

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

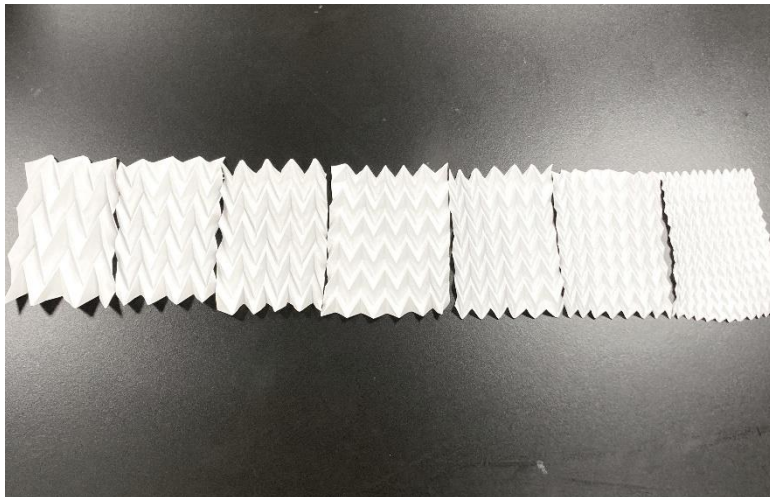
國中組 成果報告表單

題目名稱：好沉重的承重~探討密鋪摺紙與承重量的關係
一、摘要
本實驗主要研究的主題為： (一) V 摺摺法在不同紙質時的承重效果 (二) V 摺及密鋪摺法的承重效果比較 研究結果指出： (一) V 摺摺紙在實驗中是最厚的道林紙承重效果最佳，可推知紙張愈厚承重效果愈好。 (二) 密鋪摺法的承重效果會大於 V 摺的承重效果(即紙張側邊高度變化量小)
二、探究題目與動機
一、前言 之前理化課時，我們在書包的底部找到某次在書上看到、只是單純覺得重複且規律的構造很好看而隨意做的摺紙，原本以為一定已經變得破爛且皺而想當成垃圾丟掉，拿起時卻意外發現雖然摺紙被壓在許多課本下，可是不但沒有被壓損，連外觀都幾乎看不見凹陷的變化，甚至可說是沒有改變。因為這次的發現，上網查詢後找到這種是類似於名為「密鋪」的摺紙，我們也開始好奇，一張紙所摺出的「密鋪」最多可以負載多少的重量？ 二、文獻探討 為此我們查詢到了 2022 年全國科學競賽《三浦摺紙~探討摺數與負重量之關係~》，研究發現摺數愈多能乘載的重量並不會愈來愈重，而是在超過一個限度承重量便不再有顯著提升。在參考三浦摺疊(ミウラ折り)之外，我們也發現幾種摺法的密鋪摺紙亦能達到承重的效果，所以我們決定探討關於不同摺數與負載重量的關係。將參考相關摺紙書籍並進行各種變因的操作，達到更良好的承重效果，並進行應用。
三、探究目的與假設
一、名詞釋義 (一)、密鋪：密鋪 (Tessellation) 或稱平面填充、細分曲 (subdivision surface)，是指把一些較小的表面填滿一個較大的表面而不留任何空隙。在數學上，密鋪可以推廣到更高的維度，稱為空間填充(引自維基百科)。 (二)、毀損：本實驗定義該密鋪摺紙已無法再承受重量，即摺紙變形至上置物品傾斜不穩(即紙張已不再為原本的結構)或在瞬間傾倒時該紙張狀態稱為完全毀損。 二、研究目的 (一)、探討不同紙質的密鋪摺紙可負重使之變形的重量與重量關係 (二)、比較密鋪摺紙(密鋪平面與 V 摺)不同摺法承受重物的效果

四、探究方法與驗證步驟

一、實驗器材

- (一) 各種不同摺數的密鋪摺紙，我們準備了七種，分別是三摺、四摺、五摺、六摺、七摺、八摺、十二摺的 V 摺密鋪摺紙(圖 1)
- (二) 最大測重 12 公斤/最小單位 100g 的磅秤，以及最大測重 500 公克/最小單位 0.01 公克的電子秤
- (三) 透明壓克力板
- (四) 500 公克、200 公克、100 公克砝碼



圖一、不同摺數的密鋪摺紙

二、研究過程或方法

- (一)、依照書籍範例(參考書籍：設計摺學)的山線谷線摺出 V 摺密鋪平面的式樣
- (二)、不同摺數摺紙對於承重量的影響
 - 1、在完成的摺紙上放上壓克力板
 - 2、分次放上 500 公克的砝碼以及 200 與 100 公克的砝碼
 - 3、觀察紙張的變形狀況
 - 4、紀錄紙張在達到毀損時的砝碼重量
 - 5、比較不同摺數的摺紙對於最大承重量的差別

以下是 7 種不同摺數的摺紙之最大承重量:

摺數	3 摺	4 摺	5 摺	6 摺	7 摺	8 摺	12 摺
最大承重量	2 公斤	5 公斤	5 公斤	約 8.05 公斤	約 11.79 公斤	>11.79 公斤	>11.79 公斤

圖二、不同摺數的承重量比較

三、我們以砝碼當作重物，測試摺紙的承重量，得出了表格中的結果

四、實驗結果

- (一)實驗結果顯示紙張摺數愈高承重量愈大

(二)、由於紙張承重量遠超我們預估，準備的砝碼重不足以壓毀 7 摺以後的摺紙，但由於根據實驗得知摺數愈高承重量亦隨之提升，所以我們可以推斷 8 摺以及 12 摺的承重量皆大於 11.79 公斤

五、討論

(一)、實驗的假設與結果

一開始我們認為摺數愈多理應有更佳的承重力，而實驗做出來的結果也證實了我們的假設。看到 4 摺與 5 摺的承重量相同時，我們有些驚訝，因為這並不符合摺數愈多承重愈高的假設與實驗結果，但確實測量時承重量皆為 5 公斤，於是我們推斷可能是摺數太低，導致承重量的差別較低，而我們所使用的重物砝碼並沒有較小的重量，可能造成誤差

(二)、實驗的問題與改善

由於輒數高的摺紙成種能力大大超乎我們的想像，原本預期能以幾公斤的砝碼壓毀，因此沒有特別多準備太多的砝碼，僅是拿了實驗室裡有的量，但最後全部放上，甚至連砝碼上原本拆下的 S 型掛勾也壓上摺紙(雖然不怎麼重)，但對於 12 摺的摺紙可說是幾乎沒有影響，因此我們只能靠著實驗結果來得知承重量大於 11.79 公斤，而無法確認真正的數值

五、結論與生活應用

一、結論

摺數愈高的密鋪摺紙擁有更高的承重能力，且單單以 21*21 公分大小 A4 影印紙製作的摺紙便可以達到公斤及的承重效果

二、生活應用

(一)我們希望只要用一張紙就可以受重大重量的方式未來可以運用在建築上，或許可以減少建材的使用，更為環保，且此種摺紙可以摺疊收納，這或許也會是一大優勢，即在同樣的運送空間中，可以放入更多的數量，一次運送更多，減少碳排放。

(二)我們希望之後能夠增進學識，能用三維討論到在一定面積下角度變化使材料應用少卻能承受最大化的重量。

參考資料

一、密鋪

Grunbaum, B. (1991). The 14 Different Types of Convex Pentagons That Tile the Plane. Tilepent.

<https://www.mathpuzzle.com/tilepent.html>

Maksim. (2005). Quadrille. Wikimedia Commons. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tile4444bc.gif>

二、設計摺學

Jackson, P. (2017). V 摺. 積木文化. <https://g.co/kgs/Vv5PXC>

