

有趣的螺旋降落 — 紙蜻蜓

初小組物理科第三名

台北縣光華國民小學

作者：孫晨、江郁文、林婷婷、吳永俊

指導教師：張祝娟、鄭巧慧

一、研究動機

開學的第一堂美勞課，老師要我們帶幾種不同材質的紙張及迴紋針到學校，當時我們很好奇的想知道紙張和迴紋針究竟可以做出那些有趣的玩具呢？於是就去請教老師，與老師一起發現紙蜻蜓遊戲了！

二、研究目的

- (一) 翅膀的寬窄對旋轉是否有影響？
- (二) 翅膀的長短對旋轉是否有影響？
- (三) 紙的材質對旋轉是否有影響？
- (四) 紙的摺法對旋轉是否有影響？
- (五) 風力的強弱對旋轉是否有影響？
- (六) 翅膀的角度大小對旋轉是否有影響？
- (七) 迴紋針數的多寡對旋轉是否有影響？
- (八) 翅膀的缺口數對旋轉是否有影響？
- (九) 翅膀的洞口數對旋轉是否有影響？
- (十) 紙蜻蜓的底部形狀對旋轉是否有影響？

三、研究設備及器材

圖畫紙、書面紙、西卡紙、粉彩紙、報紙、棉紙、迴紋針、碼錶、量身高器、量角器。

四、研究過程及實驗結果

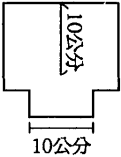
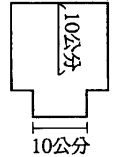
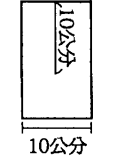
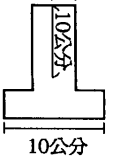
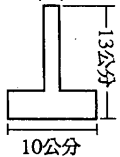
- (一) 翅膀的寬窄對旋轉是否有影響？

方法：1.將粉彩紙裁成長13公分，底部寬10公分，缺口長10公分、翅膀部份各寬9公分（第一個），7公分(第二個)，5公分（第三個），3

分（第四個），1公分（第五個）的紙蜻蜓五個。

- 2.把翅膀往兩邊摺平，下方夾一個迴紋針。
- 3.將這五個翅膀寬度不同的紙蜻蜓，置於180公分處，讓它自由落下，並且觀察其降落旋轉的情形。

- 結果：
- 1.翅膀寬度大的旋轉速度慢，而且很穩定。
 - 2.翅膀寬度小的旋轉速度較快，而且容易不穩定。
 - 3.翅膀寬度過小則不會旋轉，只會急速落下。

| 結果 | | 9公分 | | 7公分 | | 5公分 | | 3公分 | | 1公分 | |
|-------------|-----|---|------|---|------|---|--|---|--|--|--|
| | |  | |  | |  | |  | |  | |
| 落地時間 (秒) | 第一次 | 1"55 | 1"58 | 1"45 | 1"43 | 0"97 | | | | | |
| | 第二次 | 1"66 | 1"71 | 1"44 | 1"45 | 0"96 | | | | | |
| | 第三次 | 1"74 | 1"54 | 1"47 | 1"12 | 1"03 | | | | | |
| | 第四次 | 1"63 | 1"56 | 1"59 | 1"56 | 0"99 | | | | | |
| | 第五次 | 1"71 | 1"67 | 1"36 | 1"20 | 1"01 | | | | | |
| 旋轉情形 | | 旋轉得很穩定，緩緩下降 | | 轉速慢，與寬度9公分的情況相同，很穩定 | | 旋轉速度較快 | | 旋轉速度較快，與5公分的情況相同，但是有時候不穩定 | | 不會旋轉，急速落下 | |

(二) 翅膀的長短對旋轉是否有影響？

方法：1.將粉彩紙裁成寬10公分，底部高3公分，翅膀長度分別為4公分（第一個），7公分（第二個），10公分（第三個），13公分（第四個），16公分（第五個）的紙蜻蜓五個。

- 2.把翅膀往兩邊摺平，下方夾一個迴紋針。
- 3.將這五個翅膀長度不同的紙蜻蜓，置於180公分高處，讓它自由落下，並且觀察其降落旋轉的情形。

- 結果：
- 1.翅膀長度適中（10公分），旋轉得最平穩。
 - 2.翅膀長度較短（4公分、7公分），旋轉速度較快，較不平穩。
 - 3.翅膀長度太長（13公分、16公分），旋轉速度較慢，轉的圈數較少，但下降速度快。

| 結果 | | 翅膀寬度 | | | | |
|---------|-----|--------------|-----------|--------|-------------|--------------|
| | | 4公分 | 9公分 | 10公分 | 13公分 | 16公分 |
| 落地時間(秒) | 第一次 | 0"93 | 1"05 | 1"31 | 1"26 | 1"12 |
| | 第二次 | 0"92 | 1"04 | 1"26 | 1"38 | 1"13 |
| | 第三次 | 0"96 | 1"16 | 1"23 | 1"25 | 1"05 |
| | 第四次 | 1"04 | 1"16 | 1"46 | 1"14 | 1"05 |
| | 第五次 | 0"99 | 1"23 | 1"35 | 1"18 | 1"08 |
| 旋轉情形 | | 亂轉，很不平穩，容易翻轉 | 轉得較好，速度很快 | 旋轉得較平穩 | 速度變慢，轉得圈數減少 | 速度很慢，看起來好像在飄 |

(三) 紙的材質對旋轉是否有影響？

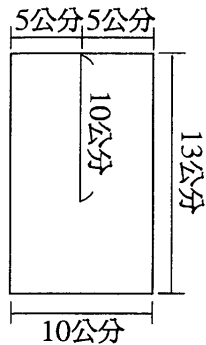
方法：1.將不同材質的紙裁成長13公分，寬10公分，缺口長10公分（如圖一）。

2.將裁好的紙張以一個迴紋針端正夾於下方寬5分分處，再將兩個翅膀往左右兩邊摺平（如圖二）。

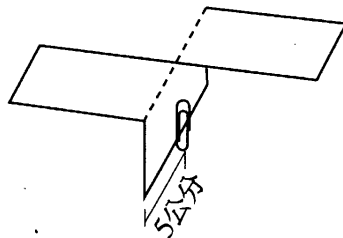
3.將做好的紙蜻蜓置於180公分高處，讓它自由落下，並觀察其降落旋轉的情形。

結果：1.圖畫紙和粉彩紙穩定性比較好，旋轉的比較優美。

2.棉紙剛開始旋轉得很順利，速度慢，會慢慢下降，但是實驗三次過後就變得不穩定，有時會急速落下。



圖一



圖二

3.書面紙、西卡紙和報紙較不穩定，旋轉得不優美。

| 結果 | | 紙質 | | 圖畫紙 | 書面紙 | 西卡紙 | 粉彩紙 | 報紙 | 棉紙 |
|------|------|---------------|-----------|------------|---------------|-------------|--------------------|------|----|
| | | 第一次 | 1"34 | 0"92 | 0"81 | 1"22 | 0"91 | 1"80 | |
| 第二次 | 1"01 | 1"06 | 0"96 | 1"46 | 1"04 | 1"75 | | | |
| 第三次 | 1"16 | 0"88 | 1"03 | 1"50 | 1"11 | 1"93 | | | |
| 第四次 | 1"48 | 0"77 | 0"99 | 1"37 | 0"97 | 0"80 | | | |
| 第五次 | 1"20 | 0"82 | 1"01 | 1"21 | 0"61 | 0"75 | | | |
| 旋轉情形 | | 轉得很好，速度適中，很穩定 | 比較沒有轉，只是票 | 轉得很好，降落得很快 | 轉得很好，速度適中，很平穩 | 翅膀太軟，旋轉得不穩定 | 剛開始速度很慢，很平穩，後來較不穩定 | | |

(四) 紙的摺法對旋轉是否有影響？

方法：1.將粉彩紙裁成長如實驗三中圖一，圖二的標準規格之紙蜻蜓三個，並在翅膀部份分別摺成橫摺紋，豎摺紋，斜摺紋。

2.將做好的三個有摺紋之紙蜻蜓一一置於180公分高處，讓它自由落下，並且觀察其降落旋轉的情形。

結果：1.橫摺紋和豎摺紋旋轉速度較慢，斜摺紋旋轉速度較快。

2.豎摺紋旋轉較穩定，由上而下能保持旋轉；橫摺紋有時會翻轉落

| 結果 | | 摺法 | | 橫摺紋 | 豎摺紋 | 斜摺紋 |
|------|------|-------------------|---------|--------------------|------|-----|
| | | 第一次 | 1"29 | 1"13 | 0"82 | |
| 第二次 | 0"98 | 1"18 | 0"89 | | | |
| 第三次 | 1"37 | 1"21 | 1"14 | | | |
| 第四次 | 1"51 | 1"22 | 0"76 | | | |
| 第五次 | 1"47 | 1"38 | 0"95 | | | |
| 旋轉情形 | | 轉速較慢，很優美，但是有時很不穩定 | 轉速較慢很優美 | 速度很快，很漂亮，看得見一圈圈的紋路 | | |

下變得不穩定。

3.斜摺紋旋轉時看得到斜紋一圈一圈很漂亮。

(五) 風力的強弱對旋轉是否有影響？

方法：1.將粉彩紙裁成長如實驗三中圖一、圖二的標準規格之紙蜻蜓一個。

2.第一次將紙蜻蜓置於教室並將所有窗戶關上，使紙蜻蜓處於無風狀態。第二次置於走廊，使紙蜻蜓處於弱風狀態。第三次置於操場，使紙蜻蜓處於強風狀態。

3.紙蜻蜓均由180公分高處自由落下，並觀察其降落旋轉情形。

結果：1.紙蜻蜓在無風狀態下，旋轉情況良好。

2.在走廊有微弱的風會干擾紙蜻蜓的旋轉，把紙蜻蜓吹走，旋轉情形較不好。

3.在操場有強風會使紙蜻蜓無法順利旋轉，紙蜻蜓很快就會被強風吹落地。

| 結果 | | 無風 (教室) | 弱風 (走廊) | 強風 (操場) |
|-----------------|----------------|---------------------|-------------|------------|
| 落地 時間 (秒) | 第一次 | 1"32 | 1"76 | 0"98 |
| | 第二次 | 1"23 | 1"33 | 0"88 |
| | 第三次 | 1"04 | 1"66 | 0"85 |
| | 第四次 | 1"24 | 1"59 | 0"90 |
| | 第五次 | 1"22 | 1"56 | 0"87 |
| 旋轉 情形 | 旋轉情形良好，紙蜻蜓緩緩落下 | 風將紙蜻蜓吹走，吹到較遠處，旋轉不穩定 | 隨強風亂轉，非常不穩定 | |

(六) 翅膀的角度大小對旋轉是否有影響？

方法：1.將粉彩紙一張裁成如實驗三中圖一、圖二的標準規格。


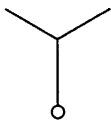

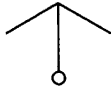

2.翅膀中間固定一條細鐵絲，使翅膀的角度固定。

3.用量角器測量兩片翅膀張開的角度，第一次是向上60度，第二次是向上120度，第三次是180度，第四次是向下120度，第五次是向下60度。

結果：1.向上夾角過小如60度，空氣無法停留在翅膀下，所以常急速落下，旋轉情形不好。

2.向上夾角稍大如120度，旋轉速度慢，平衡也較好。

3.夾角180度在空中停留最久，平衡最好。

| 夾角 | | 60° | 120° | 180° | | |
|-------------|-----|---|---|---|---|---|
| 結果 | |  |  |  |  |  |
| 落地時間 (秒) | 第一次 | 0"82 | 1"14 | 1"26 | 1"01 | 0"73 |
| | 第二次 | 0"76 | 1"09 | 1"39 | 1"07 | 0"97 |
| | 第三次 | 0"82 | 1"16 | 1"43 | 1"09 | 1"06 |
| | 第四次 | 0"91 | 1"10 | 1"27 | 0"95 | 0"94 |
| | 第五次 | 0"88 | 1"29 | 1"25 | 0"92 | 1"04 |
| 旋轉情形 | | 旋轉很快，不太穩定 | 轉速較慢，有時不穩定 | 轉得最慢，很優美，很穩定 | 不會旋轉，任意翻轉掉下來 | 不會旋轉，有時候會翻轉過去著旋轉 |

4.夾角往下的不會旋轉，會翻轉過去，然後落下。

(七) 迴紋針數的多寡對旋轉是否有影響？

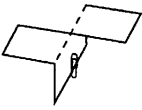
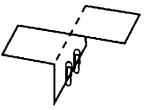
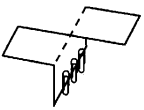
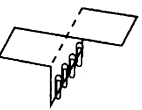
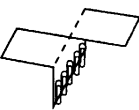
方法：1.將粉彩紙裁成長13公分，寬10公分，於寬5公分處剪長10公分的缺口如實驗三中圖一、圖二的紙蜻蜓一個。

2.在紙蜻蜓下方第一次夾1個，第二次夾2個，第三次夾3個，第四次夾4個，第五次夾5個迴紋針，迴紋針均緊靠著紙蜻蜓下方中間部份。

3.每次都將紙蜻蜓置於180公分高處自由落下，以觀察降落情形。

結果：1.紙蜻蜓夾1-2個迴紋針時，旋轉速度緩慢，降落所花的時間較長，很穩定。

2.迴紋針數增加為3-4個時，旋轉速度加快，降落所花時間逐漸縮短。

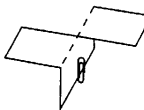
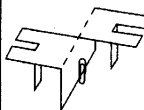
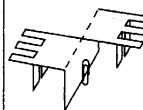
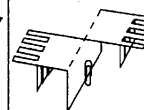
| 迴紋針數 | | 一個 | 二個 | 三個 | 四個 | 五個 |
|---------|-----|---|---|---|---|--|
| | |  |  |  |  |  |
| 落地時間(秒) | 第一次 | 1"32 | 1"45 | 1"42 | 1"33 | 1"29 |
| | 第二次 | 1"47 | 1"58 | 1"41 | 1"30 | 1"08 |
| | 第三次 | 1"50 | 1"42 | 1"20 | 1"32 | 1"26 |
| | 第四次 | 1"44 | 1"61 | 1"29 | 1"26 | 1"17 |
| | 第五次 | 1"46 | 1"51 | 1"33 | 1"32 | 1"25 |
| 旋轉情形 | | 旋轉得很慢，下降很緩慢 | 旋轉得很慢，下降也很緩慢，和一個迴紋針情況相同 | 旋轉速度加快，下降速度也加快 | 旋轉速度加快，下降速度也加快，和三個迴紋針情況相同 | 加速旋轉，落地很快 |

3.迴紋針增加為5個時，轉速很快而且快速降落。

(八) 翅膀的缺口數對旋轉是否有影響？

方法：1.將粉彩紙四張裁成長如實驗三中圖一、圖二的標準規格之紙蜻蜓四個。

2.第一個紙蜻蜓不剪缺口，第二個紙蜻蜓在翅膀剪一道5公分長的缺口並將此缺口向下摺90度，第三個紙蜻蜓在翅膀剪二道5公分長

| 翅膀缺口數 | | 0個 | 1個 | 2個 | 3個 |
|---------|-----|---|---|---|--|
| | |  |  |  |  |
| 落地時間(秒) | 第一次 | 1"30 | 1"27 | 1"20 | 1"30 |
| | 第二次 | 1"31 | 1"19 | 1"26 | 1"37 |
| | 第三次 | 1"26 | 1"27 | 1"38 | 1"36 |
| | 第四次 | 1"45 | 1"09 | 1"20 | 1"33 |
| | 第五次 | 1"23 | 1"13 | 1"29 | 1"36 |
| 旋轉情形 | | 轉速慢，旋轉得很好 | 旋轉速度慢，有時候會不穩定 | 旋轉緩慢，很優美 | 旋轉非常慢，但是很穩定，像是在滑翔 |

的缺口並將二道缺口向下摺90度，第四個紙蜻蜓在翅膀剪三道5公分長缺口，並將三道缺口向下摺90度。

3.將這四個缺口數不同的紙蜻蜓置於180公分高處自由落下，並觀察其降落旋轉的情形。

結果：1.紙蜻蜓左右翅膀無缺口轉速慢但比有缺口的容易旋轉。

2.左右翅膀缺口數增加會像滑翔翼般在空中滑翔，所以轉速很緩慢，但滑翔的速度略快。

3.翅膀缺口數少會顯得不平穩，缺口數愈多愈平穩。

(九) 翅膀的洞口數對旋轉是否有影響？

方法：1.將粉彩紙四張裁成長、寬如實驗三中圖一、圖二的標準規格。

2.第一個紙蜻蜓不剪洞口。第二個的翅膀中央剪下一個長3公分，寬1公分的洞口。第三個剪下兩個洞口，洞與洞間隔1公分。第四個剪下三個洞口，洞與洞間隔皆1公分。

3.將這四個洞口數不同的紙蜻蜓置於180公分高處，使它自由落下並觀察其降落旋轉的情形。

| 結果 | | 翅膀洞口數 | | | |
|---------|-----|-----------|--------------------|------------------|---------------|
| | | 0個 | 1個 | 2個 | 3個 |
| 落地時間(秒) | 第一次 | 1"30 | 1"27 | 1"20 | 1"10 |
| | 第二次 | 1"31 | 1"26 | 1"26 | 1"17 |
| | 第三次 | 1"36 | 1"27 | 1"18 | 1"11 |
| | 第四次 | 1"45 | 1"29 | 1"20 | 1"23 |
| | 第五次 | 1"35 | 1"30 | 1"24 | 1"16 |
| 旋轉情形 | | 很穩定，旋轉得很好 | 很穩定，比翅膀沒有洞的紙蜻蜓更快降落 | 比翅膀有一個洞的紙蜻蜓降落得更快 | 旋轉的圈數減少，降落得最快 |

結果：1.紙蜻蜓左右翅膀無洞口會較穩定，旋轉得很緩慢。

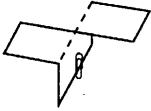
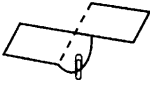
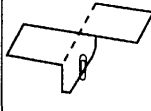
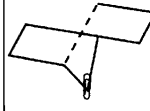
2.翅膀的洞口數愈多，降落得愈快，而且旋轉圈數會減少。

(十) 紙蜻蜓底部形狀對旋轉是否有影響？

方法：1.將粉彩紙四張裁成長如實驗三中圖一、圖二的標準規格之紙蜻蜓

四個。

2. 第一個紙蜻蜓底部不變，為長方形。第二個紙蜻蜓底部剪成半圓形。第三個紙蜻蜓底部剪成五邊形。第四個紙蜻蜓底部剪成三角形。
3. 將言四個底部形狀不同的紙蜻蜓置於180公分高處，使它自由落下，並且觀察其降落旋轉的情形。

| 底部 形狀 | | 長方形 | 半圓形 | 五邊形 | 三角形 |
|----------|-----|---|---|---|--|
| | |  |  |  |  |
| 結果 | 第一次 | 1"30 | 1"27 | 1"20 | 1"10 |
| | 第二次 | 1"31 | 1"19 | 1"23 | 1"17 |
| | 第三次 | 1"36 | 1"27 | 1"18 | 1"16 |
| | 第四次 | 1"35 | 1"19 | 1"20 | 1"13 |
| | 第五次 | 1"33 | 1"23 | 1"19 | 1"16 |
| 旋轉情形 | | 旋轉得很慢，下降速度最慢 | 降落速度比底部為長方形的紙蜻蜓稍快一點 | 降落時間與底部為半圓形的差不多，但旋轉速度快一點 | 降落時間最快，最快降落地面 |

結果：1. 紙蜻蜓的底部是長方形，降落得最慢。

2. 底部是三角形的紙蜻蜓，降落得最快。

五、討論

- (一) 紙蜻蜓翅膀愈寬聚集空氣愈多，旋轉較穩，愈窄則空氣少轉速加快。
- (二) 紙蜻蜓翅膀太短收集空氣就少，轉速較快也容易不穩定。
- (三) 紙蜻蜓的翅膀太長會太重，雖可停留較多空氣，但垂直下降情形多。
- (四) 硬材質的紙可能重量太重，所以不太會旋轉，邊飄邊落下，降落快。
- (五) 軟材質的紙重量輕，比較薄，可以旋轉很好，但因易吸汗，易損壞而不穩。
- (六) 紙質粗、滑對降落也有關係。紙質較粗降落較慢，較滑，降落較快。
- (七) 豎摺紋紙蜻蜓由於直的摺痕較長聚在摺痕下的空氣多，所以較穩定。
- (八) 斜摺紋由於受到空氣的推力〔助力〕，所以旋轉得較快。

- (九) 橫摺紋的紙蜻蜓在旋轉時易受氣流影響翻轉，乃因橫的方向空氣易跑掉。
- (十) 風力強紙蜻蜓會亂飛且無法旋轉；當風力小，阻力小，紙蜻蜓才會旋轉。
- (十一) 翅膀夾角往上有利空氣流動，夾角往下空氣不易流動；180度則最平穩。
- (十二) 紙蜻蜓的迴紋針愈多，轉速愈快，在空中停留的時間就愈短。
- (十三) 以粉彩紙的重量，夾1-2個迴紋針很適合，不夾無法平衡，太多過重。
- (十四) 翅膀缺口數較多，在空中轉速緩慢且平穩，聚集空氣多。
- (十五) 翅膀洞口少，翅膀下可保留的空氣多；洞口多，空氣易從洞口跑掉。
- (十六) 紙蜻蜓旋轉需要空氣推動，無洞口比較容易旋轉，洞口數多空氣易跑。
- (十七) 紙蜻蜓底部是長方形時降落時間最久。這與面積最大所受阻力也大。
- (十八) 紙蜻蜓的穩定度與翅膀較有關，與底部形狀較無關係。

六、結論

- (一) 紙蜻蜓翅膀寬度大可使它停留在空中旋轉的時間較久。
- (二) 紙蜻蜓翅膀長短要適中。太長容易下垂，太短旋轉時較不穩定。
- (三) 軟硬適中，材質略粗的紙〔圖畫紙，粉彩紙〕所製的紙蜻蜓較穩定。
- (四) 翅膀摺豎摺紋時旋轉穩定性高；摺斜摺紋時旋轉會呈一圈圈紋路。
- (五) 紙蜻蜓要旋轉得好，必須在無風的地方比較容易成功。
- (六) 當紙蜻蜓翅膀呈180度時最平衡，在空中停留時間最久。
- (七) 迴紋針的作用在平衡紙蜻蜓的重心，所以不需太多以免增加重量。
- (八) 紙蜻蜓翅膀缺口數多，有利飛行，會聚集空氣，紙蜻蜓更穩定。
- (九) 紙蜻蜓翅膀無洞口旋轉得比較好，降落的時間也比較長。
- (十) 紙蜻蜓底部劃破空氣的邊愈大（長方形）降落慢，邊愈尖（三角形）降落快。
- (十一) 簡單的紙蜻蜓可做許多有趣的實驗，既可動腦又可玩，好處多。

七、參考資料

（新編光復科學圖鑑）自然科學實驗 光復書局 1995年3月

評語

本作品從紙蜻蜓翼片的寬窄，長短，形狀，缺口形狀與缺口位置等各種因素探討紙蜻蜓在空中旋轉的時間及穩定性，對現象的觀察相當周詳完整，但是對現象的理論尚有待加強。