中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組　生活與應用科學科

030817

紙上談「繩」

金門縣立金城國民中學

作者姓名：
國一 黃佳君 國一 王郁雁 國一 吳俊彥
國二 黃國殷

指導老師：
蔡松輝 葉福進

紙上談「繩」

壹、　摘要

環保署在近年來大力推行禁用塑膠袋的政策，取而代之的當然是環保又隨手可得的紙袋了。而紙袋的種類與製作方式千奇百怪。本研究的目的在於紙袋上的手提紙繩部分，影響紙袋的真正負重能力。因此就學校中隨處可見的各種不同紙類，設計實驗加以研究紙類的負重能力，以及紙繩的編制方法。

我們發現，當紙繩越長、紙繩越寬，紙繩材質越緊密，以及紙繩越厚，編制方法越簡單，所能負荷的重量就越重，有些甚至超乎我們所能想像的範圍。若是能在紙袋上多所著墨，相信能夠造出超級紙袋。

貳、　研究動機：

在一個週末裡，我和媽媽出門去血拼，買了許多的東西！咦！好多紙袋喔！奇怪？為什麼印象中一撕即破的紙，竟可做成如此堅固耐用的紙袋呢？裝那麼多東西都不會破呢？於是，在隔天的自然課中，我便提出了這個令我百思不解的疑問，老師看見大家好像都想一探究竟，因此提出這個問題，做為這次科展的研究主題。就讓我們一起來探討這紙袋的神奇與奧妙吧！

參、　研究目的：

一、探討紙袋最易斷裂的位置。

二、紙繩的長度對負重量的影響。

三、紙繩的寬度對負重量的影響。

四、紙繩的材質對負重量的影響。

五、紙繩的編法對負重量的影響。

六、紙繩的連接對負重量的影響。

七、整合出負重量最好的袋子。

肆、 研究設備與器材：

- 實驗材料一：膠水、白膠、快乾膠、釘書機。
- 實驗材料二：牛皮紙、影印紙、雲彩紙、卡紙、再生紙、圖畫紙。
- 實驗器材：實驗鐵架、剪刀、S 掛勾。
- 實驗裝置見附件圖 4-1~圖 4-5

伍、 研究流程與方法：

一、 研究流程：

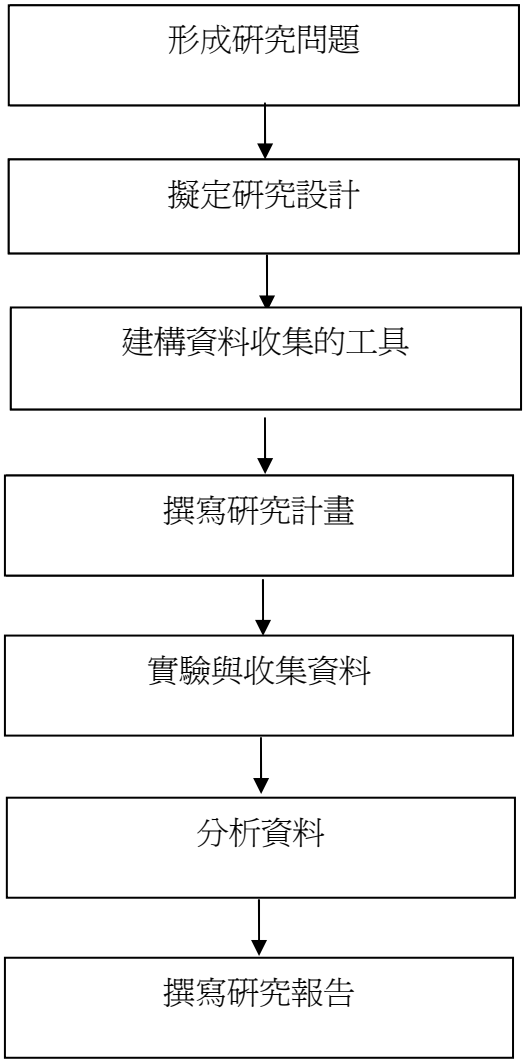
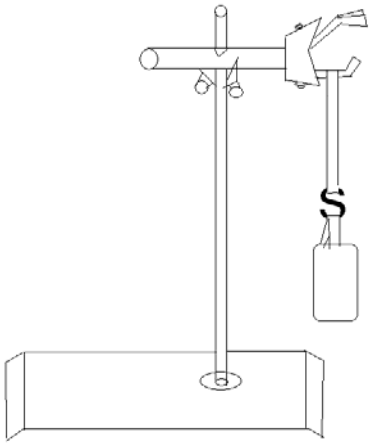


圖 5-1

二、 研究方法：

先把紙繩製作成所需長寬樣式，並利用透明膠帶將兩端懸掛於實驗鐵架及沙袋處，強化支撐點的結構。再將沙袋重物依據事先準備好的各種重量的沙袋，依序慢慢放置於下方沙袋中，直至紙繩斷裂後，記錄斷裂時的重量及斷裂的位置。 如圖 5-2。



陸、 研究過程與結果：

一、 探討探討紙袋最易斷裂的位置：

(一)步驟：

1.蒐集不同紙袋測量。

2.施以重力看哪裡後會斷。

(二)猜測結果：袋子可能會比較容易毀壞

(三)實驗結果：

表 6-1-1

袋子編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
斷裂的位置	X	X	X	X	X	o	o	X	X	X
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	o	X	X	o	X	o	o	X	X	X
備註	因為我們發現了破(斷裂)的地方多在於紙繩所以這次的實驗我們把重心放在紙繩（X 代表斷在紙繩 o 代表在袋子）									

(四)討論：因為紙繩比較容易斷裂，所以我們一致決定把這個實驗的重點

放在紙繩上。

二、紙繩的長度對負重量的影響：

(一)步驟：固定紙繩的寬度調整其他的長度。

1.先裁出其他不同的紙條。

2.量出其他不同的長度並剪裁其樣式。

3.黏上膠帶進行實驗。

(二)預期結果：可能紙繩越短越好，所以 10cm 的可能比較好。

(三)實驗結果：(見圖 6-2-1~6-2-10)

表 6-2-1　　單位：kgw

紙　繩　長　度	10cm	12cm	14cm	16cm	18cm	20cm
第一次實驗(數列一)	1.40	1.70	2.00	2.25	2.35	2.40
第二次實驗(數列二)	1.35	1.60	2.15	2.25	2.30	2.45
第三次實驗(數列三)	1.35	1.65	2.05	2.20	2.30	2.30
平　均	1.37	1.65	2.07	2.23	2.32	2.38
備　註	放入沙包時因控制不當，所以重複做了很多次。					

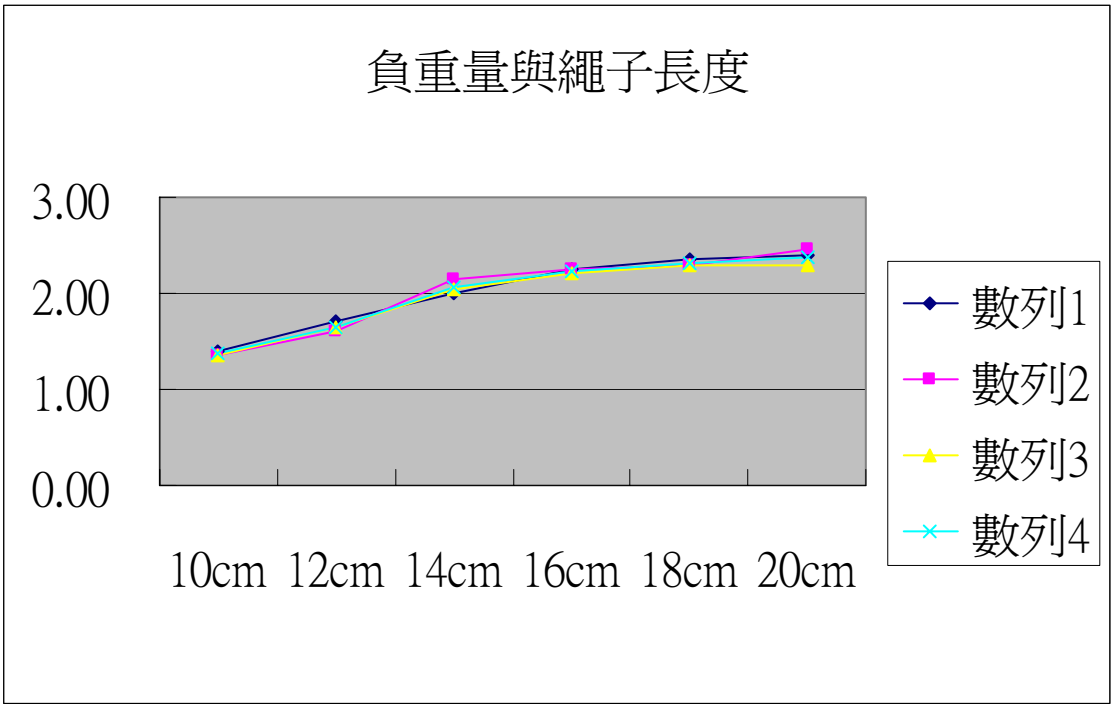


圖 6-2-11

(四)討論：

因爲受力分散了，所以最長的可分開多餘的力量，使紙繩不易斷裂。最容易斷裂的位置在紙繩黏貼膠帶的附近，可能因爲紙繩中的拉力的傳遞無法完全傳至紙繩的中心位置去，因此重力所產生的拉力集中在膠帶附近，造成紙繩的斷裂。

三、紙繩的寬度對負重量的影響

(一)步驟：

1.控制紙繩的長度爲 20cm，以紙繩的寬度作爲操縱變因。

2.先量出不同的寬度，再一一裁成紙條。

3.兩端黏上膠帶後掛載，進行負重實驗。

(二)猜測結果：紙繩越寬可能越好，所 5cm 寬的紙繩效果最佳。

(三)實驗結果：(見圖 6-3-1~6-3-7)

表 6-3-1　　單位：kgw

紙繩寬度	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
第一次實驗(數列一)	1.95	3.00	3.05	3.15	3.15
第二次實驗(數列二)	2.00	3.00	3.10	3.10	3.20
第三次實驗(數列三)	2.00	3.05	3.15	3.20	3.25
平均(數列四)	1.98	3.02	3.10	3.15	3.20
備註					

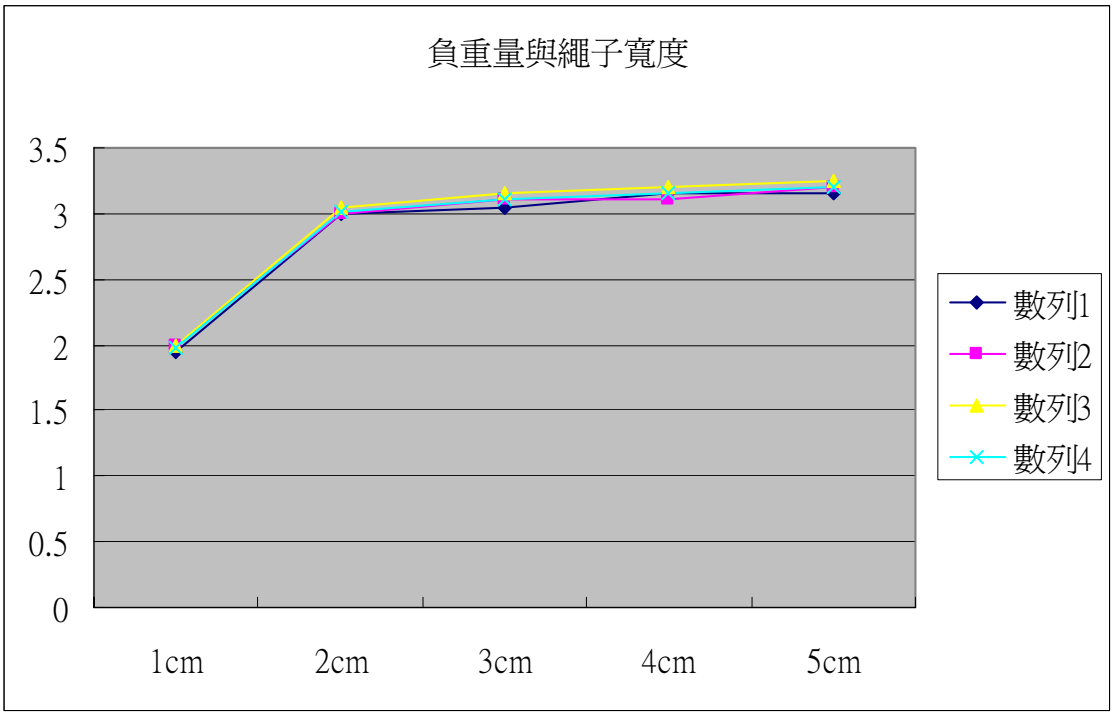


圖 6-3-8

(四)討論：

正向應力原理截面積越大，能承受的應力就越大($\sigma = \frac{F}{A}$)。但所有的材質能承受的應力不一樣，所以我們認爲越寬越好，但是材料也是一大重點，所以最寬紙繩，因其截面積最大，在相同的外力作用下，所以能夠承受的應力會較小所以，較不容易斷裂。

四、紙繩的材質對負重量的影響

(一)步驟：探討不同的材料，對負重量的不同。

探討兼顧需要哪些因素，藉由結果進一步討論哪種特性的紙對堅韌度有幫助。

1.先以不同的紙裁成一樣長寬的紙條

2.在黏上膠布進行實驗

(二)猜測結果：卡紙比較硬可能會比較好

(三)實驗結果：(見圖 6-4-1~6-4-9)

表 6-4-1　　單位：kgw

紙　繩　材　質	牛皮紙	影印紙	雲彩紙	卡　紙	再生紙	圖畫紙
第一次實驗(數列一)	5.55	6.90	5.00	12.00	2.70	6.80
第二次實驗(數列二)	6.00	7.00	5.15	12.05	3.00	6.85
第三次實驗(數列三)	5.55	6.95	5.05	12.05	2.85	7.00
平　均（數列四）	5.70	6.95	5.07	12.03	2.85	6.88
備　註						

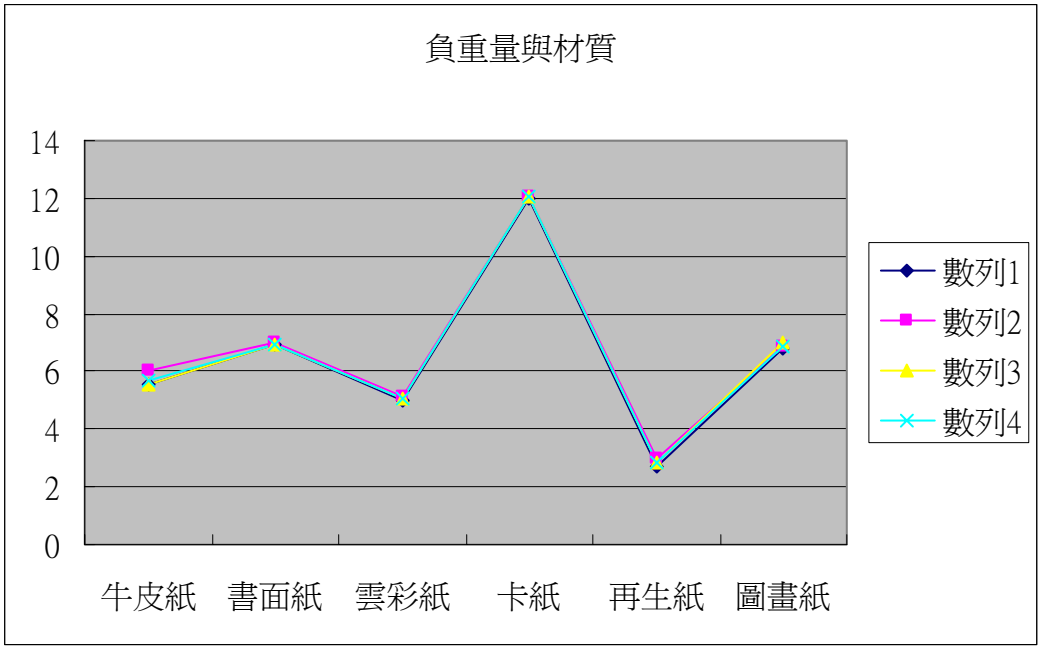


圖 6-4-10

(四)討論：

因為卡紙的密度較高，所以外來的力量可以在紙繩中傳遞，可以更平均的分配在每一個點上，所以在同樣的面積上，密度越高的材質，應力的傳遞的較均勻，也可以擁有更好的負重能力。

五、 紙繩的編法對負重量的影響

(一)步驟：探討紙繩的結構上哪種結構叫利於幫助紙繩，提升堅韌度，但須保持紙繩的一樣與長、寬、面積。

進一步討論其原理

1. 先做出不同的紙繩並控制好寬度面積。
2. 再以不同的編法編制。

3. 套上實驗器材。

4. 計算資料。

(二)猜測結果：彈簧形的可能會比較好應為比較能承受拉力。

(三)實驗結果：(見圖 6-5-1~6-5-5)

表 6-5-1　　單位：kgw

紙繩編法	捲曲	對折	彈簧型	2 條纏繞	3 條纏繞
第一次實驗(數列一)	1.50	3.00	1.00	1.80	2.00
第二次實驗(數列二)	1.45	3.00	0.95	1.75	1.85
第三次實驗(數列三)	1.50	2.85	0.90	1.85	1.90
平均(數列四)	1.48	2.95	0.95	1.8	1.92
備註					

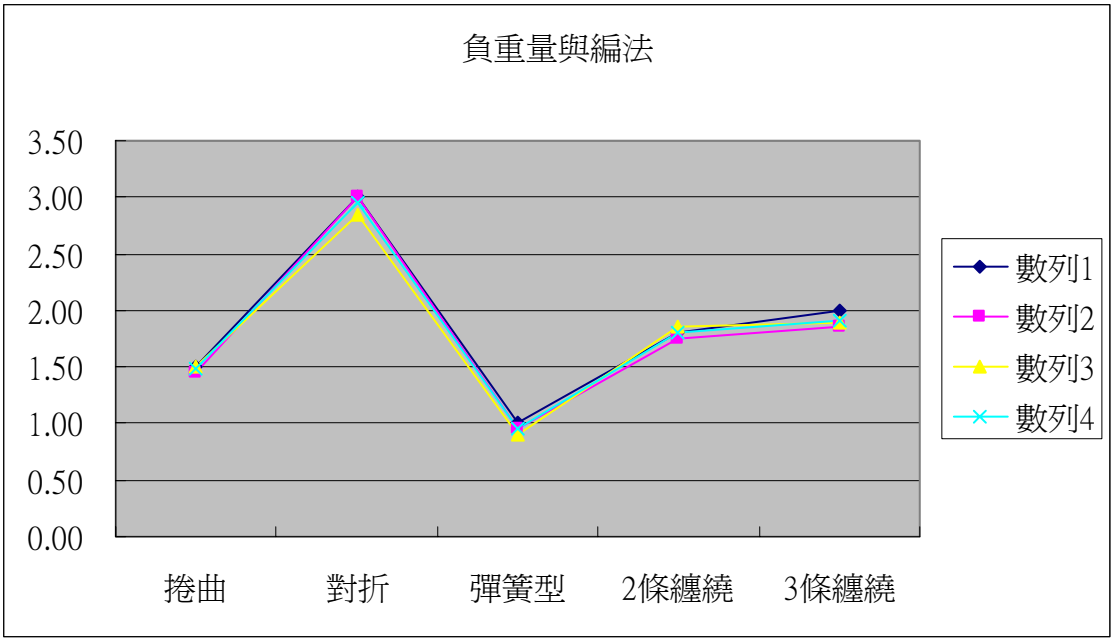


圖 6-5-6

(四)討論：

因為捲曲跟彈簧型的都改變了紙的結構，並增加了側向的力量。所以在往下拉力的過程中，紙都會往內聚進而把紙繩繫在一起，紙繩又不夠堅硬，因此紙繩容易斷裂，而纏繞型的也是如此，所以還是比較沒有改變太多其結構的對折比較好。

六、紙繩的連接對負重量的影響

(一)步驟：

利用不同的膠水、連結方式使得紙繩和袋子不易脫落，可以大大減少紙繩脫落的機率，變大大增加了負重量。

1.蒐集不同種的黏著劑。

2.在兩端以不同接著方式固定。

3.再利用不同負重，測量出重量。

4.計算資料

(二)猜測結果：用訂書機應該比較可以固定，若再以打結的方式可能會比較好。

(三)實驗結果：(見圖 6-6-1~6-6-7)

表 6-6-1　　單位：kgw

黏著方法	膠水	樹脂	快乾膠	雙面膠	釘書機	絕緣膠帶	迴紋針	對照組〈膠帶〉
第一次實驗(數列一)	3.65	4.15	6.00	3.45	1.65	2.55	2.55	2.40
第二次實驗(數列二)	3.60	4.10	6.10	3.40	1.70	2.60	2.50	2.45
第三次實驗(數列三)	3.50	4.25	6.05	3.50	1.60	2.40	2.45	2.30
平均（數列四）	3.58	4.17	6.05	3.45	1.65	2.52	2.50	2.38
備註	迴紋針組滑落							

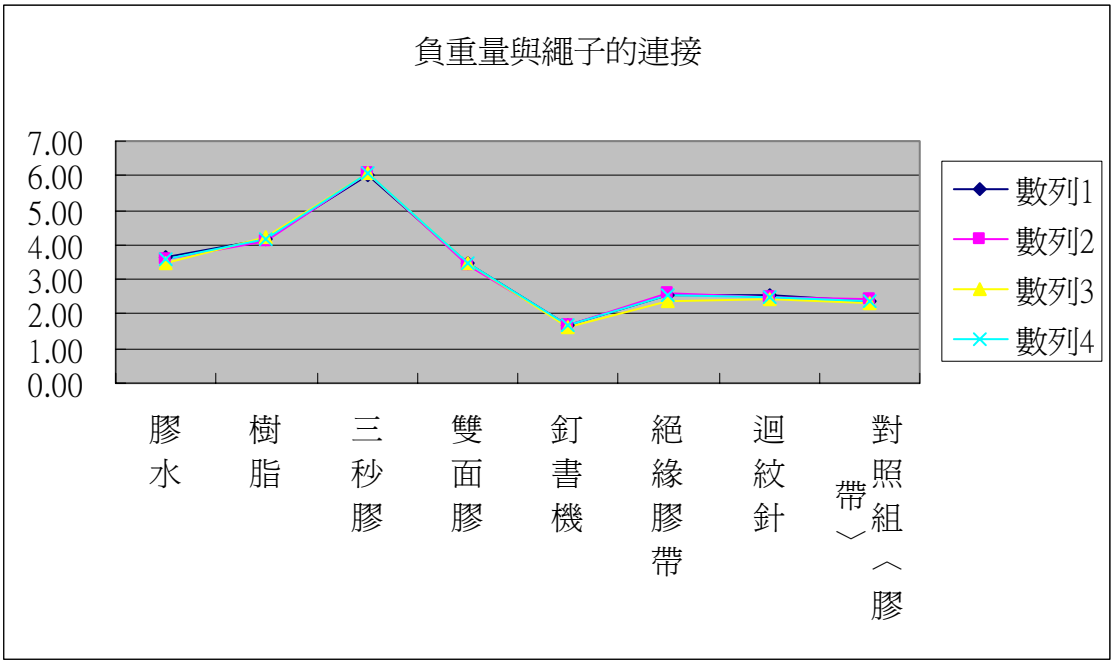


圖 6-7-8

(四)討論：

實驗結果顯示，只要是黏著劑都會比只用膠帶固定好，可能是因爲膠帶能的不多，但黏著劑可以把兩張紙緊緊黏住吧，其中又以三秒膠最好，可能是因爲黏起來的時候三秒膠在外面形成一個保護較爲堅硬的物質，結構更強，因此不易斷裂。

柒、 討論與結論：

一、 實驗二中做出來的結果最長的最好，遠遠超出我們的猜測，至於爲什麼我們上網找到了個較好的解釋。因爲比較長，所以同樣一個點能承受的力量，面積較大，相對能承受的力量也就多了。

二、 實驗三中跟我們的猜測一樣，越寬真的越好，但是跟我們一開始想的有點差異。當初我們是想在比較大的面積裡面能承受較大的負重，但是我們後來找到了新的資料「正向應力」可以合理得解釋我們所做的。正向應力的解釋，例如在一個圓柱體上你往兩邊施力，把圓柱體切成一半，

其截面積爲圓形而所承受兩邊力量（F）的也就是這個截面積，所以證明了不只面積有關係，跟截面積（A）也有很大的關係，$\sigma = \frac{F}{A}$是正向應力的公式（normal stress）。

三、 實驗四中紙繩的材質正如我們的預期，卡紙最好。其中最奇怪的也是卡紙，因爲到目前爲止我們做實驗中斷裂處都在膠帶附近，唯獨卡紙斷的地方跟膠帶有一點距離。我們認爲可能的原因，在於卡紙密度較高較硬，在紙中力量能夠傳遞到較遠的地方，所以力量不易聚集在膠帶附近使膠帶旁斷裂，因此斷裂處在紙繩的中間位置的地方，而非如同其他實驗，在兩端的掛載點附近位置。

四、 實驗五在紙繩的不同編法中，要先考慮到紙繩的材質並加以控制。材質夠堅固，就比較不容易斷。若是破壞了其結構，並造成側向的力量，可能就不太好了，較容易發生斷裂。

五、 實驗六中紙繩的連接，出乎我們的意料外，因爲要出去吃飯了三秒膠一直黏不起來，眾人放棄的時後便出去吃飯了，等到回來以後，奇蹟似的黏住了，拿下去做實驗更跌破大家的眼鏡，竟然可以撐到六公斤重不斷，後來我們觀察他的斷裂處，發現也是在黏著處的上面，因此我們後來撕的時候發現，原來三秒膠改變了他的物理性質，表面多了一層不知名的物體，變的也硬多了。

六、 綜合以上的優點，我們發現紙繩要越長越好，越寬越好，而且材質以密度高的爲佳，但是可能考慮到其他因素例如太硬，太貴這也不行，如果是要自作自用的話就可以考慮錢的問題，至於紙繩的編法，盡量以不要破壞紙的結構爲主，還有黏接的方式，一般來說，只要耐力大於紙繩的耐力就可以避免紙繩脫落，只要紙繩夠堅固，就不易斷掉了，有了以上幾點，必能做出一個好用的袋子。

七、 另外在實驗的過程當中，雖然重點都著重在紙袋中手提的紙繩部分。除

此之外，紙袋的材質與製作方式也是影響所裝載物品的負重量，在往後的探討問題中，若是能夠針對紙袋部分加以實做與證明，尋求出最佳紙袋的材質與製作方式，紙袋的長寬比例，定能做出完美的紙袋，並能多推廣紙袋，這是本次研究中美中不足的地方。

捌、 參考資料：

呂世璋(民88)，彈簧力常數的探討，**國中資優生理化科補充教材**，p17~p22，金城國中。

張涵茵、吳宗翰、張琦雯等(民93)，手提紙袋知多少，**中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯**。

康軒文教機構(民93)，**國民中學自然與生活科技三上**，台北市，台北文教機構。

蕭添逕、蘇秦明(民86)，**工程力學**，p1~p17，台北市，矩陣出版。

玖、附錄：

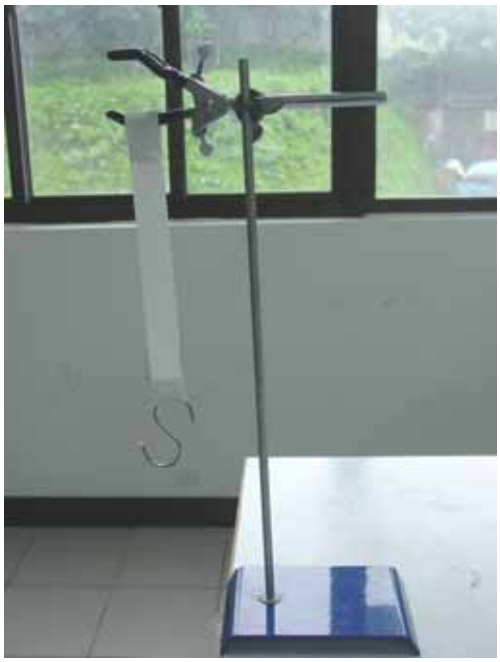


圖 5-1

圖 5-2

圖 5-3

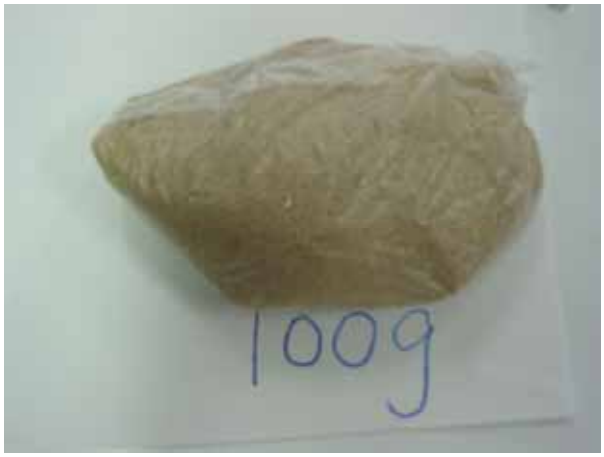


圖 5-4

圖 5-5

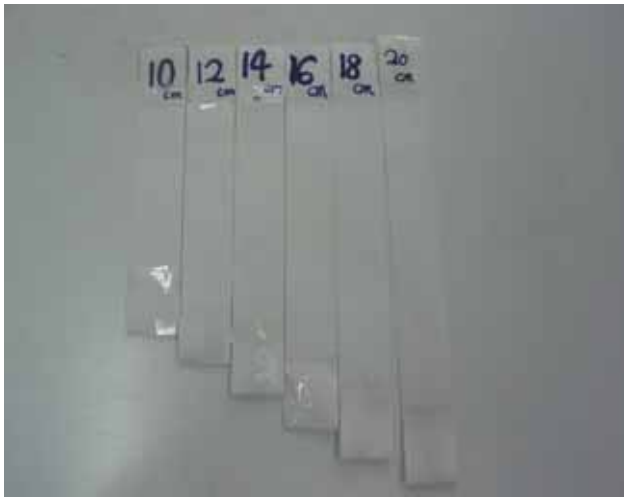


圖 6-2-1

圖 6-2-2

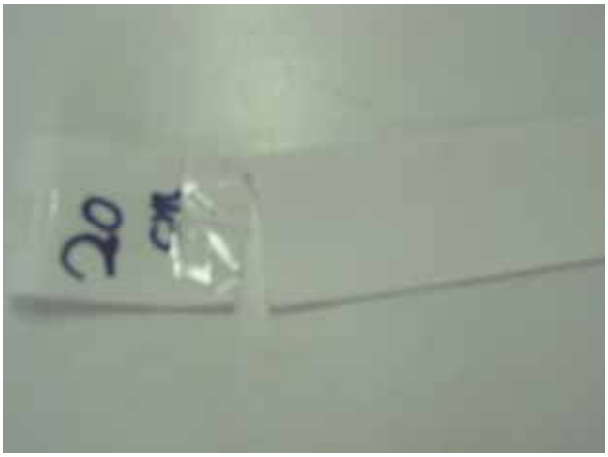


圖 6-2-3

圖 6-2-4

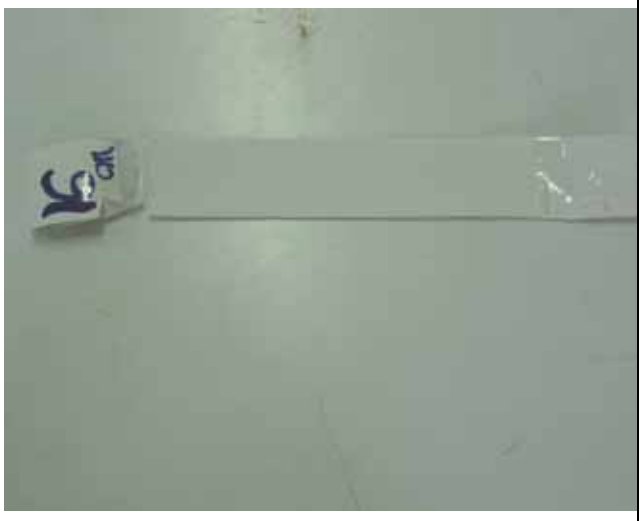


圖 6-2-5

圖 6-2-6

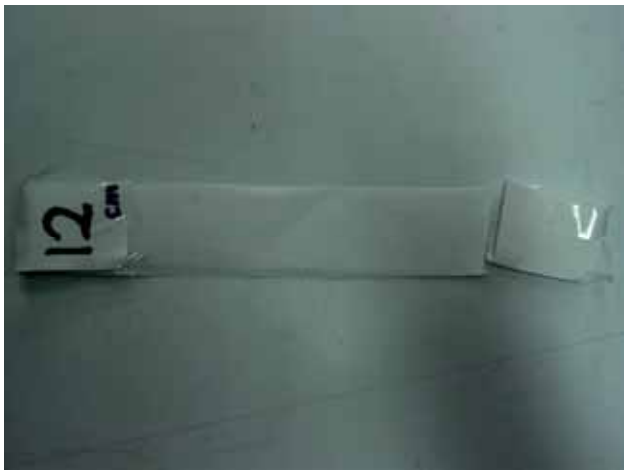


圖 6-2-7

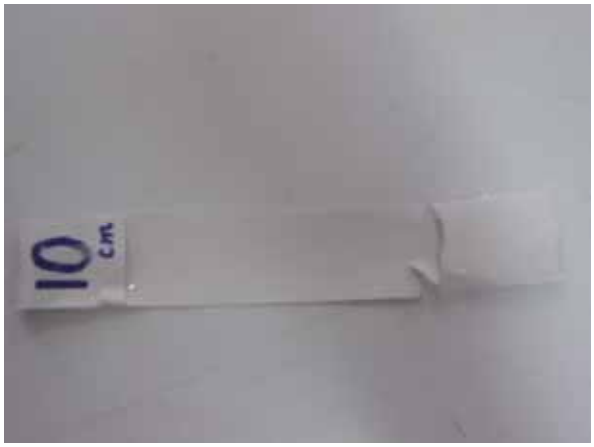


圖 6-2-8

圖 6-2-9

圖 6-2-10

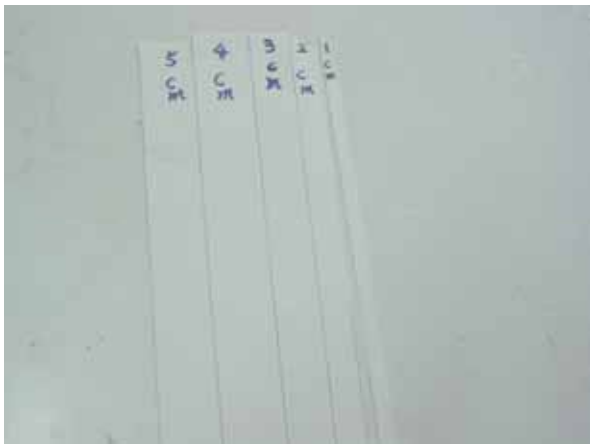


圖 6-3-1

圖 6-3-2	圖 6-3-3
圖 6-4-3	圖 6-3-5

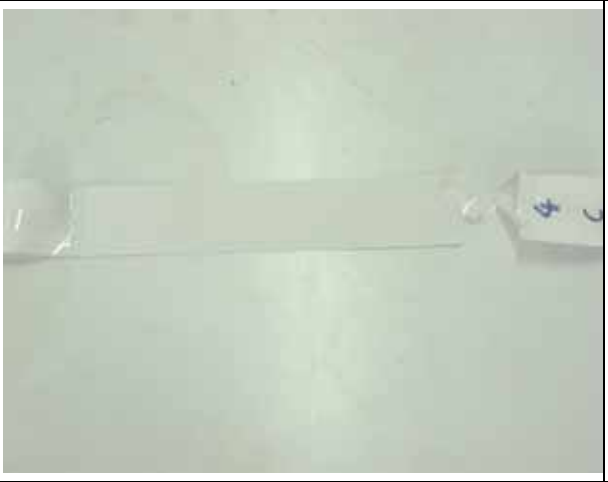



圖 6-3-6	圖 6-3-7

圖 6-4-1

圖 6-4-2

圖 6-4-3

圖 6-4-5

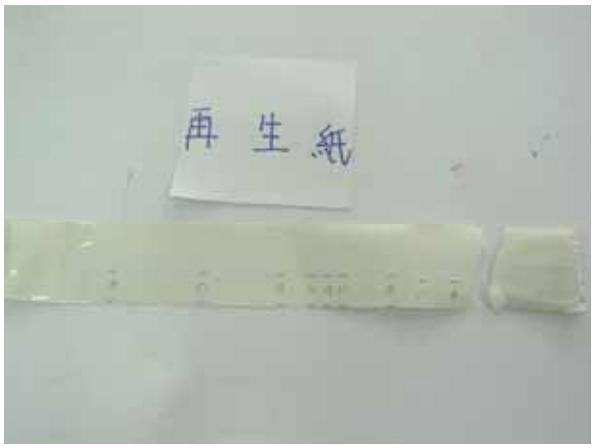


圖 6-4-6

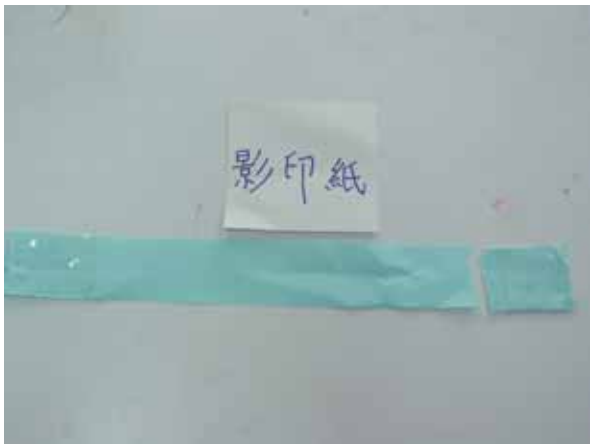


圖 6-4-7

圖 6-4-8

圖 6-4-9

圖 6-5-1

圖 6-5-2

圖 6-5-3

圖 6-5-4

圖 6-5-5

圖 6-6-1

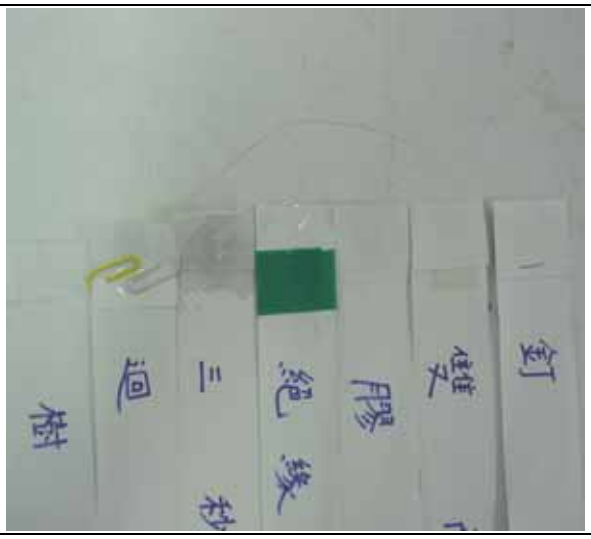


圖 6-6-2

圖 6-6-3

圖 6-6-4

圖 6-6-5

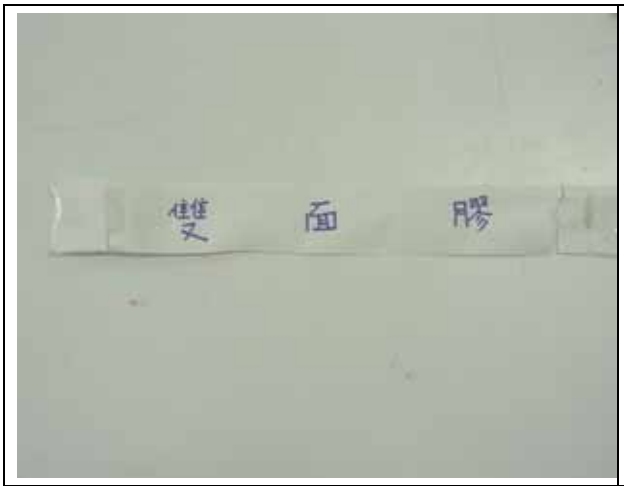


圖 6-6-6

圖 6-6-7

圖 6-6-8

圖 6-6-9

圖 6-6-10

圖 6-6-11

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評　　語

國中組　生活與應用科學科

030817
紙上談「繩」

金門縣立金城國民中學

評語：
利用簡易的實驗探討紙繩與重量的關係，具有環保與科學性，若能輔佐以簡易的儀器設備，應能深入的探討，獲得更大的實用性。