

載卡多——從平面到立體， 活頁紙三度空間的研究和應用

初小組應用科學科第三名

台北市龍山國民小學

作者：翁子恒、車宗翼、林姿吟、歐家達

指導教師：翁進勳、劉美玲

一、研究動機

- (一)運動會佈置場地時，工友伯伯拿了一疊平面的紅紙，打開以後，就成為立體圓形的彩球，順手一壓，又回復到原來平面的形狀。
- (二)過年前的電視新聞，曾經播出一則美國最新科技，利用電腦軟體設計一個帳篷，打開以後，容積最大，摺疊以後則變為最小以便攜帶。
- (三)以上兩件事情，引起我們的興趣和好奇，於是向老師請教，老師告訴我們日常生活中類似這樣的事情蠻多的，要我們多去觀察、研究，並實際以活頁紙做看看。

二、研究目的

- (一)日常生活中有哪些事物可以變換空間的大小，應用原理為何？
- (二)以活頁作為實驗的材料，探討摺疊形狀對其空間變換以及載重量的考驗？
 - 1.活頁紙的觀測：
 - 2.活頁紙厚度的變化與載重的關係？
 - 3.活頁紙立體造形，其底面積和高度與載重量的關係？
 - 4.活頁紙摺疊波浪形狀的大小與載重量的關係？
- (三)如何應用活頁紙以及實驗原理、創作多功能又富變化有趣的三度空間？
 - 1.動態圓柱體：（帳篷拱橋模型）
 - 2.動態長方體：（巨蛋體育館模型）
 - 3.動態角柱體：（飛碟模型）

三、研究設備器材

(一)材料

- 1.活頁紙
- 2.剪刀
- 3.刀片
- 4.長尺
- 5.砝碼
- 6.鉛片
- 7.彈簧夾(稱)
- 8.半圓規(量角器)
- 9.天平
- 10.承載重量實驗箱。

四、研究過程或方法

(一)日常生活中有哪些事物可以變換空間的大小，應用原理為何？

方法：

我們在老師的指導下，和同學們一齊論，並實地的觀察和記錄，列舉如下表：






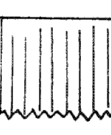

圖 樣	名 稱	應 用 原 理
	彩 球	利用紙張摺疊以及迴轉360度的原理，使用多層平面(半圓形)，圍成一個球體。
	帳 篷	利用帆布的可摺疊性、收縮開展容積，以變換空間。
	雨 傘	利用布料的可摺疊性以及傘骨開合操作的原理，使表面積撐大或縮小。

圖 樣	名 稱	應 用 原 理
	鐵捲門	利用鐵片互相嵌合的原理，使鐵片與鐵片之間，方向能夠改變，以利上下捲動。
	百葉窗	利用繩索調整塑膠片的角度，以產生密合或空隙，並可收縮或開展面膠。
	活動式 隔 間	利用塑膠片，反覆摺疊以產生波浪狀收縮可節省空間，拉開可作隔間之用。
	彈簧圈	利用彈簧的伸展性，拉開擴大容積，鬆手則恢復原狀。

結果與討論：

1. 以上所列七種空間變換的事物是日常生活最常見的，但老師說還有很多我們沒有觀察到的，因為我們年紀還小。
2. 任何事情從表面看似簡單，但背後有一番學問及應用的原理：
 - (1)質料如能反覆摺疊，可以節省空間，需要時可以拉開，不需要時放回。

(2)彩球以中心為軸，迴轉360°（一圈）可使多層平面（半圓形）組合成球體。

(3)彈簧拉長擴大佔用空間，放鬆就回復原狀以節省空間。

(4)東西與東西相互嵌合，（如齒輪嵌合）可因需要而改變運動方向。

3.由上述四點啓示，我們發現了日常使用的活頁紙，具有摺疊、迴轉、施壓、收縮開展一變換空間的特性，可以作我們實驗應用的材料。

(二)以活頁紙作為實驗的材料，探討摺疊形狀對其空間變換以及載動力的考驗？

1.活頁紙的觀測：

方法：觀察、測量

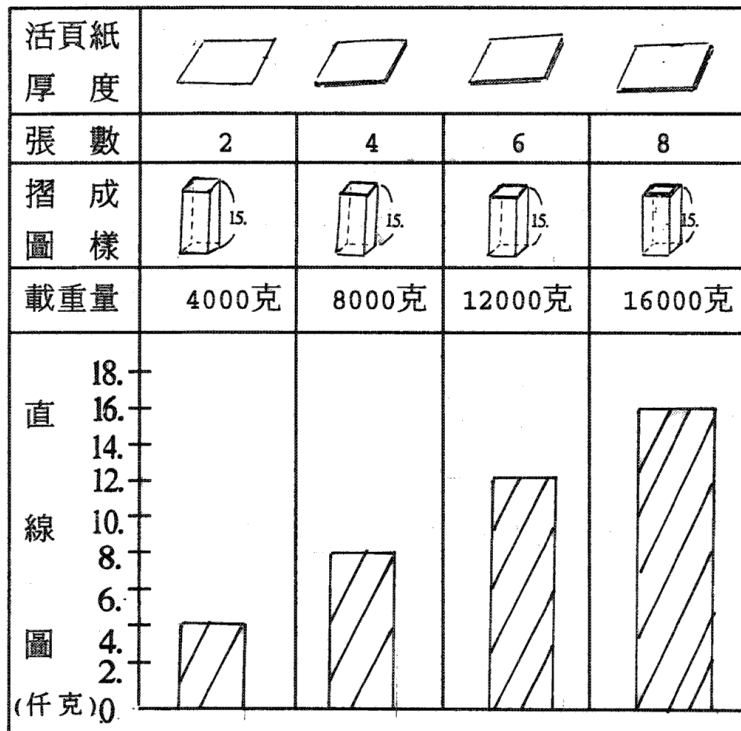
(1)我們到文具店買回一本活頁紙，長寬用長尺測量是18×26公分，但一張紙的厚度很難測量，於是我們試著以整本的厚度0.9公分，除以一本80張， $0.9 \div 80 = 0.01125$ 公分得到每一張活頁紙的長寬厚為18×26×0.0125公分。

(2)我們仔細觀察活頁紙表面印有0.8公分的條紋共有29條，可作為摺疊對齊的標準線。

2.活頁紙厚度的變化與載重量的關係？

方法：

我們分別以2、4、6、8張厚度的活頁紙摺成大小相同的四角柱，上底各覆以盒子盛裝的砝碼，一直加到柱體不能負荷重量為止，實地測量他們的載重。



結果：

1.我們發現活頁紙厚度愈厚（即張數愈多）載重量愈大，反之即愈小。

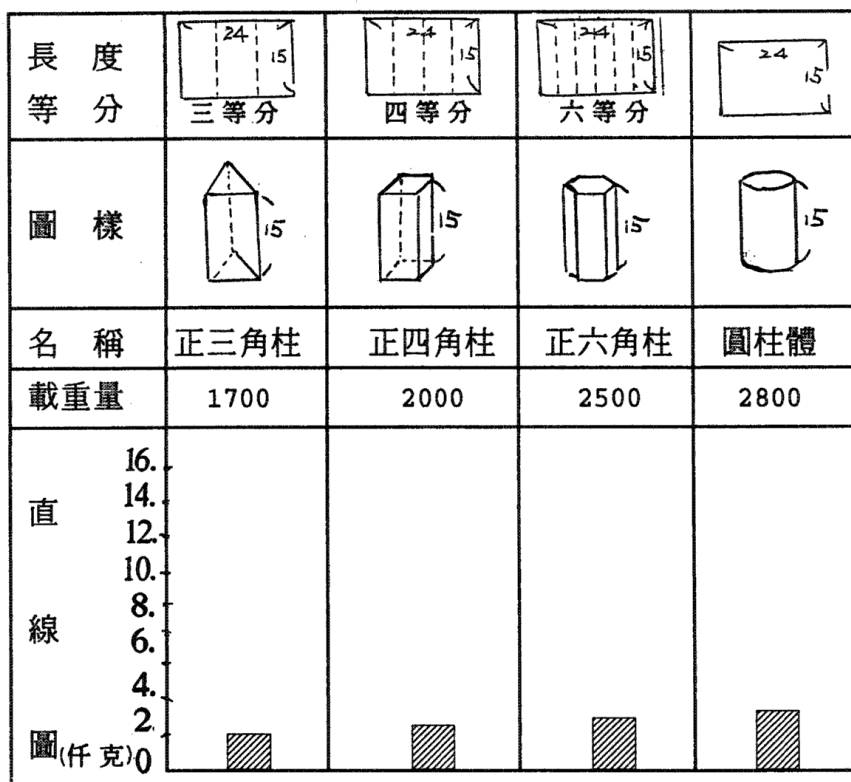
2. 載重量與張數成正比。4張厚度的活頁紙，其載重量約等於2張厚度的2倍，依此類推6張的三倍，8張的四倍……。

(三)活頁紙立體造形，其底面積和高度與載重量的關係？

(1)立體造形跟載重量的關係：

方法：


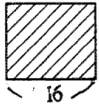
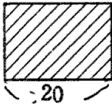
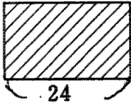


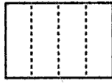
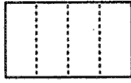




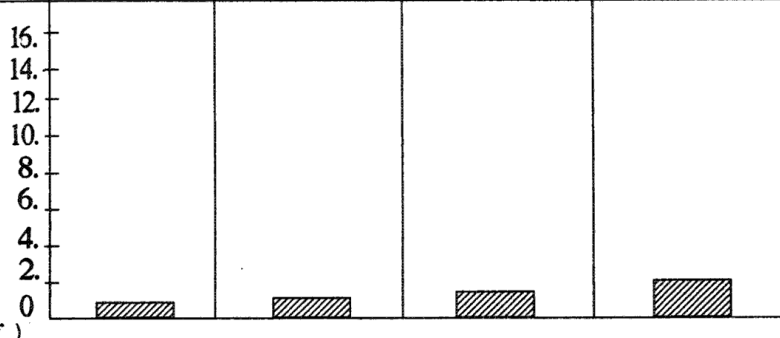
我們利用四張大小相同的活頁紙，依其長度等分後，摺成四種不同形狀的柱體（如圖樣），柱體上底覆以盒裝的砝碼，實地測量他們所能承受的載重量。



結果：我們發現周長同樣24公分所圍成的四種立體造形，以圓柱體的載重量最大，三角柱體則最小。在高度相同的情況下，我推測是圓柱體的底面積較大的緣故。假設底面積和高度改變以後；所承受的重量是否也會不同呢？

(2)高度相同的柱體，其底面積大小跟載重量的關係：

方法：我們將四張高度相同而長度不同的活頁紙，摺成四種底面積大小不同的角柱體（以四角柱為模型），上底覆以盒裝的砝碼，實地觀測他們的載重量：

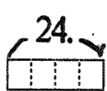
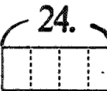
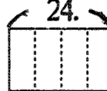
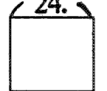




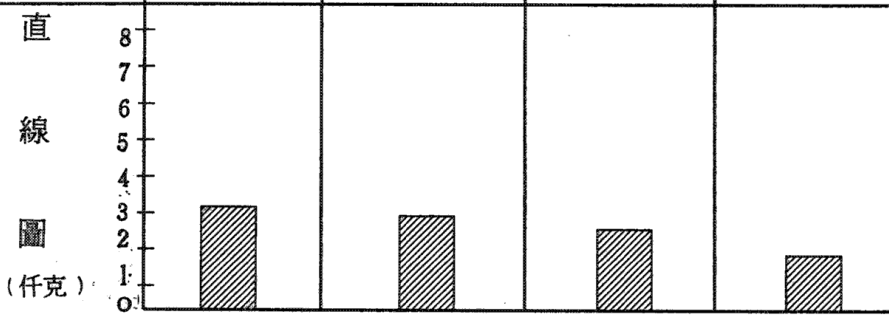
活頁紙 長 度				
長 度 等 分	四等分 	四等分 	四等分 	四等分 
四角柱 圖 樣				
底面積	9平方公分	16平方公分	25平方公分	36平方公分
載重量	500克	800克	1400克	2000克
直 線 圖 (仟克)				

結果：1. 我們發現在高度相同的情況下；柱體底面積愈小的載重量愈小。反之，底面愈大的載重量愈大。

2. 假設底面積相同而在柱體高度不同情況下，載重量是否一樣呢？於是我們再做下列的實驗：

③底面積相同的柱體，其高度長短跟載重量的關係？

方法：我們取四種底面積相同（36平方公分）的四角柱，分別截取6、9、12、15公分的高度，上底覆以盒裝的砝碼，實地觀測他們的載重量：

活頁紙																			
摺成圖樣																			
柱體高度	6公分	9公分	12公分	15公分															
底面積	16平方公分	16平方公分	16平方公分	16平方公分															
載重量	3500克	3000克	2500克	2000克															
直線圖 (仟克)	 <table border="1"> <caption>直線圖數據</caption> <thead> <tr> <th>柱體高度 (公分)</th> <th>載重量 (克)</th> <th>載重量 (仟克)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6</td> <td>3500</td> <td>3.5</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>3000</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>2500</td> <td>2.5</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>2000</td> <td>2.0</td> </tr> </tbody> </table>				柱體高度 (公分)	載重量 (克)	載重量 (仟克)	6	3500	3.5	9	3000	3.0	12	2500	2.5	15	2000	2.0
柱體高度 (公分)	載重量 (克)	載重量 (仟克)																	
6	3500	3.5																	
9	3000	3.0																	
12	2500	2.5																	
15	2000	2.0																	

結果：1.我們發現在底面積相同的情況下，柱體高度愈短承載的愈大，反之高度愈長，承載的重量愈小。

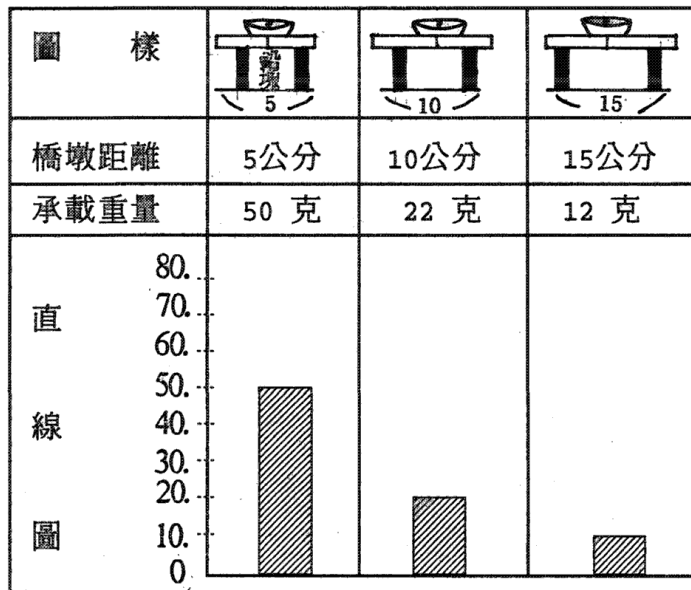
2.我們推想是因為高度愈高，好比玩積木堆得愈高；重心不穩容易垮下來的緣故。於是我們請教老師，老師告訴我們：這與撐竿跳選手拿短竿和長竿有所不同，同樣體重加之在長竿容易彎曲，短竿則否。要我們繼續的做下列實驗：

(4)跨距大小與活頁紙承載重量的關係？

方法：1.我們設計了三座不同跨距的橋墩，跨距分別為5、10、15公分。

2.我們把一張活頁紙，四等分對摺形成平面，橫跨在橋墩上面。

3.在跨距的中心點，懸吊鉛塊，然後觀測他們所能承載的重量。



- 結果：1. 我們發現橋墩距離愈大，平面承載的重量愈小，距離愈短，則承載的重量愈大。
2. 我們再一次的證明了角柱體在底面積相同的情況下，高度愈高所能承受的重量是愈小的。
3. 我們的疑問是目前的建築物、橋樑都是高柱體、大跨距，如何增加他們承載的重量呢？有什麼辦法可以補強呢？

評語

1. 此題材為歷屆各級科學展覽中常見之題材，在本作品中能予以在國小學生能力下進行延伸，將靈感充分發揮。
2. 各個研究問題均充分做深入討論。
3. 結論中宣稱立體造形中高度較短的承載重量較大，但短至某一程度在摺疊上有困難且強度會減少，故短至某一極限的情況並未深入分析。
4. 作品生動活潑。