2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

□普高組　成果報告格式

題目名稱：達文西橋的現象探討-以形抗結構為探討對象

一、摘要

我們這次的研究是想了解「形抗結構」對橋樑承重力的影響。一開始是因為在課堂上學到摩擦力，發現它其實跟我們生活很有關，比如走路、拿東西等等。後來我們想到童軍團曾經搭過達文西橋，覺得它不用膠水或釘子就能撐住重量，真的很神奇！我們想了解的不只是摩擦力，而是橋的「形狀」怎麼影響它的穩定性，也就是所謂的形抗結構。我們設計了四種不同的橋，包含用竹筷或冰棒棍單一材料做的，還有混合材料做的。實驗中，我們固定接點數量，改變角度與材料，然後一個一個加重物，看哪一種橋撐得最久。結果發現竹筷搭的橋表現最好，角度大一點的橋也比較穩，證明我們的假設是對的。其實生活中也很多地方都用到這種設計，比如工地的鷹架、帳篷、腳踏車、古代的石橋，甚至連捲起來的紙筒，都是靠形狀來幫忙分散力量、增加穩定度的。

二、探究題目與動機

高二時，我們上到了摩擦力的課程，讓我們了解到生活中很多現象都需要摩擦力的幫助，甚至連我們日常走路步行，也是摩擦力的應用之一，所以我們想了解更多更多關於摩擦力的運用。後來，我們想起曾經看到童軍團搭過達文西橋，而我們對它能不用任何零件固定卻能承受比它還重的物體而不倒塌感到驚奇。而在搜尋資料時，我們發現很多研究都是圍繞於「摩擦力」做研究，但我們這次將重點著重於「形抗結構」的變化。形抗結構的定義

是改變物體的形狀與造型，將力分至不同支撐處。因此我們選擇「形抗結構」作為本次實驗的探討對象。

三、探究目的與假設

在用冰棒棍搭建達文西橋時，因為冰棒棍材質薄且有彈性，重物下壓時會導致冰棒棍接點之間的角度變小造成下壓力無法平均分散，所以書本放上去後基本上就與桌子貼平。

假設：在接點數量固定的情況下，接點角度愈大，承載力愈高。

我們將最大承載力視為當下乘載的高度下降至本身橋體的一半時，當下的乘載重量視為最大乘載量。

我們將乘載力視為最大承載量與搭橋材料的總重之比值。

四、探究方法與驗證步驟

「竹筷與冰棒棍混合搭橋與單一冰棒棍搭橋的承重比較」

假設：在接點固定的情況下，接點角度愈大，承載力愈高。

1.將圖畫紙平鋪在桌面上，作為橋的底部增加摩擦力。

2.搭建四種版本的達文西橋：

對照組（單一材料）

版本 A：全筷子達文西橋(圖一)

版本 B：全冰棒棍達文西橋(圖二)

實驗組（混合材料）

版本 C：一根筷子支撐兩組冰棒棍(圖三)

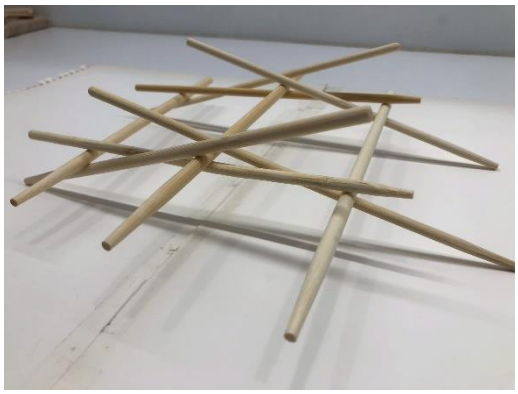
版本 D：一根冰棒棍支撐兩組筷子(圖四)

3.我們將橋體高度下降至本身的一半後，定義為最大承載量，分別在四座橋中央逐步放置重物，並觀察其結構變化。

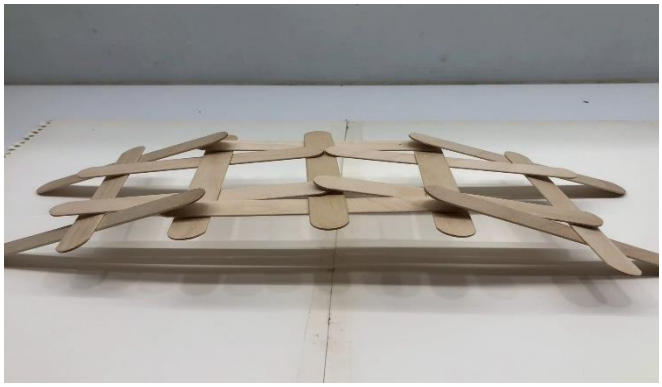
4.比較四個版本達文西橋的承重能力。

控制變因：竹筷和冰棒棍的種類、圖畫紙種類

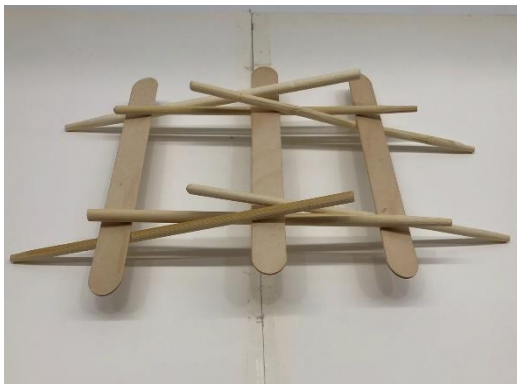
操縱變因：單一材料（版本 AB）vs 混合材料（版本 CD)



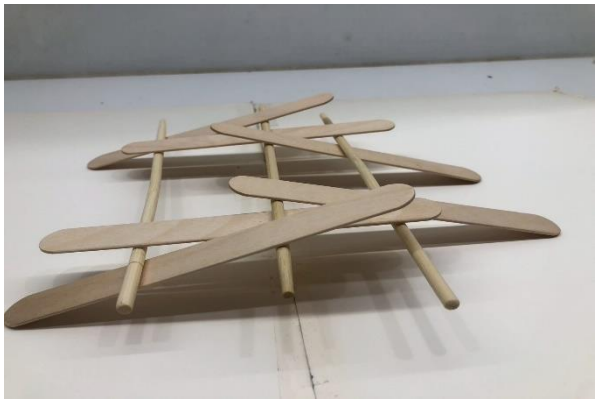
圖一



圖二



圖三



圖四

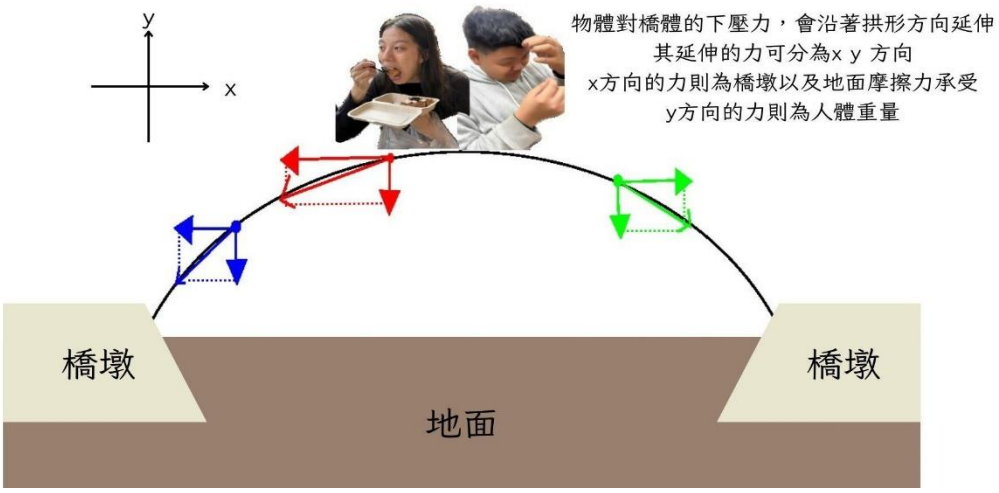
五、結論與生活應用

我們在實驗時，有設置橋墩，讓我們的水平方向分力由橋墩及地面摩擦力承擔(圖五)。

最終我們發現，木棒與木棒之間的夾角越大其乘載力越大

生活應用：

在中國北宋，有一座橋名為虹橋，因爲能於短時間架設成功且形狀像彩虹，所以稱「虹橋」、「飛樑」、「飛虹」(圖七)



圖五

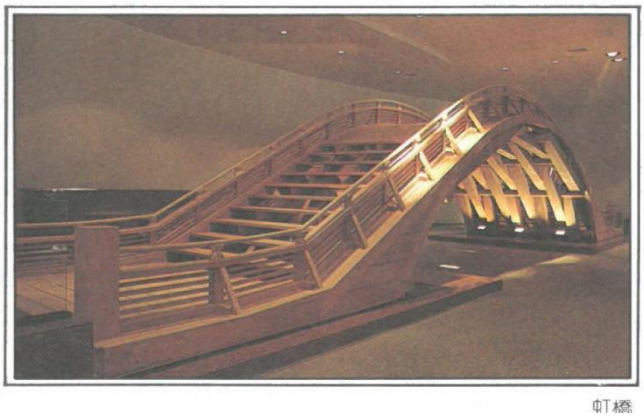
結果整理～

我們將冰棍平均質量視為2.6g

竹筷平均質量視為3.1g

		最大乘載量	材料	橋體重量	乘載力
一號	夾角13	1000	筷子九	27.8	35.97122302
二號	夾角7	434.45	冰棒棍九	23.4	18.56623932
三號	夾角12	814.5	筷子三 冰棒棍六	24.9	32.71084337
四號	夾角9	546.7	筷子六 冰棒棍三	26.4	20.70833333

圖六



虹橋

圖七（圖片來源：國立自然科學博物館 簡訊 75）

在生活中，形抗結構無處不見

1.在工地中，鷹架就是一個形抗結構的例子，結構中充滿著許多的三角形，使其更堅固，或是在演唱會架舞台時，可以看到舞台旁有很多三角形的結構，也是形抗結構的應用。

2.架帳篷或雨棚時，我們用繩子拉出固定角度後，形狀本身就能穩住整個帳篷/雨棚。特別是「圓拱形」、「三角形」，就是用形抗原理

3.腳踏車的車架上，也是有三角形的結構，雖然腳踏車用的鋼材也與堅固程度有關，但三角形結構也是關鍵，而在腳踏車的車輪中有許多輻條，能使來自地面的力分散至各個支點，使其能夠承受更大的力

4.在歷史中古羅馬時代，羅馬人利用石塊搭建的圓拱橋，不用水泥也能撐數百年，就是運用到形抗結構的原理，透過拱形的曲線幾何，把垂直壓力分散成往外推的力量

5.紙其實很軟、很容易彎曲，但當它被捲成紙筒後，就能承受更大的力，這就是形抗結構的

應用，所以在運送紙張時，很適合把紙張散成圓筒狀，讓它變得不脆弱且好運送。

參考資料

1.【阿泽有点皮】：用筷子就能搭成一座桥？输入 aebd，就会出现学生党最不能说的词？

https://www.youtube.com/watch?v=Ye-B9p1flPI&t=40s

2.只用竹筷不用釘子，也能搭橋?!! #力學之美 #達文西拱橋 #科學實驗 #優質陪伴

https://www.youtube.com/watch?v=RoIMzbJ7PKg

3.【TRY 科學】20210630 - 不用半根釘 搭出一座橋,力與平衡,摩擦力,結構力學,靜力平衡

https://www.youtube.com/watch?v=Q2vEC90RE_I

4.【幼兒 STEAM 科學課程】交叉達文西橋｜形抗結構｜Science Experiments for School｜科學實驗教材

https://www.youtube.com/watch?v=YD0vkeHwyk4

5.均一教育平台 Junyi Academy【觀念 08】摩擦力的應用

https://www.youtube.com/watch?v=54jYVqzQX80

6.國立自然科學博物館 簡訊 75

https://libknowledge.nmns.edu.tw/nmns/upload/lib/000006574/209000c/75-1.pdf