利用各種幾何圖形紙來製作螺旋紋玩具，並探討它的彈性。
- (二)利用紙作的各種螺旋紋來製作各種紙螺旋紋玩具，以及各種紙彈簧來製作的各種紙彈簧玩具。並探討它的彈力。

(三)各種幾何圖形紙製成的螺旋紋和紙彈簧它的面積，周長和彈性的關係探討。

三、研究材料

(一)做紙螺旋紋紙彈簧的材料：各種紙（厚、薄）、美工刀、樹脂、螺旋規板、文具。

(二)測量的工具：尺、掛架、酒精燈、磁鐵。

(三)計彈力的工具：大、小、迴紋針。

四、研究過程

活動(一)：各種同面積的紙，製作寬度相同的螺旋紋，和它的彈性關係探討。

實驗(一)：各種紙製成的圓形螺旋紋彈性探討。

甲、實驗方法：

1. 將各種紙製成的螺旋紋分別掛在測量架上，並紀錄其垂下的長度。（由桌面到螺旋紋最下方的高度）
2. 利用同數量迴紋針，分次夾在螺旋紋最末端。
3. 分別紀錄螺旋紋長度。

乙、實驗結果：

| | 格紋卡紙 | | | | 美術卡紙 | | | | 布紋銅版紙 | | | | 條紋卡紙 | | | |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 平均 | 1 | 2 | 3 | 平均 | 1 | 2 | 3 | 平均 | 1 | 2 | 3 | 平均 |
| 原來長度 | 24.3 | 24.5 | 23.8 | 24.2 | 25.5 | 26 | 26.3 | 25.9 | 22 | 21.5 | 23.7 | 22.4 | 23.5 | 23.8 | 24.2 | 23.8 |
| 加迴紋針後的長度 | 14.5 | 15 | 13.7 | 14.4 | 17 | 17.2 | 17.1 | 17.1 | 14.4 | 14.2 | 15.6 | 14.7 | 14.8 | 14.9 | 15.1 | 14.9 |
| 相差長度 | 9.7 | 9.5 | 10.1 | 9.8 | 8.5 | 8.8 | 9.2 | 8.8 | 7.6 | 7.3 | 8.1 | 7.7 | 8.7 | 8.9 | 9.1 | 8.9 |
| 備註 | | | | | | | | | | | | | | | | |

註(一)長度係由桌面到螺旋紋最下方之高度(2)長度單位：公分

丙、分析：各種紙彈性的比較結果

布紋銅板紙 > 美術卡紙 > 條紋卡紙 > 格紋卡紙

(7.7 公分)(8.8 公分)(8.9 公分)(9.8 公分) (相差長度)

實驗(二)：各種圓形紙、製作螺旋紋數目（圈數）多少和它的彈性關係探討。

甲、實驗方法：

1. 利用格紋卡紙、美術卡紙、布紋銅版紙、條紋卡紙、剪成同面積的圓形紙，再利用美工刀，從內圍向外圍分別切寬度小、小兩種圓形螺旋紋。
2. 利用同數量迴紋針，分次夾在螺旋紋末端。

3. 分別紀錄螺旋紋長度。

乙、實驗結果：

| | 格紋卡紙 | | 美術卡紙 | | 布紋銅版紙 | | 條紋卡紙 | |
|--------------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|
| | 螺旋紋少 | 螺旋紋多 | 螺旋紋少 | 螺旋紋多 | 螺旋紋少 | 螺旋紋多 | 螺旋紋少 | 螺旋紋多 |
| 原來長度 | 28.5 | 24.2 | 28.4 | 25.8 | 29 | 23.8 | 30.8 | 24.2 |
| 加迴紋針 後的長度 | 21.3 | 14.5 | 22.8 | 17.2 | 20.8 | 15.2 | 25.6 | 15.4 |
| 相差長度 | 7.2 | 9.7 | 5.6 | 8.6 | 8.2 | 8.6 | 5.2 | 8.8 |
| 備註 | 螺旋紋少的彈性好 | | 螺旋紋少的彈性好 | | 螺旋紋少的彈性好 | | 螺旋紋少的彈性好 | |

丙、分析：各種紙都是螺旋紋少的比螺旋紋多的彈性好。

註：同面積的各種圓形紙，它的螺旋紋較少者（圈數），螺旋紋寬度較大，其彈性較好。

活動(二)：各種同面積的圓形、正方形、長方形、三角形、六邊形（多邊形）卡紙，製成同樣大小的螺旋紋，和它的彈性關係探討。

實驗(三)、同樣的紙製成各種形狀（幾何圖形）的螺旋紋彈性探討。

甲、實驗方法：

1. 將各種紙形狀的螺旋紋分別掛在測量架上，並紀錄其垂下的長度。
2. 利用同數量迴紋針（一個）分次夾在螺旋紋最末端。
3. 分別紀錄螺旋紋增長的長度。

乙、實驗結果：

| | 圓形 | 正方形 | 長方形ㄅ | 長方形ㄆ | 正三角形 | 正六邊形 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|
| 原來長度 | 23.8 | 22.5 | 20.8 | 13.8 | 18 | 22.5 |
| 加迴紋針 後的長度 | 18.2 | 16.3 | 14.5 | 5 | 11 | 16.4 |
| 相差長度 | 5.6 | 6.52 | 6.3 | 8.8 | 7 | 6.1 |
| 備註 | 1 | 3 | 4 | 6 | 5 | |

丙、分析：彈性比較結果

圓形 > 正六邊形 > 正方形 > 長方形（ㄅ） > 三角形 > 長方形（ㄆ）

註(1)面積相同的各種幾何圖形紙，製成的螺旋紋以圓形彈性最好，愈接近圓形的圖形其彈性也愈好。

(2)面積相同的各種幾何圖形紙製成的螺旋紋其彈性和本身圓形的周長有關，周長短的彈性比長的好。

活動(三)：各和幾何圖形的紙製成的螺旋紋它的面積、周長和它的彈性關係探討。

實驗四、同面積的各種螺旋紋長度的比較。

甲、實驗方法：

1. 將各種圖形的螺旋紋紙板平放在桌上。
2. 將絲帶分別沿各種螺旋紋板螺旋紋圈的外圍放。
3. 比較那一種螺旋紋的絲帶長。

乙、實驗結果：

| 幾何圖形別 | 圓形 | 正方形 | 長方形 \cup | 長方形 \times | 正三角形 | 六邊形 (多角形) |
|-------|--------------------|----------|------------|--------------|----------|--------------|
| 絲線長度 | 145 公分 | 146.5 公分 | 146.4 公分 | 155.5 公分 | 151.5 公分 | 145.5 公分 |
| 備 註 | 將末端細小的部分 10公分不算 | | | | | |

丙、分析：長度比較結果

長方形(\times) > 三角形 > 長方形(\cup) > 正方形 > 圓形，所以彈性比為
(155.5)(151.1)(146.5)(146.4)(145)

圓形 > 六邊形 > 正方形 > 長方形(\cup) > 三角形 > 長方形(\times)

註、同面積紙製成的螺旋紋的總長度短的彈性較好。長的彈性較差。

活動(四)：配合圖形來設計螺旋紋的玩具。

1. 製作「螺旋紋」的玩具有：(1)老鼠、(2)猴子、(3)蛇、(4)蝴蝶、(5)大蛇及兩頭蛇、(6)馬、(7)青蛙。
2. 「螺旋紋」玩具的玩法及結果：略

活動(五)：各種紙，製作面積(彈簧橫切面)相等的紙彈簧和它的彈性關係探討。

實驗(五)、各種紙製成的正方形紙彈簧彈力探討。

甲、實驗方法：

1. 將同面積的各種紙製成的紙彈簧分別夾在測量架上。
2. 利用迴紋針(個數視實際情況而定)夾在紙彈簧上的小磁鐵旁，直到紙彈簧下降1公分為準。
3. 分別紀錄迴紋針數量。

乙、實驗結果：

| | 條紋卡紙 | | | | 格紋卡紙 | | | | 美術卡紙 | | | | 布紋銅版紙 | | | | |
|------------|------|---|-----|-----|---------------|-----|-----|-----|---------------|-----|---|-----|-------|-----|---|-----|---------------|
| | ㄅ | ㄆ | ㄇ | 平均 | ㄅ | ㄆ | ㄇ | 平均 | ㄅ | ㄆ | ㄇ | 平均 | ㄅ | ㄆ | ㄇ | 平均 | |
| 原來長度 | 3.5 | 4 | 3.7 | 3.7 | 4.2 | 4.5 | 4.6 | 4.4 | 3.8 | 3.5 | 4 | 3.8 | 8 | 7.5 | 7 | 7.5 | |
| 下降 1 公分後高度 | 2.5 | 3 | 2.7 | 2.7 | 3.2 | 3.5 | 3.6 | 3.4 | 2.8 | 2.5 | 3 | 2.8 | 7 | 6.5 | 6 | 6.5 | |
| 迴紋針 | 大 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 數目 | 小 | 1 | 0 | 1 | $\frac{2}{3}$ | 1 | 0 | 1 | $\frac{2}{3}$ | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | $\frac{1}{3}$ |

註、每次要實驗前需先拿紙彈簧上端往上提起後輕輕放在測量架上。

丙、分析：面積相同的各種紙，製成紙彈簧其彈力比是
美術卡紙 > 格紋卡紙 > 條紋卡紙 > 布紋銅版紙

(5 大 / 小) (4 大 $\frac{2}{3}$ 小) (3 大 $\frac{1}{3}$ 小)

註、紙韌性好的彈力較好，紙張脆弱易斷者，其彈力也差。

活動(六)：紙彈簧交叉次數（厚度）和彈力的關係探討。

實驗(六)、紙彈簧的厚度（二紙條交叉的次數）和彈力的關係探討。

甲、實驗方法：

1. 將迴紋針一個放在甲、乙兩種紙彈簧上面的小磁鐵旁，直到紙彈簧下降 1 公分時為準（視實際高度而定）再各自數小磁鐵旁的迴紋針數量，以量的多少表其彈力好壞。
2. 利用甲、乙兩種紙彈簧各三個，分別量三次，求其平均數較客觀。

乙、實驗結果：

| | | 甲、二紙條交叉的次數多 | | | | 乙、二紙條交叉的次數少 | | | |
|-----|---|-------------|---|---|---------------|-------------|---|---|---------------|
| | | ㄅ | ㄆ | ㄇ | 平均 | ㄅ | ㄆ | ㄆ | 平均 |
| 迴紋針 | 大 | 6 | 6 | 6 | 6 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| | 小 | 1 | 0 | 1 | $\frac{2}{3}$ | 1 | | 1 | $\frac{2}{3}$ |

丙、分析：甲紙彈簧所載迴紋針數比乙紙彈簧多。

註(1)二紙條交叉的次數愈多（愈厚），其彈力愈好。

(2)二紙條交叉的次數愈少（愈薄的），其彈力愈差。

活動(七)：紙彈簧表面積，週長（摺線長度）和彈力的關係探討。

實驗(七)、紙彈簧表面積的大小和彈力大小比較探討。

甲、實驗方法：

1. 將所製作的小正方形紙彈簧 1 個（甲）和長方形紙彈簧（乙）分別比較，則面積比為 1:2，週長比為 4:6。

- 將小磁鐵貼在甲紙彈簧上和乙紙彈簧最上面。
- 將迴紋針一個一個放進甲、乙兩種紙彈簧上面的小磁鐵旁，直到紙彈簧下降 1 公分時為準，再各自數小磁鐵旁的迴紋針數量做比較。
- 利用甲、乙兩種紙彈簧各三個，分別量三次，求其平均數較客觀。

乙、實驗結果：

| 紙彈簧別 | 甲(正方形) | | | | 乙(長方形) | | | |
|------|--------|---|---|----|--------|---|---|----|
| 次 別 | 1 | 2 | 3 | 平均 | 1 | 2 | 3 | 平均 |
| 迴紋針大 | 6 | 6 | 7 | 6 | 7 | 7 | 8 | 7 |
| 數 量小 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | | |

丙、分析：

正方形和長方形紙彈簧積比為 1:2，但彈力測量結果正方形大 $6\frac{1}{3}$ ，小 $\frac{2}{3}$ 個迴紋針，長方形大 $7\frac{1}{2}$ 個，小 $\frac{2}{3}$ 個迴紋針比為 $19\frac{1}{3}:22\frac{2}{3}=19:22$ 。所以兩個紙彈簧面積和彈力比為面積：彈力 $1:2\approx 19:22$ 。

實驗(八)、紙彈簧週長（摺線總長度）和彈力大小比較探討。

甲、實驗方法：

- 將所製作的小正方形紙彈簧 2 個合成長方形為甲紙彈簧，長方形紙彈簧為乙紙彈簧，則其面積比為 1:1，週長比為 8:6。
- 將迴紋針一個一個放進甲、乙兩個紙彈簧上面的小磁鐵旁，直到紙彈簧下降 1 公分時為準，再各自數小磁鐵旁的迴紋針數量做比較。
- 分別量三次，求其平均數較客觀。

乙、實驗結果：

| 紙彈簧別 | 甲(兩個小正方形組成長方形) | | | | 乙、(長方形) | | | |
|------|----------------|----|----|----|---------|---|---|----|
| 次 別 | 1 | 2 | 3 | 平均 | 1 | 2 | 3 | 平均 |
| 迴紋針 | 12 | 11 | 11 | 11 | 5 | 6 | 5 | 5 |
| 數 量 | | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | |

丙、分析：(1)兩個長方形的面積比 1:1。(2)兩個長方形的週長比 8:6。(3)兩個長方形的彈力比：甲：乙

$$\left(\begin{array}{l} \text{大 } 11\frac{1}{3} \text{ 個} \cdot \text{大 } 5\frac{1}{3} \text{ 個} \\ \text{小 } 1 \text{ 個} \cdot \text{小 } \frac{2}{3} \text{ 個} \end{array} \right)$$

註、紙彈簧的週長（摺線總長度）和彈力關係非常大，週長愈大其彈力也愈好，成正比。

活動(九)：紙彈簧表面積形狀和彈力的關係探討。

實驗(九)、表面積相同的各種形狀的紙彈簧，它的摺線總長和它的彈力關係探討。

甲、實驗方法：

1. 將做好的各種形狀的紙彈簧，一端貼在「紙彈簧彈力比較實驗箱」一邊，用木板把各個紙彈簧壓到空箱邊。（各紙彈簧表面積和厚度的相同）
2. 迅速抽上大木板，讓紙彈簧彈出去，再比較各紙彈簧彈出去的長度。
3. 分別試驗多次，求其平均數較客觀。

乙、實驗結果：

| 紙彈簧別 | 正方形(ㄅ) | 正方形(ㄆ) | 三角形 | 長方形(ㄆ) | 菱形 |
|------|---------|---------|-------|---------|-------|
| 長度 | 7公分 | 9公分 | 26公分 | 10.5公分 | 32公分 |
| 摺線長 | 80公分 | 176公分 | 330公分 | 182.6公分 | 336公分 |
| 備註 | 一條紙條摺成的 | 二條紙條摺成的 | | | |

丙、分析：各種形狀的紙彈簧，摺線總長比為

菱形 > 三角形 > 長方形 > 正方形(ㄆ) > 正方形(ㄅ)
 (336公分)(330公分)(182.6公分)(176公分)(80公分)

各種形狀的紙彈簧，彈力的比較結果

菱形 > 三角形 > 長方形 > 正方形(ㄆ) > 正方形(ㄅ)
 (32公分)(26公分)(10.5公分)(9公分)(7公分)

註、摺線的總長度愈長，它的彈力也愈大，成正比。

活動(十)：配合圖形來設計紙彈簧的玩具。

1. 製作「紙彈簧」的玩具有：(1)變化花、(2)樹葉上的小毛蟲、(3)機器人、(4)愛跳舞的小毛蟲、(5)會翻筋斗的小丑、(6)搖頭擺尾的蛇、(7)旋轉飛鏢。
2. 「紙彈簧」玩具的玩法及結果：略

五、研究結果

(一)我們所研究的「螺旋紋玩具」在形狀上有基本型，包括圓形：正方形、長方形(甲)、長方形(乙)、三角形、多邊形螺旋。在線條上包括粗螺旋紋，和細螺旋紋，在應用方法上有(1)一端固定，另一端不固定(2)二端都固定，(3)二端都不固定。

(二)「紙彈簧玩具」在形狀上有基本作法及其他變化作法在彈力有二紙條交叉次數少(薄的)在應用方法上有(1)自身翻轉(2)兩端固定，(3)一端固定(4)放在地

- 上（桌上）(5)吊在空中。
- (三)製作螺旋紋的紙韌性好的紙張，彈性較好，紙張脆弱易斷者其彈性較差。太厚（硬）的紙不易摺好。
- (四)同面積螺旋紋較少者（圈數），總長度較短，但其彈性較好。螺旋紋較多者（圈數）總長度較長，伸縮較靈活，其彈性較差。
- (五)各種幾何圖形的紙（同面積）做成螺旋紋和它彈性有關，以圓形螺旋紋彈性最佳，其次依序為菱形（接近正方形），正方形、長方形……換句話說愈靠近圓形的圖形彈性愈好。
- (六)製作紙彈簧的紙也是以韌性好的紙張，彈力較好，脆弱易斷的，其彈力較差。
- (七)紙彈簧二紙交叉的次數愈多（愈厚），其彈力愈好，二紙交叉的次數少的（愈薄）其彈力較差。
- (八)紙彈簧的週長（摺線總長度）和彈力關係非常大，週長愈大其彈力也愈好，週長和彈力成正比。
- (九)我們在製作玩具過程中，用盡大腦去思考、設計；用雙手去做、去完成，手腦靈活運用，充分發揮創造力，享受創作的樂趣，同時我們所設計的玩具都是活動的，玩起來帶給我們無窮的樂趣，也滿足了我們的夢想和希望。

評語

1. 本件作品內容完整，考慮各種不同的紙材料及各種不同形狀的螺旋紋。在各種不同形狀大小的螺旋紋中，變因的控制相當正確。
2. 本件作品以螺旋紋被不同重量（迴紋針數目）拉長的程度和探討彈力的大小，及不同數目迴紋針壓縮不同形狀摺紋的紙彈簧，以研究彈力大小差異，方法具創意，思考過程完整，而且實驗過程具趣味性，學生均相當投入是其優點。
3. 本件作品配合圖形，設計多種不同紙彈簧玩具，相當生動有趣，頗富教育價值。