

# 嘉義縣國民中小學 科學展覽會作品說明書

屆 別：64

科 別：物理

組 別：國小組

作品名稱：從天而降—降落傘原理探究

關 鍵 詞：降落傘 空氣阻力 降落時間

編 號：A102

## 題目：從天而降-降落傘原理探究

### 壹、 研究動機：

有一次老師和我們分享新聞時事，剛好有一則國軍傘兵弟兄因為降落傘操作不慎而導致墜地受傷，我們感到很難過，同時對於降落傘的原理感到好奇，為什麼人從高處落下，可以因降落傘張開達到下降速度減慢而免於受傷，所以我們就以這個主題做為探討的題目。

### 貳、 研究目的：

一、文獻探討。

二、不同垂掛重量，砝碼墜落地面的時間。

三、不同棉繩數量，砝碼墜落地面的時間。

四、棉繩長度不同，砝碼墜落地面的時間。

五、降落傘面面積大小與砝碼墜落地面的時間關係。

六、降落傘面形狀不同與砝碼墜落地面的時間關係。

七、傘面形狀不同，估算傘面能容納的空氣量。

八、棉繩數量不同，估算傘面能容納的空氣量。

### 參、 研究設備與器材：

垃圾袋、棉繩、砝碼、碼錶、相機、記錄本。

### 肆、 研究過程：

一、文獻探討：

(一) **空氣阻力**：降落傘向上的力就是空氣阻力；降落傘設計的目的，在於緩衝物體落地所需要的時間，越大的傘面積下降時能產生越大的空氣阻力，也就是有更大的空氣浮力。(人間福報，跳傘中的原理，

<https://www.merit-times.com/NewsPage.aspx?unid=64084>)

(二) 數學家丹尼爾·白努力(Daniel Bernoulli)，從牛頓運動定律中的能量守恆觀念：動能+位能=定值，推導出「動能+壓力=定值」，也就是當液體流速越快時(動能增加)，壓力便會減少；反之，當液體流速越慢時(動能減少)，壓力便會增

加，這就是著名的白努力定律。(Aepert's blog, <https://aerolife123.blogspot.com/2011/08/5.html>)

## 二、不同垂掛重量，砝碼墜落地面的時間。

### (一) 實驗步驟：

1. 將垃圾袋割開，以邊長 45 公分正方形為傘面。
2. 取 4 條長度為 85 公分的棉線，用膠帶分別貼在傘面的四個角落，並將這 4 條棉線的末端綁起來。
3. 以 20 公克砝碼為降落重量，把砝碼掛在棉線末端上。
4. 將降落傘傘面張開，以學校二樓為釋放高度，將降落傘放下。
5. 請同學在一旁記錄降落傘落下所需要的時間，並記錄下來。
6. 實驗結束後，把砝碼重量換成 60 公克、100 公克，分別以上述的方式操作，並記下降落時間。

### (二) 實驗結果：

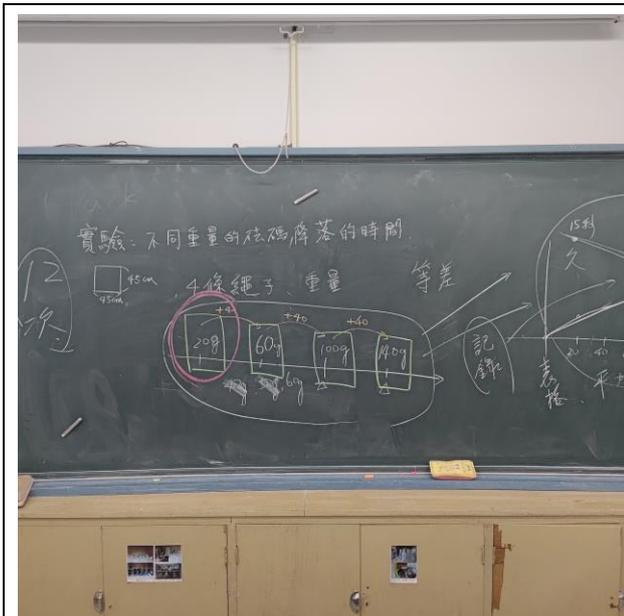
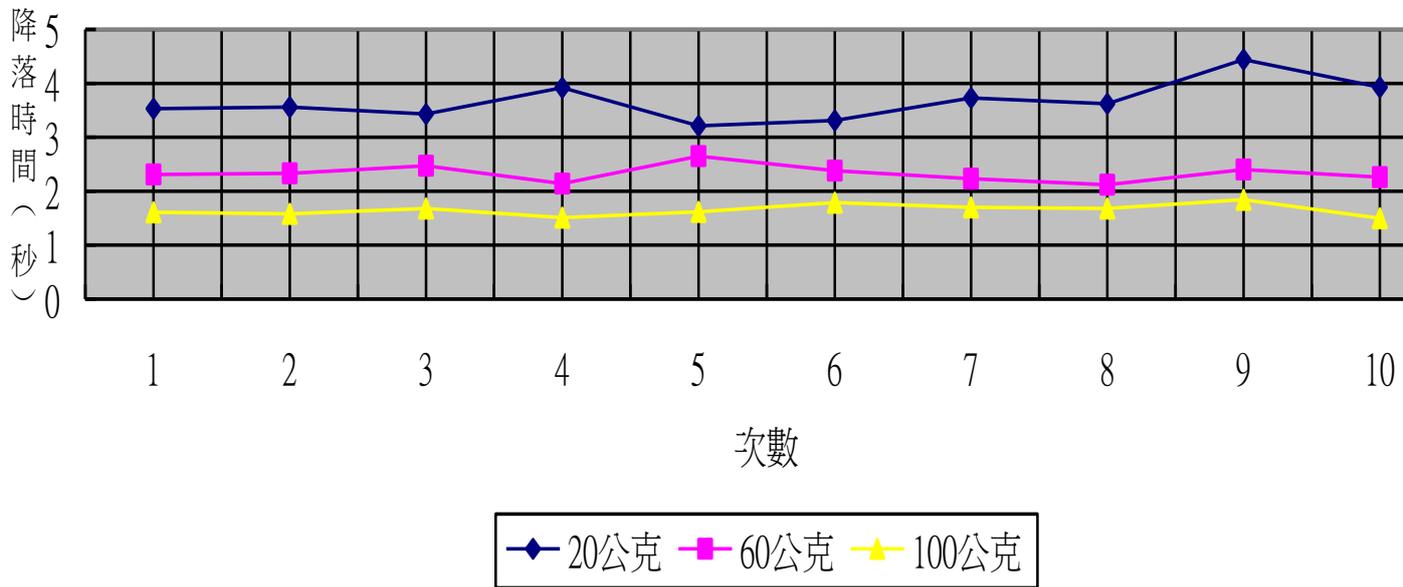
1. 砝碼 20 公克，降落平均時間為 3.76 秒；砝碼 60 公克，降落時間為 2.35 秒；砝碼 100 公克，降落時間為 1.65 秒。
2. 砝碼越重，降落時間越久。

表一：不同重量，砝碼墜落地面的時間

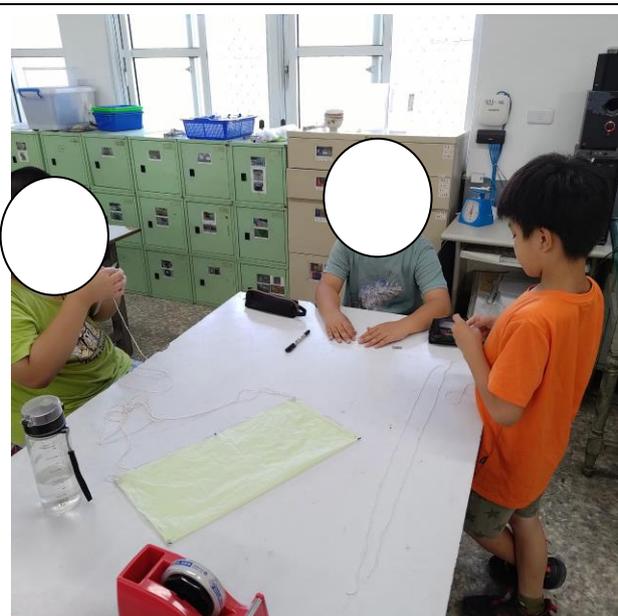
| 次數<br>時間<br>砝碼<br>重量 | 01   | 02   | 03   | 04   | 05   | 06   | 07   | 08   | 09   | 10   | 平均<br>(秒) |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| 20<br>公克             | 3.53 | 3.56 | 3.43 | 3.92 | 3.21 | 3.31 | 3.73 | 3.62 | 4.44 | 3.93 | 3.76      |
| 60<br>公克             | 2.31 | 2.33 | 2.47 | 2.14 | 2.65 | 2.38 | 2.23 | 2.12 | 2.40 | 2.26 | 2.35      |
| 100<br>公克            | 1.61 | 1.58 | 1.68 | 1.51 | 1.62 | 1.79 | 1.70 | 1.68 | 1.84 | 1.50 | 1.65      |

圖一：

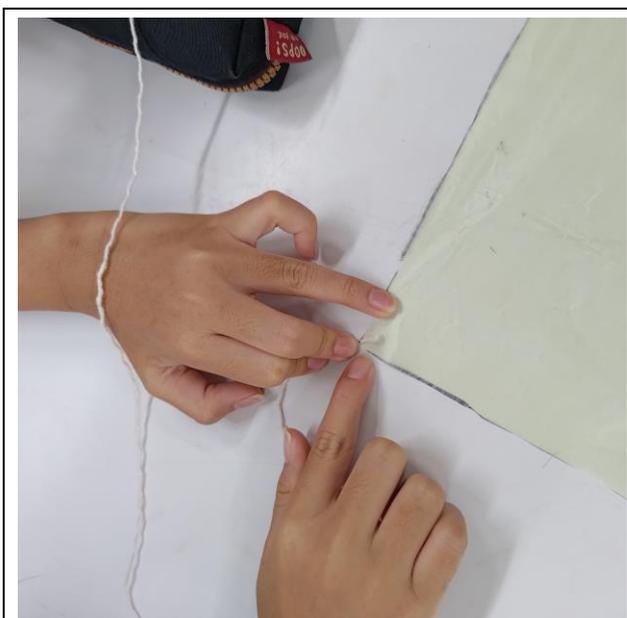
不同砝碼重量降落時間表



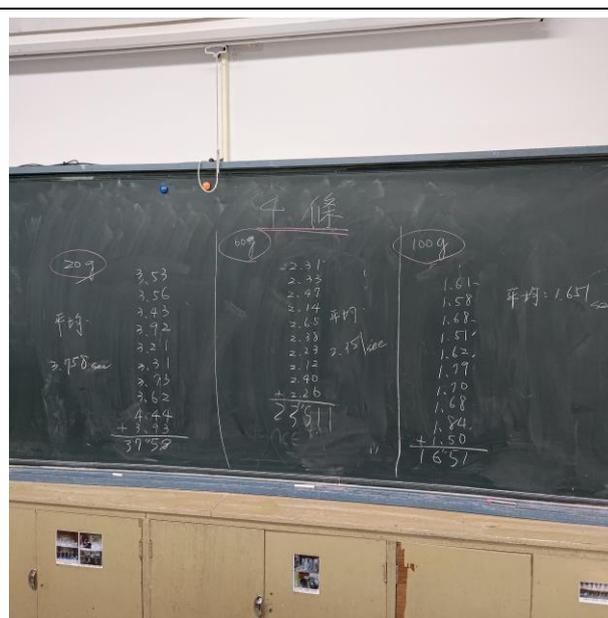
討論不同砝碼重量的實驗步驟



分組製作降落傘



用膠帶把棉線固定好



在黑板上記下實驗數據

### 三、不同棉繩數量，砝碼墜落地面的時間。

#### (一) 實驗步驟：

1. 將垃圾袋割開，以邊長 45 公分正方形為傘面。
2. 取 4 條長度為 85 公分的棉線，用膠帶分別貼在傘面的四個角落，並將這 4 條棉線的末端綁起來。
3. 以 100 公克砝碼為降落重量，把砝碼掛在棉線末端上。
4. 將降落傘傘面張開，以學校二樓為釋放高度，將降落傘放下。
5. 請同學在一旁記錄降落傘落下所需要的時間，並記錄下來。
6. 實驗結束後，把棉線數量增加為 8 條，並將棉線的位置平均分佈在傘面四周，之後以上述的方式操作，並記下降落時間。
7. 我們先將之前常用的正方形傘面面積算出來，面積為： $45 \text{ 公分} \times 45 \text{ 公分} = 2025$  平方公分，之後和老師討論，如果以相同面積來換算成圓形的傘面，半徑要多少公分。經過我們和老師的計算後，我們以半徑 $\times$ 半徑 $\times 3.14 = 2025$ ，所以半徑約為 25.4 公分。
8. 按照上面的操作方法，實驗圓形傘面、4 條與 8 條的棉線降落所需的時間。

#### (二) 實驗結果：

1. 傘面形狀為正方形，以 4 條棉線為固定傘面數量，降落平均時間為 1.65 秒；以 8 條棉線為固定傘面數量，降落平均時間為 2.21 秒。
2. 傘面形狀為圓形，以 4 條棉線為固定傘面數量，降落平均時間為 2.41 秒；以 8 條棉線為固定傘面數量，降落平均時間為 3.07 秒。
3. 傘面形狀為正方形或圓形，其固定的棉線數量越多，降落時間越久。
4. 相同棉線數量，圓形傘面比正方形傘面，降落時間比較久。

表二：正方形傘面，不同數量的棉線與降落時間的關係

| 次數<br>時間<br>棉線<br>數量 | 01   | 02   | 03   | 04   | 05   | 06   | 07   | 08   | 09   | 10   | 平均   |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 4 條                  | 1.61 | 1.58 | 1.68 | 1.51 | 1.62 | 1.79 | 1.70 | 1.68 | 1.84 | 1.50 | 1.65 |
| 8 條                  | 2.38 | 2.45 | 2.02 | 2.70 | 2.20 | 2.37 | 2.30 | 1.91 | 1.98 | 1.87 | 2.22 |

表三：圓形傘面，不同數量的棉線與降落時間的關係

| 次數<br>時間<br>棉線<br>數量 | 01   | 02   | 03   | 04   | 05   | 06   | 07   | 08   | 09   | 10   | 平均<br>(秒) |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| 4 條                  | 1.81 | 2.35 | 2.48 | 2.37 | 2.56 | 2.29 | 2.66 | 2.62 | 2.65 | 2.34 | 2.41      |
| 8 條                  | 3.12 | 2.94 | 2.76 | 3.14 | 3    | 2.95 | 3.44 | 3.31 | 2.95 | 3.08 | 3.07      |



從二樓將降落傘往下施放

不同棉線的降落傘

#### 四、棉繩長度不同，砝碼墜落地面的時間。

##### (一) 實驗步驟：

1. 將垃圾袋割開，以半徑 25.4 公分圓形為傘面。
2. 取 8 條長度為 85 公分的棉線，用膠帶分別貼在傘面的四個角落，並將這 8 條棉線的末端綁起來。
3. 以 100 公克砝碼為降落重量，把砝碼掛在棉線末端上。
4. 將降落傘傘面張開，以學校二樓為釋放高度，將降落傘放下。
5. 請同學在一旁記錄降落傘落下所需要的時間，並記錄下來。
6. 實驗結束後，把棉線長度剪短成 65 公分，之後以上述的方式操作，並記下降落時間。
7. 棉線 65 公分實驗後，再將棉線剪短為 45 公分，之後再按照上述的步驟操作。

##### (二) 實驗結果：

1. 棉線長度 85 公分，平均降落時間為 3.52 秒；棉線長度 65 公分，平均降落時間為 3.26 秒；棉線長度 45 公分，平均降落時間為 2.94 秒。
2. 棉線長度 85 公分的降落傘，平均降落時間最久。
3. 棉線 45 公分的降落傘降落時，因為線段短，所以棉線最不容易打結。

表四：圓形傘面，不同數量的棉線與降落時間的關係

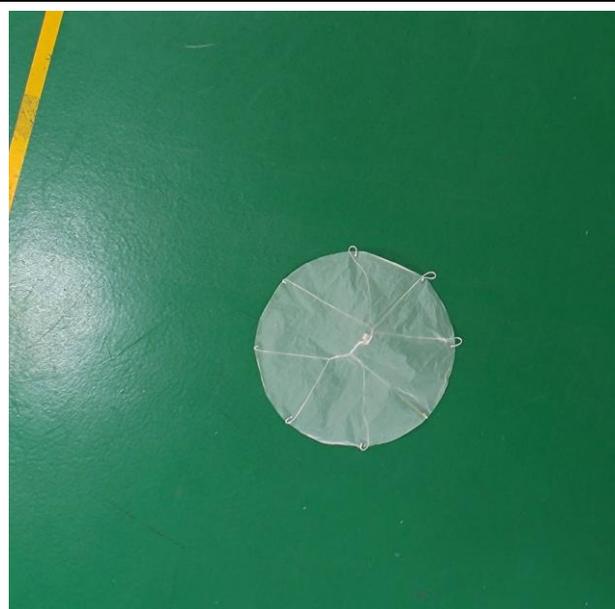
| 次數<br>時間<br>棉線<br>長度 | 01   | 02   | 03   | 04   | 05   | 06   | 07   | 08   | 09   | 10   | 平均   |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 85cm                 | 3.11 | 3.14 | 3.39 | 4.14 | 3.83 | 3.28 | 3.60 | 3.75 | 3.75 | 3.25 | 3.52 |
| 65cm                 | 3.11 | 3.41 | 2.88 | 3.16 | 3.14 | 3.20 | 3.52 | 3.43 | 3.19 | 3.56 | 3.26 |
| 45cm                 | 2.88 | 2.96 | 2.77 | 3.08 | 2.74 | 3.06 | 3    | 3.04 | 3    | 2.87 | 2.94 |



做完後剪下 20 公分的棉線



用尺量出 20 公分的長度之後剪下來



棉線 45 公分線不會打結



不同的棉線長度

### 五、降落傘面面積大小與砝碼墜落地面的時間關係。

#### (一) 實驗步驟：

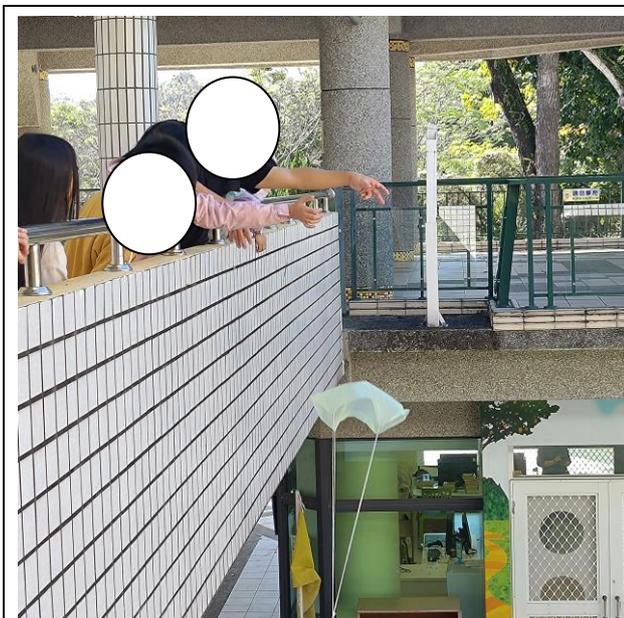
1. 將垃圾袋割開，以邊長 35 公分正方形為傘面。
2. 取 4 條長度為 85 公分的棉線，用膠帶分別貼在傘面的四個角落，並將這 4 條棉線的末端綁起來。
3. 以 20 公克砝碼為降落重量，把砝碼掛在棉線末端上。
4. 將降落傘傘面張開，以學校二樓為釋放高度，將降落傘放下。
5. 請同學在一旁記錄降落傘落下所需要的時間，並記錄下來。
6. 實驗結束後，拿出邊長 45 公分正方形的垃圾袋為傘面，再以上述的方式操作，並記下降落時間。

#### (二) 實驗結果：

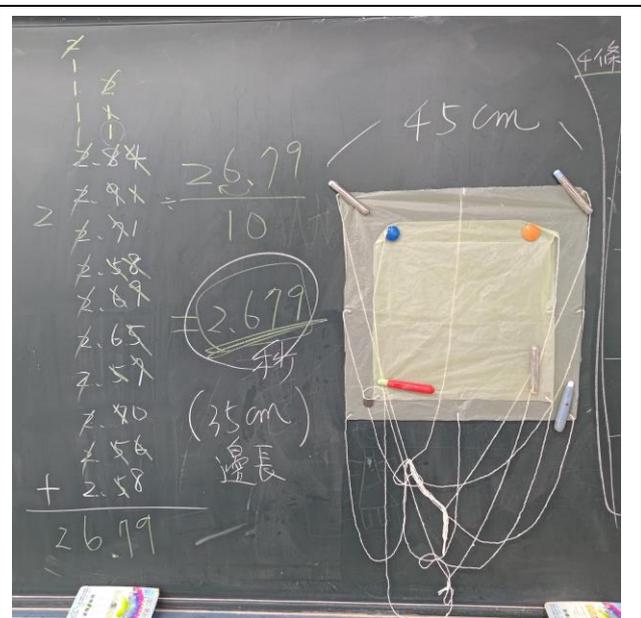
1. 邊長 35 公分正方形為傘面的降落傘，降落平均時間為 2.68 秒；邊長 45 公分正方形為傘面的降落傘，降落平均時間為 3.76 秒。
2. 傘面面積越大，降落時間越久。

表五：正方形傘面、不同面積與降落時間的關係

| 次數<br>時間<br>邊長 | 01   | 02   | 03   | 04   | 05   | 06   | 07   | 08   | 09   | 10   | 平均   |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 35<br>公分       | 2.84 | 2.91 | 2.71 | 2.58 | 2.69 | 2.65 | 2.57 | 2.70 | 2.56 | 2.58 | 2.68 |
| 45<br>公分       | 3.53 | 3.56 | 3.43 | 3.92 | 3.21 | 3.31 | 3.73 | 3.62 | 4.44 | 3.93 | 3.76 |



老師和我們一起施作放降落傘



邊長 45 公分與邊長 35 公分面積的差別

## 六、降落傘面面積相同、形狀不同與砝碼墜落地面的時間關係。

### (一) 實驗步驟：

1. 我們先將之前常用的傘面面積算出來，面積為： $45 \text{ 公分} \times 45 \text{ 公分} = 2025 \text{ 平方公分}$ ，之後和老師討論，如果以相同面積來換算成圓形的傘面，半徑要多少公分。經過我們和老師的計算後，我們以半徑  $\times$  半徑  $\times 3.14 = 2025$ ，所以半徑約為 25.4 公分。
2. 我們以半徑 25.4 公分為半徑，製作出圓形的傘面。
3. 取 4 條長度為 85 公分的棉線，用膠帶平均貼在圓形傘面的四周，並將這 4 條棉線的末端綁起來。
3. 以 100 公克砝碼為降落重量，把砝碼掛在棉線末端上。

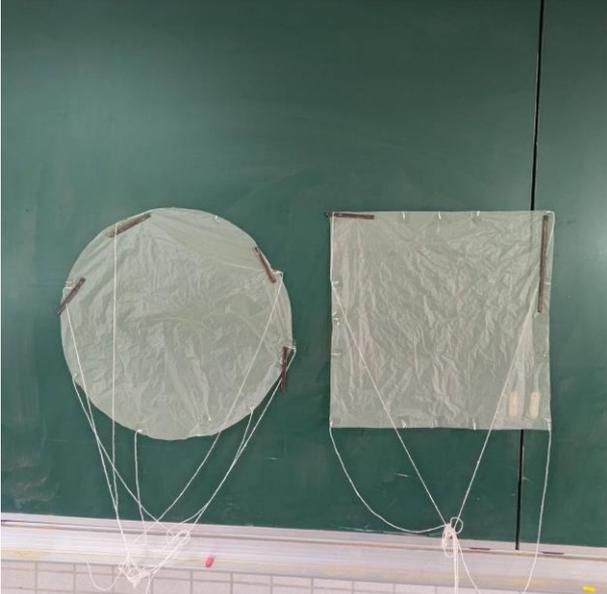
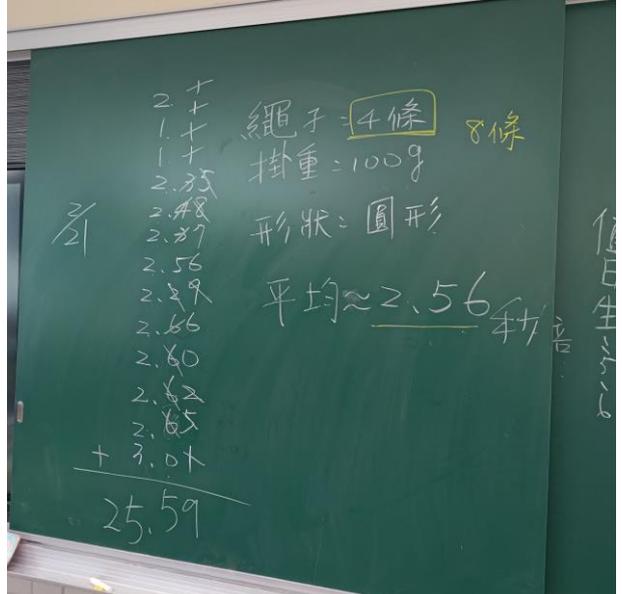
- 將降落傘傘面張開，以學校二樓為釋放高度，將降落傘放下。
- 請同學在一旁記錄降落傘落下所需要的時間，並記錄下來。
- 實驗結束後，拿出邊長 45 公分正方形的垃圾袋為傘面，再以上述的方式操作，並記下降落時間。

(二) 實驗結果：

- 邊長為 45 公分的正方形傘面，降落傘降落的平均時間為 1.65 秒；以半徑 25.4 公分的圓形為傘面，平均降落時間為 2.56 秒。
- 以圓形為傘面的降落傘，降落時間比正方形傘面來得久。

表五：不同的傘面形狀與降落時間的關係

| 次數<br>時間<br>形狀 | 01   | 02   | 03   | 04   | 05   | 06   | 07   | 08   | 09   | 10   | 平均   |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 正方形            | 1.61 | 1.58 | 1.68 | 1.51 | 1.62 | 1.79 | 1.70 | 1.68 | 1.84 | 1.50 | 1.65 |
| 圓形             | 2.35 | 2.48 | 2.37 | 2.56 | 2.29 | 2.66 | 2.60 | 2.62 | 2.65 | 3.01 | 2.56 |

|   |  |
|---|--|
|  |  |
| <p>相同面積、不同形狀的降落傘</p>  | <p>把得到的數據記錄下來並算出平均</p>   |

七、傘面形狀不同，估算傘面能容納的空氣量。

(一) 實驗步驟：

- 我們拿出傘面面積相同（2025 平方公分）的正方形降落傘及圓形降落傘。
- 將傘面周圍平均固定 8 條棉線。

3. 將降落傘懸高再倒置，之後把直徑 1.5 公分的保麗龍球慢慢加到降落傘中間。
4. 將保麗龍球加到降落傘完全可以裝完的最大量，之後把球倒出來，計算數量。
5. 兩種形狀的降落傘都按照上面的步驟實驗，再把數據記錄下來。

(二) 實驗結果：

1. 正方形降落傘可以裝入 2306 顆直徑 1.5 公分的保麗龍球；圓形降落傘可以裝入 2640 顆 1.5 公分的保麗龍球。
2. 圓形降落傘可以裝比較多的保麗龍球。



將降落傘倒置後放入保麗龍球



以每次 20 顆球，慢慢增加。



圓形降落傘放入保麗龍球的情形



正方形的傘面放入保麗龍球的情形。

八、棉繩數量不同，估算傘面能容納的空氣量。

(一) 實驗步驟：

1. 我們拿出面積相同的正方形和圓形的降落傘。

2. 先將正方形降落傘用 8 條棉線固定好，之後拿保麗龍球放進倒置的降落傘裡面。
3. 放到保麗龍球可以裝完的最大量為止，並將保麗龍球的數量記下來。
4. 之後將降落傘棉線剪成 4 條，之後再把保麗龍球放到降落傘裡面。
5. 放到保麗龍球可以裝完的最大量為止，並將保麗龍球的數量記下來。
6. 正方形傘面測量完後，再拿出圓形傘面的降落傘，依上述的實驗方式操作。
7. 把圓形降落傘能夠裝的保麗龍球記錄下來。

(二) 實驗結果：

1. 正方形傘面以 4 條棉線固定，可以放入 1812 顆保麗龍球；8 條棉線固定可以放入 2306 顆的球。
2. 圓形傘面以 4 條棉線固定，可以放入 2202 顆保麗龍球；8 條棉線固定可以放入 2640 顆的球。
3. 可以裝的保麗龍球數量越多，降落傘降落的時間越久。
4. 相同棉線數量，圓形的保麗龍球數量比較多。
5. 相同形狀，棉線越多，可以裝的保麗龍球量越多。

表六：棉線數量不同，保麗龍球的數量

| 棉線數量 | 傘面形狀   |        |
|------|--------|--------|
|      | 正方形傘面  | 圓形傘面   |
| 4 條  | 1812 顆 | 2202 顆 |
| 8 條  | 2306 顆 | 2640 顆 |



正方形傘面、4 條棉線放入保麗龍球的情形



正方形傘面、8 條棉線放入保麗龍球的情形



圓形傘面、4 條棉線放入保麗龍球的情形



圓形傘面、8 條棉線放入保麗龍球的情形

## 五、 討論：

- 一、我們剛開始做實驗時有想說到底要用多大的降落傘來做實驗，後來考量手的長度，就決定以 45 公分為邊長的正方形做傘面，因為如果面積太大，我們的手無法伸出去施放降落傘；棉線設定為 85 公分，是因為之前有看到資料，裡面提到降落傘的線要介於圓形傘直徑的 1.5 倍到 2 倍之間，我們估算過，85 公分是符合條件的，後來就以 85 公分為棉線基本長度。
- 二、在做實驗三時，我們已經準備好用 12 條的棉線固定的降落傘，不過因為線太多條了，當砝碼掉落地面時，線都會纏在一起、很難解開，所以後來就只有用 8 條與 4 條的做實驗。
- 三、降落傘的傘面材質也是令我們感到好奇的條件，不過考量到每次實驗的重量都要一樣，原來要拿來實驗的不織布、帆布、棉布手帕等，也只能放棄不用。
- 四、我們發現，圓形降落傘除了降落時間比同面積的正方形降落時間較久之外，圓形降落傘下降時較為穩定，不搖來晃去；同面積的正方形降落傘比較容易在下降的過程中晃動。
- 五、我們本來要借用室內場地做實驗，不過實驗課與學校樂隊練習時間衝突，所以後來我們大部份實驗是在室外進行，為了避免風力影響實驗結果，我們會在沒有風的情形下再做實驗。
- 六、我們本來想用一樣是流體的水來計算降落傘可以裝下的容量，不過因為水太重了，我們的棉線只靠著一小塊膠布黏著傘面，因為怕降落傘被撐破，所以我們就用重量很輕的保麗龍球來代替。

## 陸、 結論：

- 一、在實驗二中我們發現，掛載的重量越重，降落傘降落的時間越短。
- 二、實驗三我們以不同數量的棉線為操作變因，結果發現棉線 8 條比 4 條的降落時間較短。
- 三、實驗四的實驗結果顯示，棉線 85 公分平均降落時間最久。

- 四、我們把傘面面積做為操作變因，發現傘面面積大，降落時間就比較久。
- 五、在實驗六裡面我們以相同面積不同形狀來做實驗，發現圓形的降落傘比正方形降落傘，降落時間來得久。
- 六、實驗七我們探討不同形狀的傘面可以裝多少的保麗龍球，結果發現，相同面積、相同棉線數量，圓形的降落傘可以裝的保麗龍球比較多，這也可以說明，圓形降落傘可以攔住比較多的空氣，形成較大的空氣阻力，提供較久的降落時間。
- 七、我們除了探討面積不同的變因，也在研究八討論不同棉線數量對於降落時間的影響。我們發現，比較多的棉線可以協助傘面平穩的張開，也可以裝入比較多的保麗龍球，就如同上面所說，攔住更多的空氣就可以提供較大的空氣阻力，讓降落傘可以得到比較長的降落時間。
- 八、綜合以上的實驗結果，我們可以知道，傘面可以裝入越多的保麗龍球，就可以得到比較大的空氣阻力，也就讓降落傘落地的時間較長。所以無論是增加傘面的面積，或是適時增加固定降落傘的繩子，都是正確的做法，而傘面的形狀最好用圓形，除了可以提供較多的空氣阻力，在降落時也可以比較平穩的降落，而不會搖晃幅度太大。

## 柒、參考資料：

- 一、維基百科，降落傘原理：

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%99%8D%E8%90%BD%E4%BC%9E>

- 二、國立臺灣科學教育館，降落傘阻力大追查：

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/46/junior/0316/031611.pd>

