

中華民國第 57 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

作品名稱: 啊! 球被彈飛了 ~探討投石機之奧妙

學校名稱: 彰化市私立精誠高級中學附設國中部

作者: 國二 鄭筱蓓 國二 陳美諭 國二 邱鈺婷	指導老師: 陳英杰
---	------------------

關鍵詞: 槓桿原理、投石機

啊！球被彈飛了 ~探討投石機之奧妙

摘要

以智高積木自製投石機、廢報紙製作紙球，探討各種變因對飛行距離的關係。根據實驗結果，我們發現，在同力度下，當施力臂大於抗力臂、紙球重量較輕且為直向的擺放方式時，飛行距離會最遠。

壹、研究動機

二年級上學期，初次接觸理化科，第一單元是所有科學實驗的基礎—測量。在那時，我們被古希臘物理學家阿基米德深深吸引。投石機是他重要的發明，也是我們這次研究的重點。畢竟在那麼早以前，他到底是怎麼辦到的呢？而投石機的操作要如何才能簡單又有效的運作呢？這次我們因緣際會能夠參與這次的科展，我們決定滿足自己的好奇心，動手做實驗！

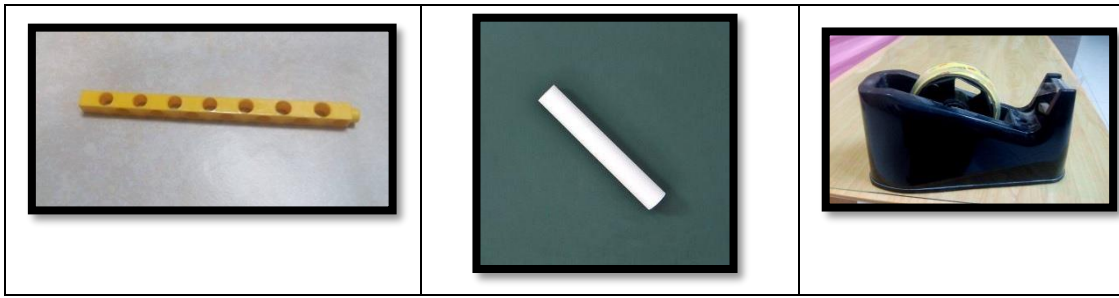
貳、研究目的

- 一、同力度、施力臂小於抗力臂的狀況下，紙球重量對飛行距離的關係。
- 二、同力度、施力臂大於抗力臂的狀況下，紙球重量對飛行距離的關係。
- 三、同力度、紙球重量相等的狀況下，施力臂與受力臂的長短對飛行距離的關係。
- 四、同力度、施力臂小於抗力臂的狀況下，更重的紙球對飛行距離的關係。
- 五、同力度、同紙球重量、施力臂小於抗力臂的狀況下，紙球擺放方式對飛行距離的關係。

參、研究設備及器材

魯班尺、紙張、智高積木、粉筆、膠帶

魯班尺 *1	紙張 *12	紅色小齒輪 *12
--------	--------	-----------



▲ 圖一 研究設備及器材

肆、 文獻探討

一、 阿基米德簡介

阿基米德(西元前 287 年—西元前 212 年)，古希臘數學家、物理學家、發明家、工程師、天文學家。出生於西西里島的敘拉古。 父親是當時的數學家和天文學家，所以他從小深受家庭影響，喜歡數學。曾向當時著名的幾何學大師歐幾里得學習，奠定日後的基礎。著名發明、發現有：阿基米德浮體原理、阿基米德螺旋提水器、力矩、起重機和我們今天的主題—投石機。

二、 槓桿原理簡介

(一) 概述：在力學裡，典型的槓桿 (lever) 是置放連結在一個支撐點上的硬棒，這硬棒可以繞著支撐點旋轉。

(二) 槓桿的主要結構：

1. 槓桿內部的固定點稱為「支點」。
2. 使槓桿旋轉的力叫做「施力」，是輸入力。
3. 施力作用於槓桿的位置叫做「施力點」。
4. 阻礙槓桿旋轉的力叫做「抗力」，是輸出力。
5. 抗力作用於槓桿的位置叫做「抗力點」。
6. 從支點到施力作用線的垂直距離叫做「施力臂」。
7. 從支點到抗力作用線的垂直距離叫做「抗力臂」。

(三) 槓桿的分類:

1. 施力臂大於抗力臂的槓桿是「省力槓桿」。如開瓶器、撬棍等。

2. 施力臂小於抗力臂的是「費力槓桿」。如大部分剪刀、鑷子、筷子、釣魚竿、火鉗、筆等。
3. 施力臂等於抗力臂的是「等臂槓桿」，不省力也不費力。如蹺蹺板、天平等均為等臂槓桿。

伍、 研究過程及方法

一、 製作器具

(一) 製作紙球：分別製作不同重量的六個紙球，並標上編號 1 至 6。



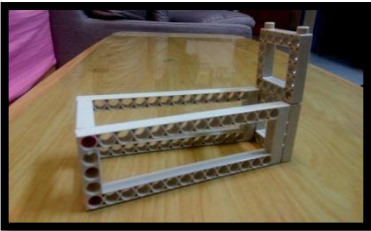
▲ 圖二 紙球 2、4、6

(二) 製作投石機：

1. 施力臂小於受力臂的投石機製作：

- (1) 以兩個長方形架、三個五孔方塊、兩個紅色長結合鍵、兩支五孔超長條製作投石機下方主體。
- (2) 以一支黑色傳動超長軸、四個紅色小齒輪、兩個輪子，穿過步驟(1)之長方形架由寬處向窄處數之第三格，製作輪子以方便移動。

- (3) 在步驟(1)之五孔方塊上以兩個紅色長結合鍵連接兩支三孔長條。再取兩支黃色超長條插入三孔長條第二格，並在黃色超長條上插入兩之1/4圓長條，以一個紅色長結合界固定。後在三孔長條上組一個五孔方塊、一支五孔長條、兩支黑色傳動中軸、兩個紅色小齒輪以製作支點。
- (4) 以一支黑色傳動超長軸、四個紅色小齒輪、兩個輪子，穿過步驟(3)之黃色超長條的最下孔，製作輪子以方便移動。
- (5) 取四支黃色超長條、六個紅色長結合鍵、兩個五孔長條製作施力臂和抗力臂。
- (6) 組一支黑色傳動長軸，裝入兩支凸曲軸、兩個紅色小齒輪，並將黑色傳動長軸穿過步驟(5)之黃色超長條由凸起處向凹陷處數第七格，後將凸軸凸起處插入步驟(3)之黃色超長條的第一格，以組合支點、施力臂與抗力臂。
- (7) 以兩支1/4圓長條、四個紅色長結合鍵、一個五孔方塊製作載物臺。

<p style="text-align: center;">步驟(1)</p> 	<p style="text-align: center;">步驟(2)</p> 	<p style="text-align: center;">步驟(3)</p> 
<p style="text-align: center;">步驟(4)</p> 	<p style="text-align: center;">步驟(5)</p> 	<p style="text-align: center;">步驟(6)</p> 
<p style="text-align: center;">步驟(7)</p>	<p style="text-align: center;">◀ 圖三 施力臂小於抗力臂的投石機之製作步驟</p>	



(三) 施力臂大於受力臂的投石機製作:

將(二)之成果的支點移動至擔任施力臂與抗力臂之黃色超長條由凸起處向凹陷處數第 11 格。



◀ 圖四 施力臂大於抗力臂的投石機之製作

二、 實驗步驟:

- (一) 實驗 1，探討施力臂小於抗力臂的狀況下，紙球重量對飛行距離的關係：
輪流將紙球 2、紙球 4、紙球 6 放上施力臂小於抗力臂之投石機的載物台，以同力道連續發射五次，扣除誤差最大的一次，算出平均值。
- (二) 實驗 2，探討施力臂大於抗力臂的狀況下，紙球重量對飛行距離的關係：
輪流將紙球 2、紙球 4、紙球 6 放上施力臂大於抗力臂之投石機的載物台，以同力道連續發射五次，扣除誤差最大的一次，算出平均值。
- (三) 實驗 3，比較實驗 1 與實驗 2 的實驗結果，了解紙球重量相等的狀況下，施力臂與受力臂的長短對飛行距離的關係。
- (四) 實驗 4，追加探討施力臂小於抗力臂的狀況下，更重的紙球對飛行距離的關係：
輪流將紙球 1、紙球 3、紙球 5 放上施力臂小於抗力臂之投石機的載物台，以同力道連續發射五次，扣除誤差最大的一次，算出平均值。
- (五) 實驗 5，探討紙球的擺放方式與飛行距離的關係：
將紙球 6 放上施力臂小於抗力臂之投石機的載物台，分別以直放與橫放的方式發射

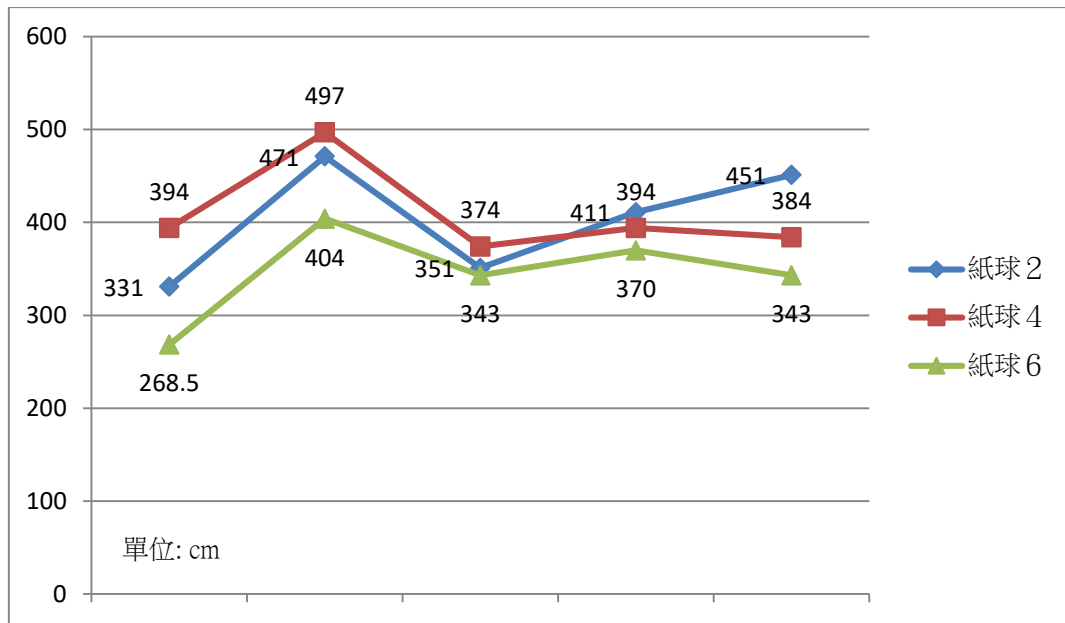
三次，扣除誤差最大的一次，算出平均值。

陸、 研究結果

一、 根據實驗 1，我們發現紙球愈重，飛行距離愈短。

	紙球 2	紙球 4	紙球 6
紙球重量	6g	12g	17g
施力臂長度	15.5cm	15.5cm	15.5cm
受力臂長度	21.0cm	21.0cm	21.0cm
第一次發射距離	331.0cm	394.0cm	268.5cm
第二次發射距離	471.0cm	497.0cm	404.0cm
第三次發射距離	351.0cm	374.0cm	343.0cm
第四次發射距離	411.0cm	394.0cm	370.0cm
第五次發射距離	451.0cm	384.0cm	343.0cm
扣除過大誤差值	第一次(331.0cm)	第二次(497.0cm)	第二次(404.0cm)
總距離	2155.0cm	1546.0cm	1324.5cm
平均	538.8cm	386.5cm	331.1cm

▲ 表一 實驗 1 之結果比較表

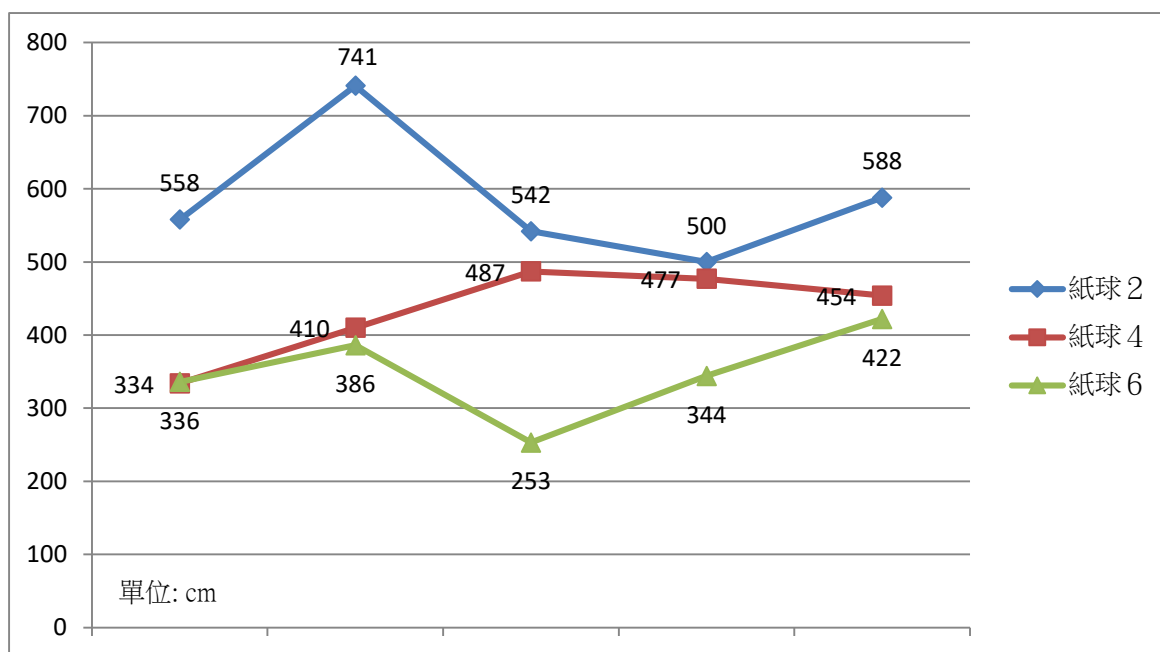


▲ 圖五 實驗 1 之結果比較圖

二、根據實驗 2，我們發現紙球愈重，飛行距離愈短。

	紙球 2	紙球 4	紙球 6
紙球重量	6g	12g	17g
施力臂長度	21.5cm	21.5cm	21.5cm
受力臂長度	15.0cm	15.0cm	15.0cm
第一次發射距離	558.0cm	334.0cm	336.0cm
第二次發射距離	741.0cm	410.0cm	386.0cm
第三次發射距離	542.0cm	487.0cm	253.0cm
第四次發射距離	500.0cm	477.0cm	344.0cm
第五次發射距離	588.0cm	454.0cm	422.0cm
扣除過大誤差值	第二次(741.0cm)	第一次(334.0cm)	第三次(253.0cm)
總距離	2218.0cm	1828.0cm	1518.0cm
平均	554.5cm	457.0cm	379.5cm

▲ 表二 實驗 2 之結果比較表



▲ 圖六 實驗 2 之結果比較圖

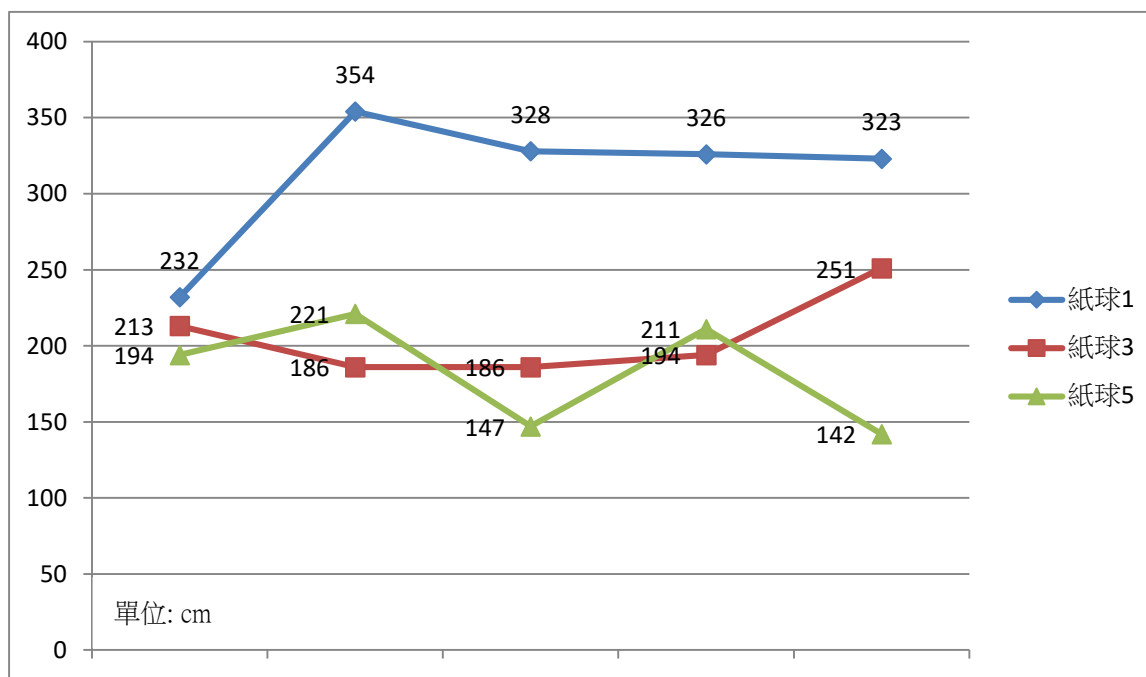
三、根據實驗 1、2，我們發現相同力度下，當施力臂大於抗力臂時，紙球的飛行距離較

遠。

四、根據實驗 4，我們發現，當紙球更重時，飛行距離又更短了。

	紙球 1	紙球 3	紙球 5
紙球重量	31.0g	39.0g	47.0g
施力臂長度	21.5cm	21.5cm	21.5cm
受力臂長度	15.0cm	15.0cm	15.0cm
第一次發射距離	232.0cm	213.0cm	194.0cm
第二次發射距離	354.0cm	186.0cm	221.0cm
第三次發射距離	328.0cm	186.0cm	147.0cm
第四次發射距離	326.0cm	194.0cm	211.0cm
第五次發射距離	323.0cm	251.0cm	142.0cm
扣除過大誤差值	232.0cm(第一次)	251.0cm(第五次)	221.0cm(第二次)
總距離	1331.0cm	992.0cm	694.0cm
平均	332.8cm	248.0cm	173.5cm

▲ 表三 實驗 4 之結果比較表

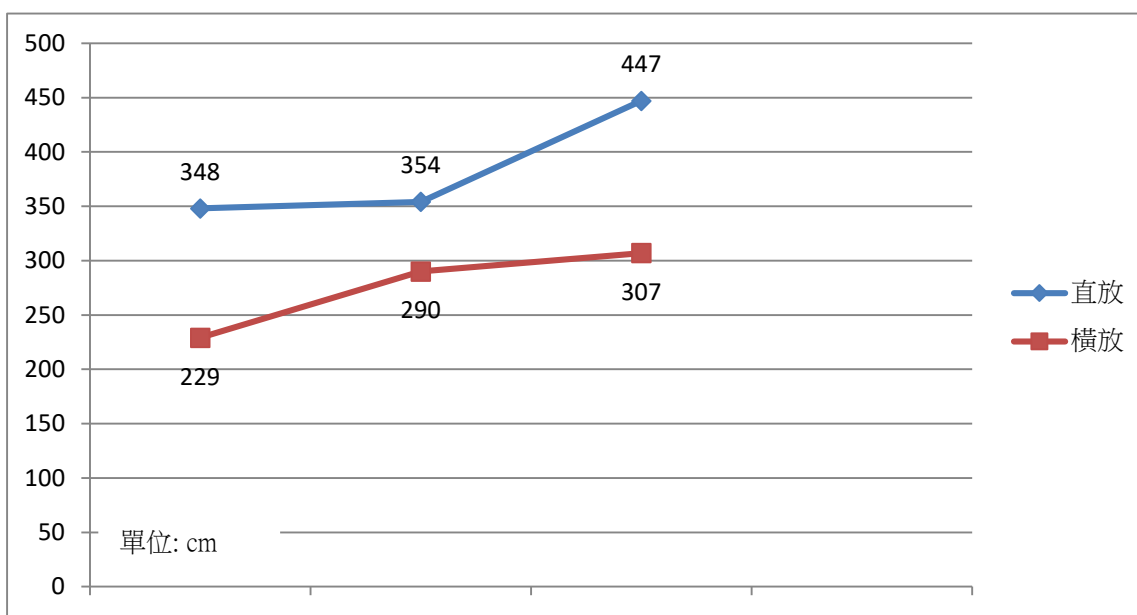


▲ 圖七 實驗 4 之結果比較圖

五、根據實驗五，我們發現直放的飛行距離較遠。

	紙球 6	
擺放方式	橫放	直放
放在載物臺上的面積	36.0 平方公分	16.0 平方公分
施力臂長度	15.0cm	15.0cm
受力臂長度	21.5cm	21.5cm
第一次發射距離	348.0cm	229.0cm
第二次發射距離	354.0cm	290.0cm
第三次發射距離	447.0cm	307.0cm
扣除過大誤差值	447.0cm (第三次)	229.0cm (第一次)
總距離	702.0cm	597.0cm
平均	351.0cm	298.5cm

▲ 表三 實驗 5 之結果比較表



▲ 圖八 實驗 5 之結果比較圖

柒、討論

一、 Q: 施力臂與受力臂的長度與飛行距離是否有關呢？

A: 是的，我們可以發現，同力度下，施力臂較長時，飛行距離較遠。

二、 Q: 同力度下，施力臂較長時，飛行距離為何較遠呢？

A: 根據槓桿原理，施力臂大於抗力臂時，為省力槓桿。所以以同力度去操作時，施力臂較長者可飛比較遠。

三、 Q: 其實槓桿原理並非阿基米德所發現的？

A: 是的，早在舊石器時代晚期，古人就知道使用槓桿原理來製作投標器。阿基米德只是在著作《論平面圖形的平衡》裡用幾何方法推導出槓桿原理，並廣為人知而已。

四、 Q: 中國也有槓桿原理使用的相關記載嗎？

A: 是的，中國戰國時期，墨子在所著作的《墨子》一書中，也有提到應用槓桿的概念。

五、 Q: 五次實驗中，為何實驗數據會發現誤差呢？

A: 可能是因為力度的控制不良，或是因為擺放方式的不同所造成的。

六、 Q: 在實驗 5 中，為何直放會飛的比橫放遠呢？

A: 這與空氣阻力有關，直放的紙球與空氣接觸的面積較小，所以可以飛的比較遠。

捌、 結論

一、 在實驗結果方面:

根據實驗 1、2，我們發現，當紙球愈輕時，飛行距離就會愈遠，我們也十分的好奇，在紙球重量重到多重時，它會飛不起來呢？雖然因為實驗時間不足，我們雖然作了實驗 4，但還未得知結果，我們相信以後會有機會得到成果的。根據實驗 3，我們發現當施力臂大於抗力臂時，是較為省力的，也驗證了「省力槓桿」之名。根據實驗 5，我們發現直放的擺放方式可以飛的更遠，因為我們還未學到空氣阻力，所以這次的實驗帶給了我們全新的知識。

二、 在展望方面:

這次的實驗過程中，其實我們發現了許多新的問題，如: 在紙球重量重到多重時，它會飛不起來呢？在紙球重量輕到多輕時，它的飛行距離反而會縮短呢？但因為時間的不足而未詳細探討，希望未來可以在這些方面進行探討。

三、 在心得方面:

剛開始這次實驗時，我們很雀躍，也有許多天馬行空的想法，而在參加過校方舉辦的演講之後，我們的心情才緩緩的沉澱，開始以理性且冷靜的角度思考，發現以我們對自然科學的認識來說，有些想法對我們而言實在是無法實現。經過組員之間的多次討論，我們決定投入投石機的實驗，因為這是我們升上國二後，最熟悉、也最好奇的物品之一。

很感謝老師願意協助我們的實驗，也在實驗過程中給了我們許多實用的意見。雖然在實驗過程中，我們還是碰到了許多瓶頸，但這比自己默默努力有效率多了。經過這次實驗，我們深深體會到自己對於自然科學的不足，也深深體會到組員間溝通、互助的重要，而對我們而言，互助的基礎是分工。先是妥善的分工，後是努力完成自己份內之事，最後互相分享成果、互相彌補不足之處。

在實驗過程中，我們都很高興能與彼此合作，也十分感謝老師的幫助和校方舉辦的演講，更令人高興的是，我們並沒有延誤課業，也並沒有花費任何一毛錢，一切的器材皆是校園中原有的，但最終我們還是得說，雖然缺乏知識，雖然時間不足，雖然還有其他許多是得做，我們十分享受這次的實驗。透過科學的方法，透過彼此的努力，看到彼此眼中的笑意，我們都很滿足，也希望下次還有機會一起參加科展！

玖、 參考資料

一、 康軒版 2上 學習自修

二、 翰林版 2上 自然與生活科技第一章測量

三、 維基百科

(一) 阿基米德

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%98%BF%E5%9F%BA%E7%B1%B3%E5%BE%B7>

(二) 槓桿原理 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%9D%A0%E6%9D%86>

四、 智高積木名稱 [https://www.google.com.tw/search?hl=zh-](https://www.google.com.tw/search?hl=zh-TW&biw=1920&bih=974&site=imghp&tbn=isch&sa=1&q=%E6%A9%9F%E9%97%9C%E7%8E%8B%E9%9B%B6%E4%BB%B6&oq=%E6%A9%9F%E9%97%9C%E7%8E%8B%E9%9B%B6%E4%BB%B6&gs_l=img.3...27946.30953.0.31448.12.12.0.0.0.82.643.12.12.0...0...1c.1j4)

[TW&biw=1920&bih=974&site=imghp&tbn=isch&sa=1&q=%E6%A9%9F%E9%97%9C%E7%8E%8B%E9%9B%B6%E4%BB%B6&oq=%E6%A9%9F%E9%97%9C%E7%8E%8B%E9%9B%B6%E4%BB%B6&gs_l=img.3...27946.30953.0.31448.12.12.0.0.0.82.643.12.12.0...0...1c.1j4](https://www.google.com.tw/search?hl=zh-TW&biw=1920&bih=974&site=imghp&tbn=isch&sa=1&q=%E6%A9%9F%E9%97%9C%E7%8E%8B%E9%9B%B6%E4%BB%B6&oq=%E6%A9%9F%E9%97%9C%E7%8E%8B%E9%9B%B6%E4%BB%B6&gs_l=img.3...27946.30953.0.31448.12.12.0.0.0.82.643.12.12.0...0...1c.1j4)

.64.img..0.2.127...0j0i7i30k1.ed7xT-K4pv8#imgrc=Xd4KAVBYF sRfM: