

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學科

第一名

080807

進擊的萬獸—萬獸的終極奧義

學校名稱：苗栗縣公館鄉公館國民小學

作者： 小六 謝昀蓁 小四 李昀蓁 小五 羅偉誠	指導老師： 湯千慧 謝祥宏
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：萬獸之王、摩擦力、曲面腳底

## 得獎感言

### 夢想啟航~一圓我們的科學夢！

當耳畔響起：「第一名..公館國民小學！」我們欣喜若狂的跑上台領獎，很高興努力終於有了回報。

從研究主題的發想到進入全國科展的參賽過程，我們歷經了無數次的實驗、操作、再實驗、再操作，一連串的反覆操作，我們始終堅持不放棄，直到夢想成真。在炎熱的教室裡，從最初的機械獸製作就碰到了瓶頸，例如：機械獸的製作會不精準、實驗過程中要反覆的調整與更換零件、電力的控制、腳底板試驗了好幾十次才抓出適當的弧度…等。在實驗時，一個問題還未解決，就又有另一個問題產生，真是讓人頭痛不已！幸好有指導老師們犧牲中午午休與假日的時間，給予我們研究方向的建議，並陪伴我們進行各項實驗，同時，也要感謝同學與學長在製作機械獸方面的協助，經過不斷的測試與改良，終於可以參展了。

記得第一天在評審會場時相當緊張，當時評審委員問了好多的問題，由於我們平日遇到困難時，都有詳細記錄、錄影、分析和討論，因此能夠詳細地說明與分享目前所發現的結果。其中，有一個關於腳底防滑貼條的問題，是以往不曾思考過的問題，在旅館中，我們為了能更正確的回答問題，當晚就地取材，在飯店的平台上做了36次以上的實驗，以求得正確的數據，而評審看到實驗結果後覺得很感動，誇獎我們很認真，讓我們覺得努力有了回報，心裡十分開心。

喜愛創意思考、天馬行空的我們，在參加科學專題研究中，也調整了我們的態度，例如：做實驗時要細心、要注意安全，對於實驗數據要多方面的求證及思考，可以培養耐心與責任感。同時還能訓練自己的表達能力，在短時間內要讓所有的人能完整了解我們的實驗內容，是需要經過不斷的重覆練習。科展不是一個人的舞台，是各方面都需要團隊合作才能成功的，看著大家一起經歷的喜怒哀樂，覺得這是比得獎更珍貴的經驗與友誼。

在科學展覽會作品的發表中，讓我們見識到不同領域的高手，在閱覽其他作品的同時，明白了「科學是生活裡的發現，而這裡是一個能夠把自己的想法與認知，跟教授們互動與交流的會場」。非常開心我們的團隊能有這樣好的成果，今日的成果，是個對夢想的肯定與鼓舞，明日的我們，將繼續向更好的自己而努力！



反覆實驗、紀錄，討論如何製作出兼具速度與拉力的萬獸之王。



以慢速攝影及免費教育軟體 Tracker，探討萬獸之王的行走軌跡。



將這份榮耀，獻給一路以來指導我們的自然團隊老師們！

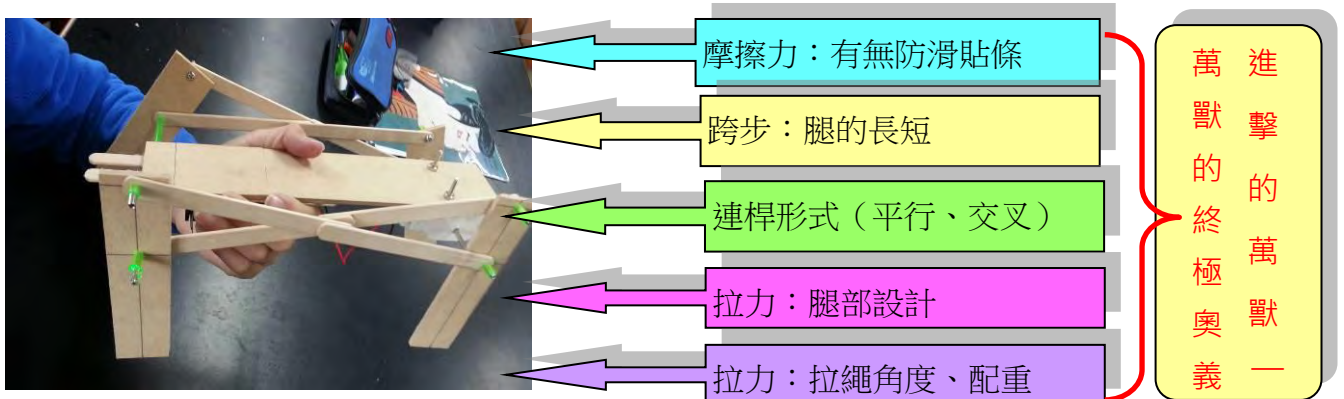
## 摘要

本研究源於我們參加 Power Tech 科技創作競賽，萬獸之王的機械獸既要參加「接力賽」，又要進行「拔河賽」。如何兼顧二者，因此進行了研究。結果發現：

- 一、**不同摩擦力的萬獸之王**，以 6cm\*6cm 大小的腳底板，前腳貼上防滑貼條，曲面的腳底是最佳的摩擦力組合。
- 二、**不同腿長的萬獸之王**，腿長愈長，且腿長比例相近，曲柄裝在第二孔是最穩定的設計。
- 三、**不同連桿形式的萬獸之王**，以交叉連桿設計，並將連桿加長，能使萬獸之王走得最快。
- 四、**在最佳速度的條件下**，腿長比例無明顯差異，前腳加止滑，能拉動的重量較多。
- 五、**最佳的拉力的萬獸之王**，配重分散於前端，以水平方式拉繩。
- 六、**兼顧行走速度快與拉力大**，要在驅動所在位置加上防滑設計與增加配重，會有較佳效果。

## 壹、研究動機

本研究源自於我們參加過 Power Teach 科技創作競賽，做過各種不同的機械獸。萬獸之王這隻機械獸，既要參加競速型的「接力賽」，又要參加進入決賽後的「拔河賽」。如何兼顧接力賽時能走得很快，又能在拔河比賽時能贏過對手，在我們比賽過後，腦海中浮現一連串的問題，為解決這些疑問，我們進行了許多實驗，希望能製作出兼具速度與力量的超強萬獸之王。五年級的自然課第四單元力與運動中，老師介紹了測量力的方法，以及影響摩擦力的因素，這些概念讓我們在這個實驗中有了很大的啟發，將摩擦力發揮在適當的時機，便能使萬獸之王發揮不同的能力，因而展開了一連串的研究，在日常生活中，也能夠靈活的運用摩擦力，使生活更便利。研究方向思考圖，如下：



## 貳、研究目的及研究問題

我們針對萬獸之王，進行一系列的研究，並根據研究目的，提出以下研究問題：

### 目的一、進行賽道和萬獸原型的測試。

研究 1-1：賽道板面摩擦力的一致性

研究 1-2：身體重量對萬獸前進速度有何影響。

### 目的二、比較不同摩擦力的萬獸對前進速度有何影響？

研究 2-1：不同大小的腳底板，對萬獸前進的速度有何影響？

研究 2-2：前後腳不同摩擦力，對萬獸前進的速度有何影響？

研究 2-3：不同曲面的腳底板，對萬獸前進的速度有何影響？

### 目的三、比較不同腿部設計的萬獸對前進速度有何影響。

研究 3-1：不同比例的腿長，對萬獸前進的速度有何影響？

研究 3-2：不同長度前後腿搭配，對萬獸前進的速度有何影響？

研究 3-3：不同曲柄長短，對萬獸前進的速度有何影響？

### 目的四：不同連桿設計對萬獸前進的速度有何影響。

研究 4-1：不同連桿形式（交叉連桿與單連桿），對萬獸前進的速度有何影響？

研究 4-2：不同連桿長度，對萬獸前進的速度有何影響？

### 目的五：在最佳速度的條件下，探討摩擦力配置與腿長，對萬獸拉力有何影響。

研究 5-1：前後腳不同摩擦力，對萬獸拉力有何影響？

研究 5-2：不同腿長，對萬獸拉力有何影響？

### 目的六：不同拉繩角度與配重，對萬獸拉力有何影響。

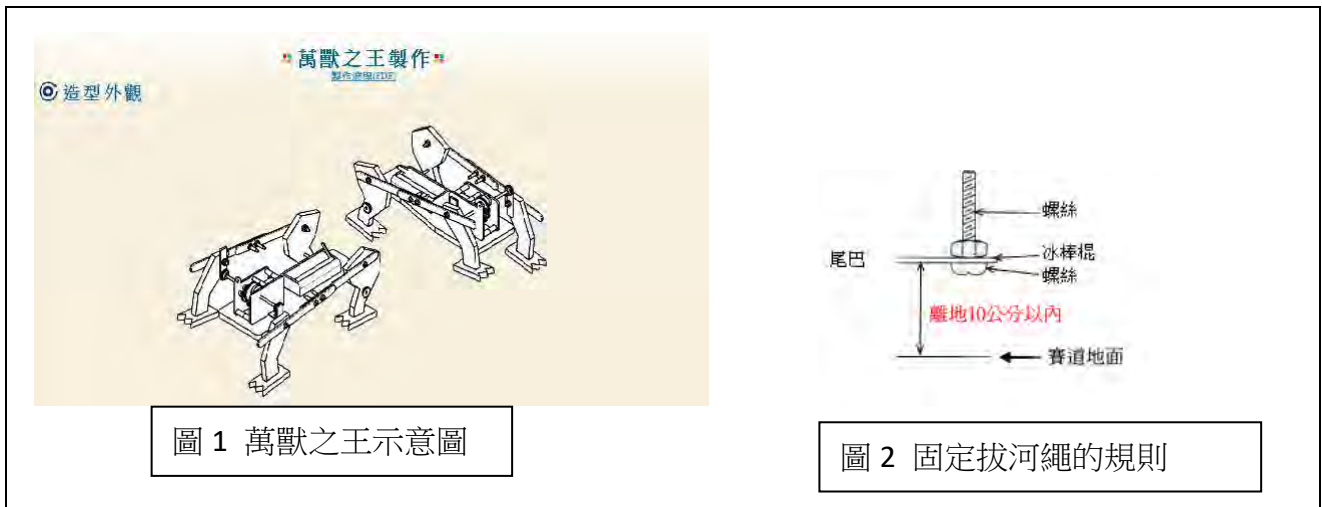
研究 6-1：不同拉繩角度，對萬獸拉力有何影響？

研究 6-2：不同配重位置，對萬獸拉力有何影響？

### 目的七：製作一隻速度與拉力最佳效果的萬獸之王。

## 參、文獻探討

### 一、比賽規則與設計要點



根據〈2016PowerTech 青少年科技創作競賽 Mini-Com 區賽暨全國賽競賽規則〉萬獸之王需設計為四腳前進，作品（含造型）需在長 40 公分、寬 22 公分、高 35 公分內，並可平放於尺寸盒，並展開至最大長度。作品重量限制(包含造型重量)上限為 700 公克。(圖 1)

作品尾部需使用大會提供之冰棒棍、螺絲及螺帽製作尾巴，並獨立加裝於競賽物後端，以作為拔河之用。尾巴不可直接使用螺絲及螺帽裝置於機構本體上，需外露於競賽物機體及造型之外，並使拔河線可直接裝卸。尾巴高度以拔河線圈套點為基準，位置距賽道需於 10 公分以內，螺絲必須由下向上安裝且加裝螺帽，如圖 2 所示。

### 二、萬獸之王相關研究

我們上網查閱相關資料後，發現有 2 篇相關的研究，比較如下表 1:

科別	作品名稱	研究發現
初小組 應用科學科	萬獸之王最高機密	<ul style="list-style-type: none"><li>● 萬獸之王走得愈慢，力量愈大。</li><li>● 曲柄軸兩孔距離愈短，速度慢，力量大。</li><li>● 後軸旋轉點的位置低，速度慢，力量大。</li><li>● 底板前端負重則拉力大，力量最大。</li></ul>
第 46 屆國中組 生活與應用科學	終極目標-萬獸之王 曲軸、連桿、後腳組合的探討	<ul style="list-style-type: none"><li>● 曲軸愈短，速度愈慢，拉力愈大。</li><li>● 連桿愈短，速度愈快，拉力愈小。</li><li>● 後腳孔位置愈高，速度愈快，拉力愈小。</li></ul>

兩篇文獻都是使用單連桿(圖 3)的萬獸之王進行研究，而我們與這些研究不同的是:1.用交叉連桿(圖 4)的設計 2.採用曲面腳底 3.探討前驅動與前後腳摩擦力的配置等，進行一系列的測試與改造，期待能有更多的突破。



圖 3 單連桿的萬獸之王

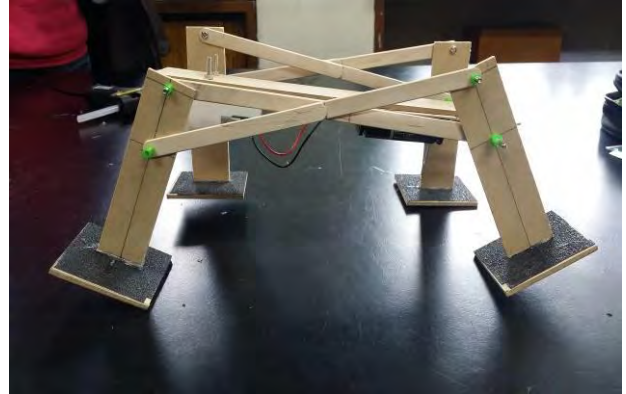
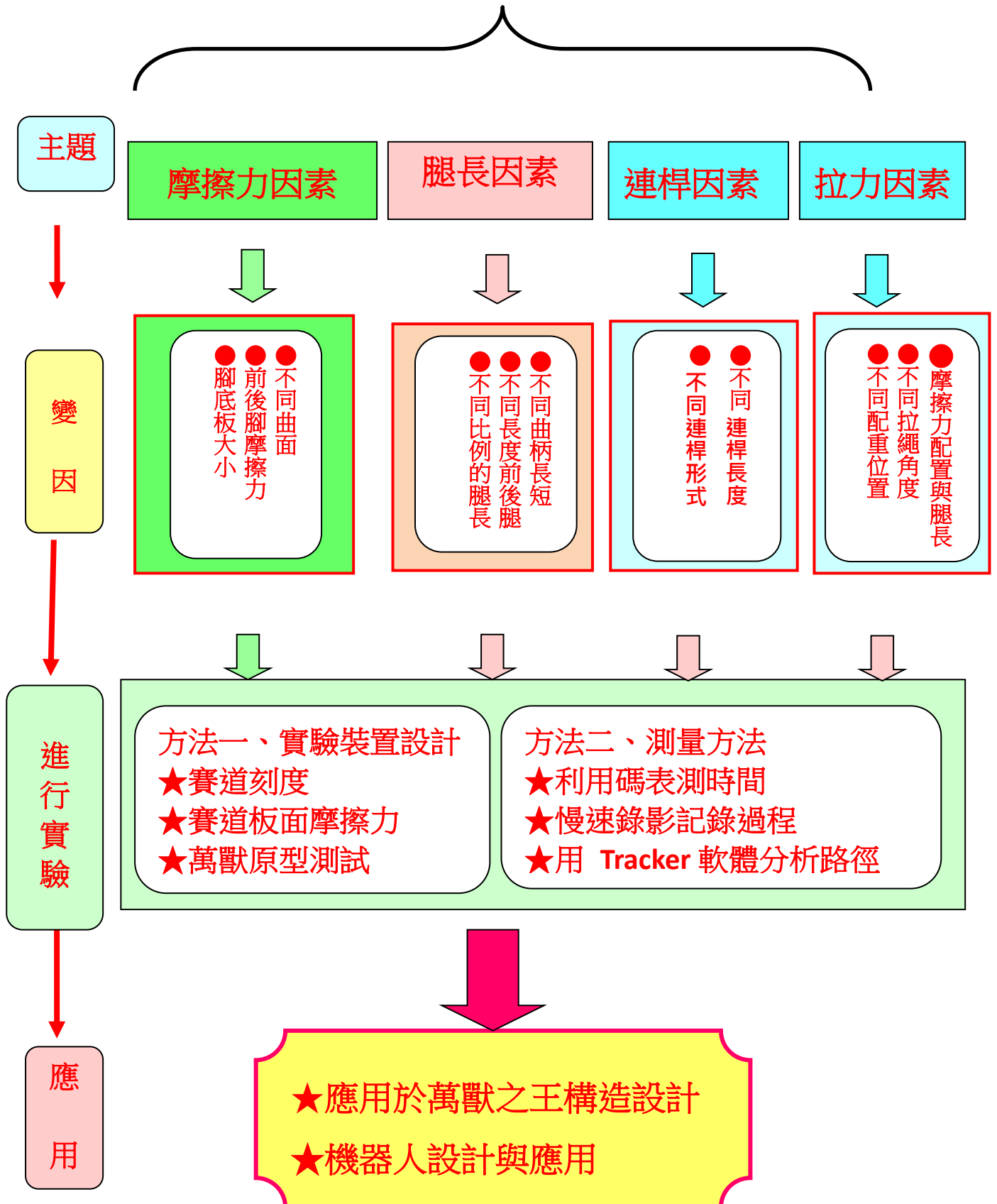


圖 4 交叉連桿的萬獸之王

## 肆、研究架構

### 進擊的萬獸～萬獸的終極奧義





## 伍、研究設備及器材

### 一、實驗材料：

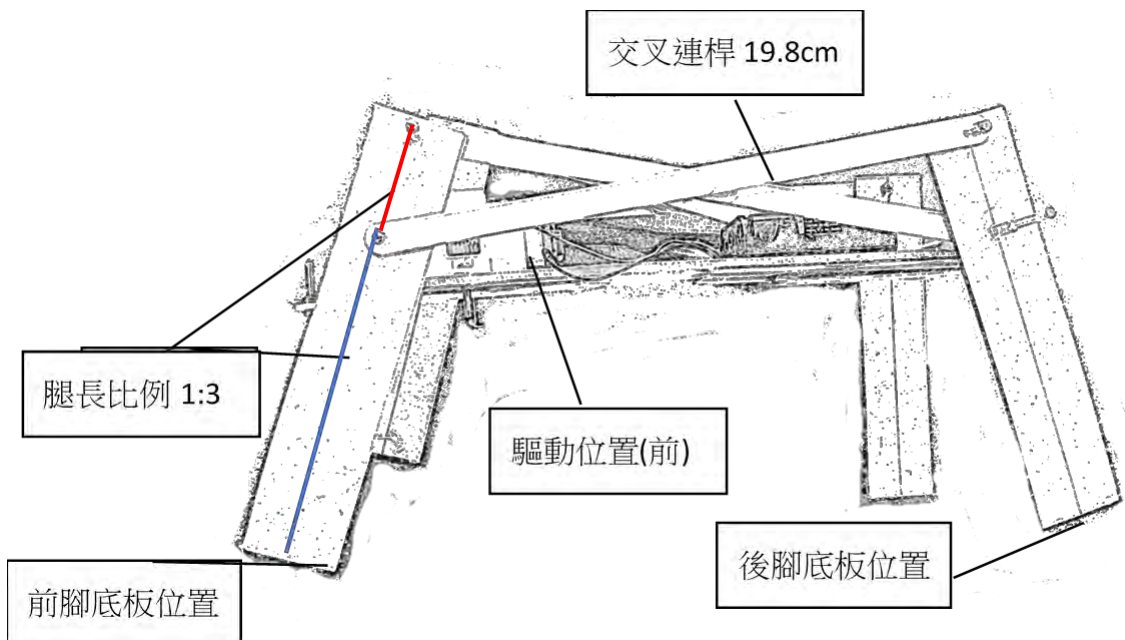
- (一) 萬獸之王原型
- (二) 螺帽：配重用
- (三) 電池：同一廠牌
- (四) 黑色止滑墊：增加摩擦力
- (五) 小臺車、砝碼：拉力裝置

### 二、實驗器材：

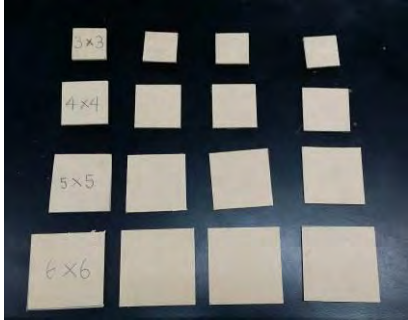
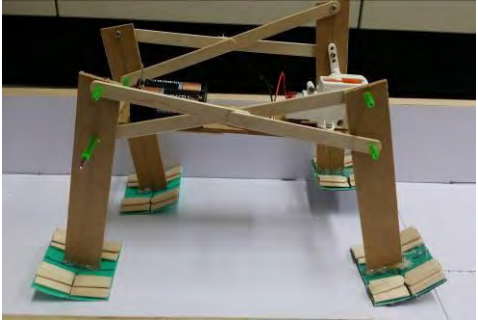
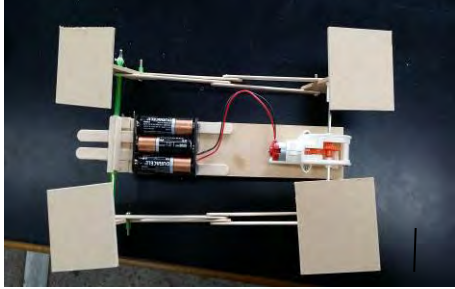
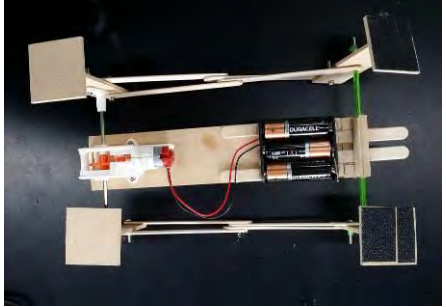
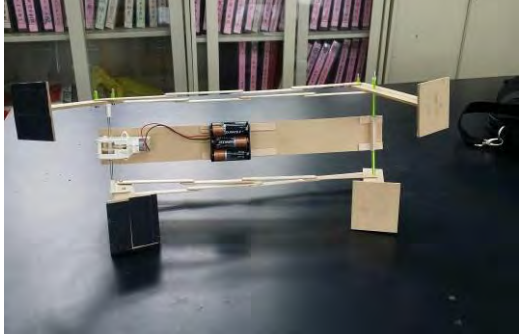
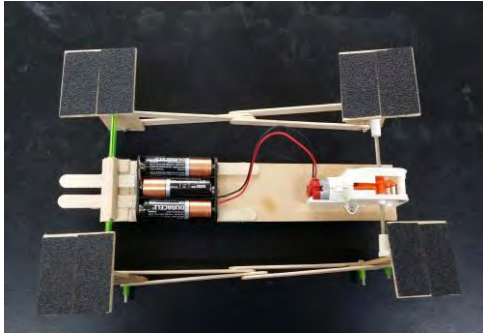
- (一) 工具箱（內部包含手搖鑽、小扳手、防鑽板、熱融膠條、熱融槍、螺絲起子、剪刀、螺帽、螺絲、電線、電池盒、剪線鉗、長尺、量角器、鉛筆、簽字筆、雙面膠、絕緣膠帶、橡皮擦）、賽道
- (二) 測量工具：電子秤（1台）、磅秤(10KG)、三公尺魯班尺、鐵尺、碼表、錄影機、照相機、三用電表、Tracker 軟體

### 三、實驗裝置

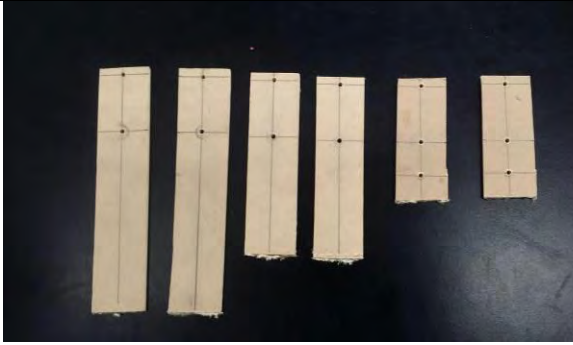
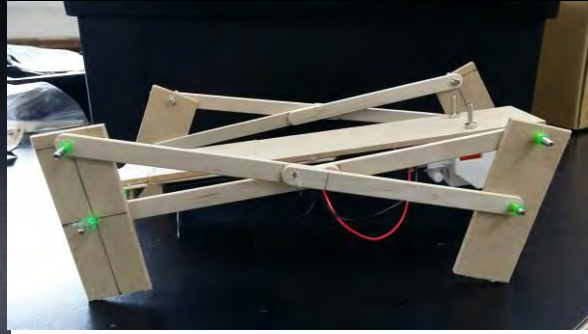
#### (一) 萬獸原型示意圖



(二) 萬獸之王~腳底板設計

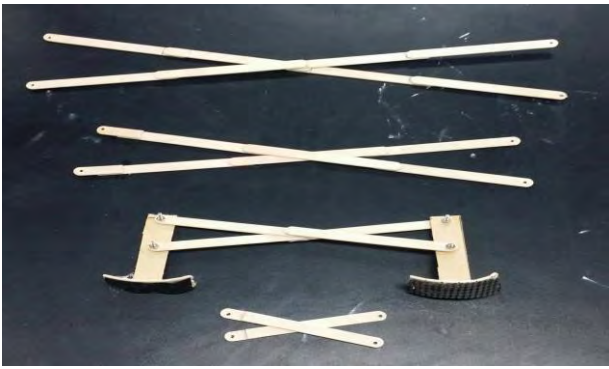
	
<p>不同大小的腳底板</p>	<p>不同曲面的腳底板</p>
	
<p>四腳無止滑</p>	<p>後止滑</p>
	
<p>前止滑</p>	<p>全止滑</p>

(三) 萬獸之王~腿部設計

	
<p>不同腿長設計</p>	<p>腿長比例 1:1</p>

	
<p>腿長比例 1:2</p>	<p>腿長比例 1:3</p>
	
<p>前腿短，後腿長</p>	<p>前腿短，後腿中</p>
	
<p>前腿中，後腿長</p>	<p>前腿中，後腿短</p>
	
<p>前腿長，後腿短</p>	<p>前腿長，後腿中</p>

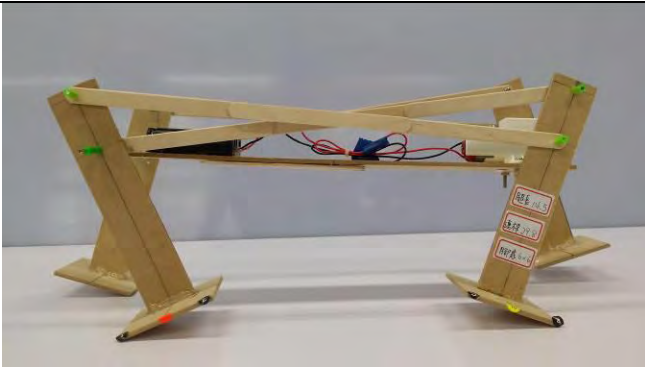
(四) 萬獸之王~連桿設計



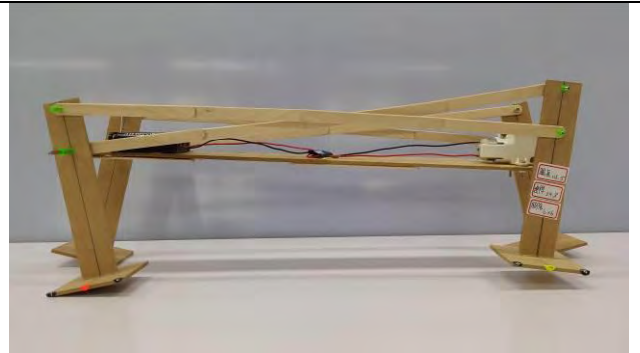
39.8、29.8、19.8、9.8 公分的連桿



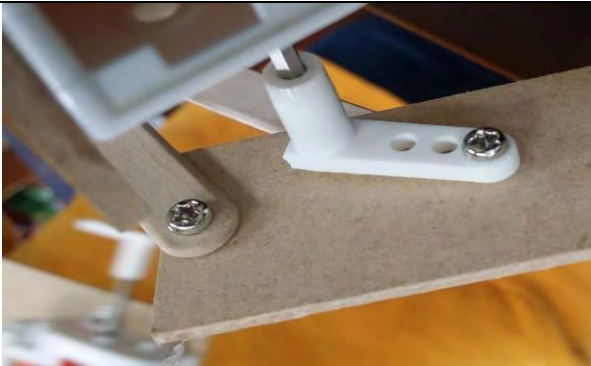
連桿長: 19.8 公分



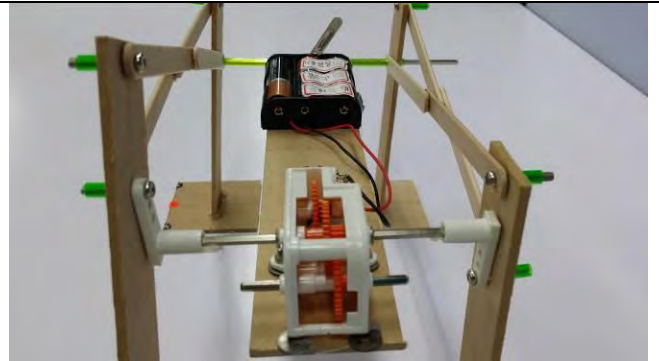
連桿長: 29.8 公分



連桿長: 39.8 公分

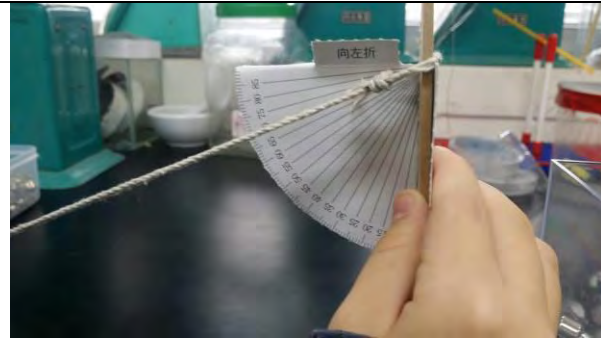


曲柄固定於第三孔

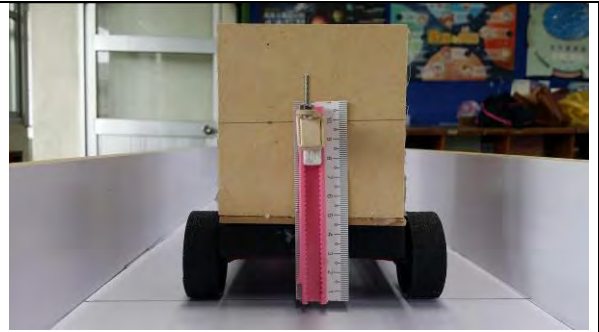


曲柄固定於腿上的情形

(五) 不同拉繩角度與配重



以直角三角形內角和，測出拉繩的角度



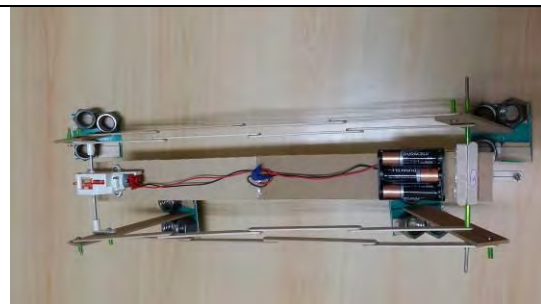
可調整高度之掛勾



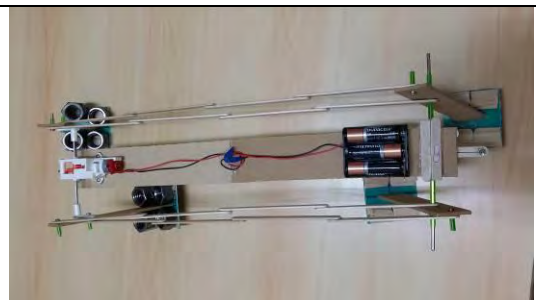
輪胎標記點



拉繩角度示意圖



配重分散於四肢



配重分散於前腳

## 陸、研究過程與研究結果

### 目的一、進行賽道和萬獸原型的測試。

#### 研究 1-1：賽道板面摩擦力的一致性

##### 【研究構想】

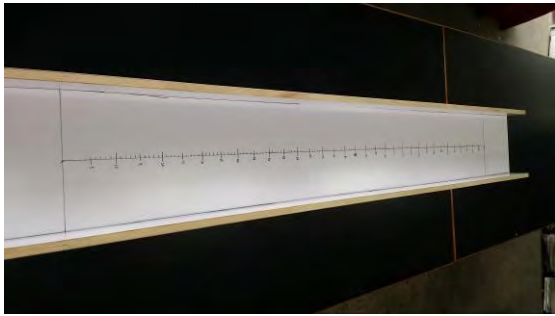
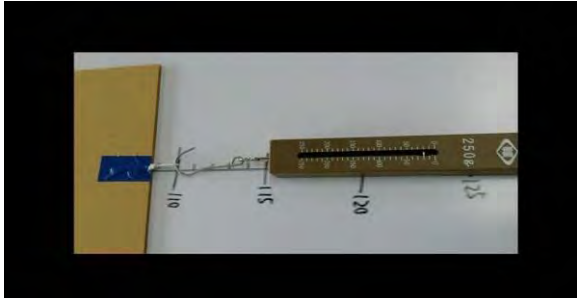
PowerTech 青少年科技創作競賽場地為「立光板」板面，賽道單項全長為 210cm(預備區 40 公分、競速區 170 公分)、寬 25cm、高 8cm。由於接觸面材質會影響摩擦力的大小，因此我們運用密集板在賽道上滑動，分段測試摩擦力是否一致。

##### 【實驗步驟】

1. 將密集板加上環狀掛勾，固定在彈簧秤的鈎環上。
2. 將密集板和彈簧秤放在賽道上，向前拉動 85 公分，並進行慢速攝影。
3. 將結果記錄成如下表 2。

距離 拉力	0 公分	10 公分	20 公分	30 公分	40 公分	50 公分	60 公分	70 公分	80 公分	85 公分	平均
前段拉 力(克)	25	20	10	15	15	10	15	15	15	20	16.0
後段拉 力(克)	20	15	10	15	15	15	15	15	20	20	16.0

		
於賽道上劃出中央線與長度		以彈簧秤拉動密集板，錄影並判讀刻度

##### 【研究發現】

1. 彈簧秤在拉動密集板的瞬間，數值較大。
2. 彈簧秤與軌道需平貼於賽道，在拉動時沿著中央線直行，力量才不會分散。
3. 結果發現，賽道前段和後段板面摩擦力大致相同。

## 研究 1-2：身體重量對萬獸前進速度有何影響。

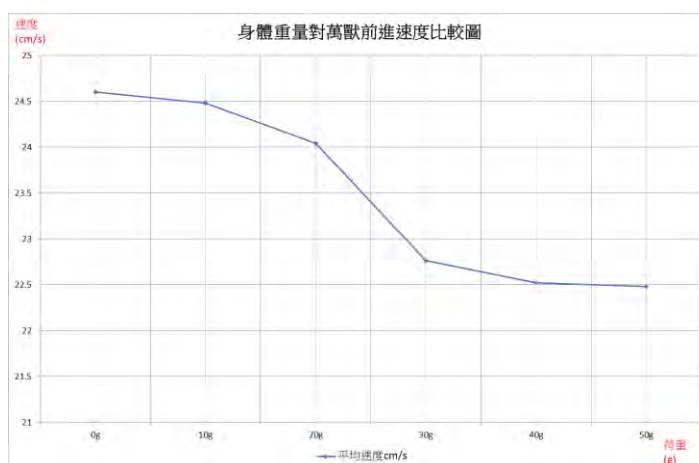
### 【研究構想】

萬獸之王在調整不同的變項時，所使用的密集板與冰棒棍，長短與數量不同。由於物體重量會影響摩擦力的大小，因此我們運用同一隻萬獸，分別加上不同的重量，在賽道上行走，測試身體重量對萬獸行走速度影響情形。

### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型。
2. 分別將 0g、10g、20g、30g、40g、50g 的砝碼裝到萬獸之王身上，再放到賽道上。
3. 按下開關，計時並進行慢速攝影，計算萬獸之王走完全程的平均速度。
4. 將結果記錄如下表 3，圖 5。

重量 次數	0g	10g	20g	30g	40g	50g
第 1 次	24.6	24.6	24	22.6	22.6	22.6
第 2 次	24.4	24.4	24.2	22.8	22.4	22.4
第 3 次	24.4	24.4	24	23.2	22.6	22.4
第 4 次	25	24.6	24	22.6	22.6	22.4
第 5 次	24.6	24.4	24	22.6	22.4	22.6
平均	24.6	24.48	24.04	22.76	22.52	22.48



### 【研究發現】

1. 隨著荷重重量增加，速度漸慢。
2. 增加至 30g 時，速度每秒減慢了 2cm。
3. 因此，以最大重量 300g 的萬獸為基準，在每一次更動萬獸結構的設計時，需將裁下的部分，黏貼至萬獸身上，務求重量皆達到一致。

## 目的二、比較不同摩擦力的萬獸對前進速度有何影響？

### 研究 2-1：不同大小的腳底板，對萬獸前進的速度有何影響？

#### 【研究構想】

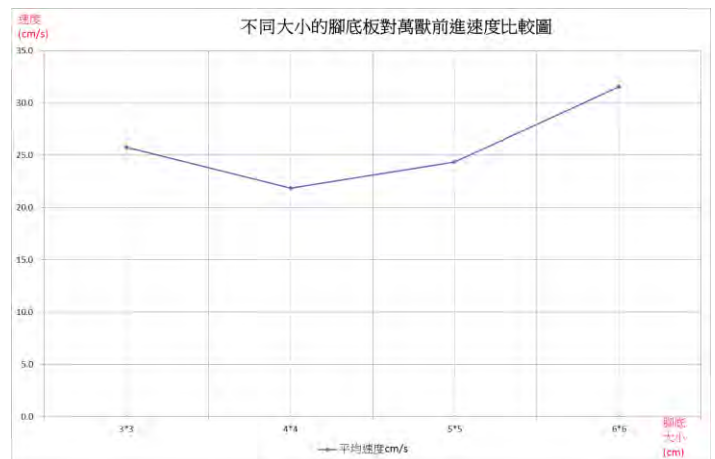
我們很好奇腳底接觸面大小，是否會影響萬獸前進的速度。因此，利用萬獸之王原型，改變四肢腳底板大小，並測量前進的速度。

#### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型。
2. 將密集板裁切成 3x3、4x4、5x5、6cm\*6cm 公分大小的腳底板。
3. 分別將這些腳底板裝到萬獸之王腿上，確認重量達到 300g，再放到賽道上。
4. 按下開關，計時並進行慢速攝影，計算萬獸之王走完全程的平均速度。
5. 將結果記錄如下表 4，圖 6。

#### 【研究發現】

腳底 次數	3cm*3cm	4cm*4cm	5cm*5cm	6cm*6cm
第 1 次	25.8	20.7	22.4	29.3
第 2 次	26.6	20.7	26.6	34.0
第 3 次	25.8	22.4	24.3	32.7
第 4 次	25.0	23.6	23.6	31.5
第 5 次	25.8	21.8	25.0	30.4
平均	25.8	21.8	24.4	31.6



#### 【實驗結果與討論】

1. 在未加防滑貼條的情況下，6cm\*6cm 的腳底板有最遠的行走速度。
2. 沒有防滑貼條的情況下，6cm\*6cm 的萬獸之王在行走時，產生類似「滑板」的滑行現象，所以行走速度比 3cm\*3cm、4cm\*4cm、5cm\*5cm 腳底板快。
3. 以萬獸之王的穩定度為考量，以下採用 6cm\*6cm 的腳底板進行。



## 研究 2-2：前後腳不同摩擦力，對萬獸前進的速度有何影響？

### 【研究構想】

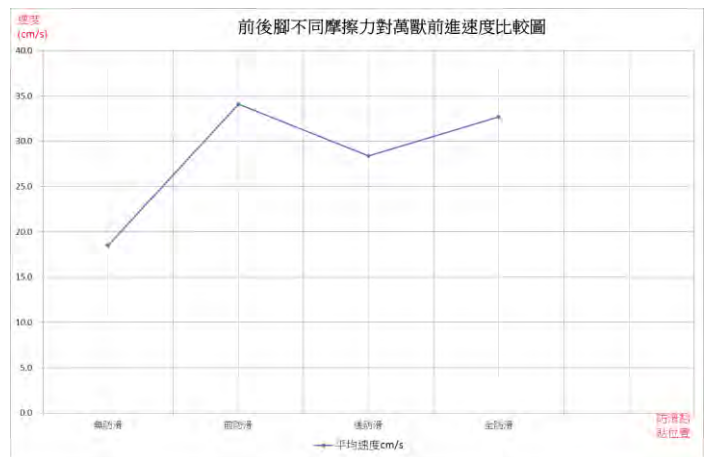
萬獸之王為四足行走設計，我們想了解前後腳不同摩擦力，對萬獸前進的速度是否有影響，因此利用萬獸之王原型，在前後腳底板貼上防滑貼條，並測量前進的速度。

### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型，選用 6cm\*6cm 大小的腳底板。
2. 分別將腳底板的前腳、後腳、四腳貼上防滑貼條。
3. 分別將這些腳底板裝到萬獸之王腿上，確認重量達到 300g，再放到賽道上。
4. 按下開關，計時並進行慢速攝影，計算萬獸之王走完全程的平均速度。
5. 將結果記錄如下表 5，圖 7。

### 【研究發現】

止滑情形 次數	無防滑	前防滑	後防滑	全防滑
第 1 次	18.9	37.0	27.4	32.7
第 2 次	18.9	34.0	27.4	31.5
第 3 次	18.1	34.0	28.3	34.0
第 4 次	18.1	32.7	29.3	32.7
第 5 次	18.5	32.7	29.3	32.7
平均	18.5	34.1	28.4	32.7



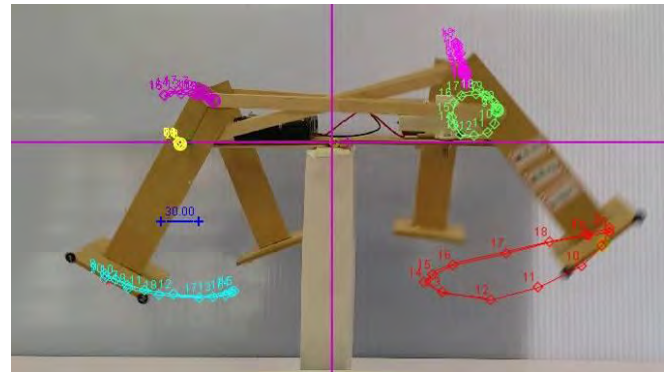
### 【實驗結果與討論】

1. 在貼上防滑貼條後，行走的平均速度比沒有防滑貼條時更快、更穩定。
2. 前腳貼上防滑貼條後，行走速度有所提升，行走時前腳抓地，後腳滑行的情形。
3. 四腳有防滑與後腳有防滑的情形下，行走速度有減少的情況。可推知，當後腳有加防滑貼條的時候，行走速度會減少。

## 研究 2-3：不同曲面的腳底板，對萬獸前進的速度有何影響？

### 【研究構想】

利用慢速攝影和免費教育軟體 Tracker，我們發現萬獸之王的腳底板，接觸立光板面時的行走軌跡，呈現一個弧形。因此，我們利用萬獸之王原型，改變腳底板為曲面，並測量前進的速度。

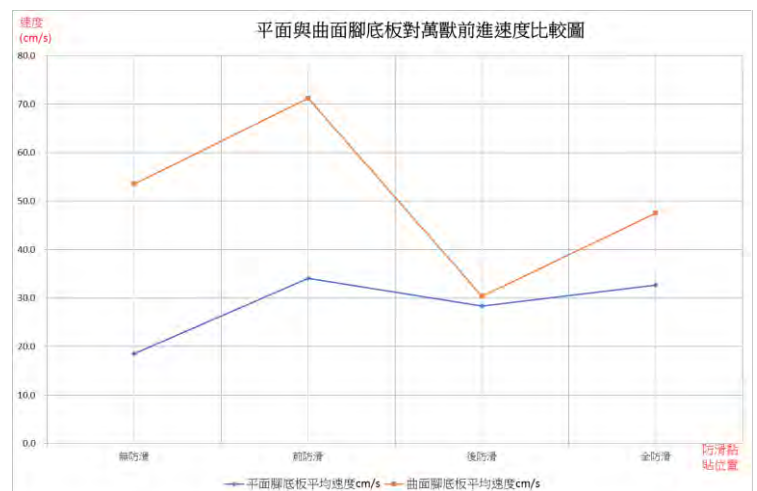


### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型，利用腿部支點到腳底的長度 10.5 公分為半徑，找到直徑 21 公分的塑膠桶，裁切 6\*6 大小的弧形塑膠片，並以冰棒棍加重至與 6\*6 密集板的重量相同。
2. 分別將腳底板的前腳、後腳及四肢貼上防滑貼條。
3. 分別將這些腳底板裝到萬獸之王腿上，確認重量達到 300g，再放到賽道上。
4. 按下開關，計時並進行慢速攝影，計算萬獸之王走完全程的平均速度。
5. 將結果記錄如下表 6，圖 8。

### 【研究發現】

止滑情形 次數	無防滑	前防滑	後防滑	全防滑
第 1 次	44.7	77.3	30.4	44.7
第 2 次	56.7	70.8	29.3	42.5
第 3 次	53.1	77.3	31.5	50.0
第 4 次	56.7	65.4	31.5	53.1
第 5 次	56.7	65.4	29.3	47.2
平均	53.6	71.2	30.4	47.5



### 【實驗結果與討論】

1. 我們觀察到曲面的腳底，與地面的接觸面積較大，行走速度明顯的提升。
2. 無防滑與前防滑的情形下，行走速度有明顯的提升。
3. 四腳有防滑與後腳有防滑的情形下，行走速度有減少的情況。可推知，在腳底板能服貼於地面的情況下，當後腳有加防滑貼條的時候，行走速度會明顯的減少。

### 目的三、比較不同腿部設計的萬獸對前進速度有何影響。

#### 研究 3-1：不同比例的腿長，對萬獸前進的速度有何影響？

##### 【研究構想】

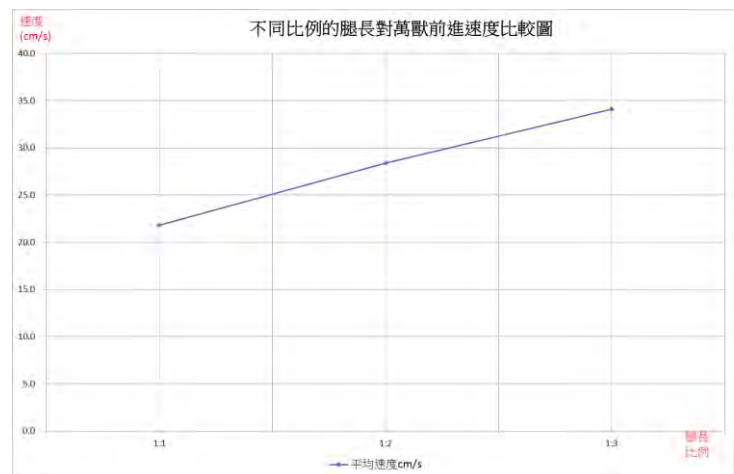
賽跑時，腿的長短會影響到步幅的大小，我們猜測，萬獸之王的腿長，也會影響到前進的速度，因此，利用萬獸之王原型，改變腿長，並測量前進的速度。

##### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型，選用 6cm\*6cm 大小的腳底板。
2. 依據腿部兩孔之間的距離，腿長依比例分別將密集板裁切成 1:1、1:2、1:3 的腿。
3. 分別將腳底板裝到萬獸之王腿上，確認重量達到 300g，再放到賽道上。
4. 按下開關，計時並進行慢速攝影，計算萬獸之王走完全程的平均速度。
5. 將結果記錄如下表 7，圖 9。

##### 【研究發現】

腿長比例 次數	1:1	1:2	1:3
第 1 次	21.3	27.4	37.0
第 2 次	21.8	27.4	34.0
第 3 次	21.8	29.3	34.0
第 4 次	22.4	29.3	32.7
第 5 次	21.8	28.3	32.7
平均	21.8	28.4	34.1



##### 【實驗結果與討論】

1. 當曲柄鎖在的二孔時，繞圈直徑為 3 公分，再加上 0.5 公分的緩衝，因此我們選擇增加腿長的部分為 3.5 公分的一倍、二倍、三倍長度。
2. 實驗結果可知，腿長愈長，行走速度愈快。

## 研究 3-2：不同長度前後腿搭配，對萬獸前進的速度有何影響？

### 【研究構想】

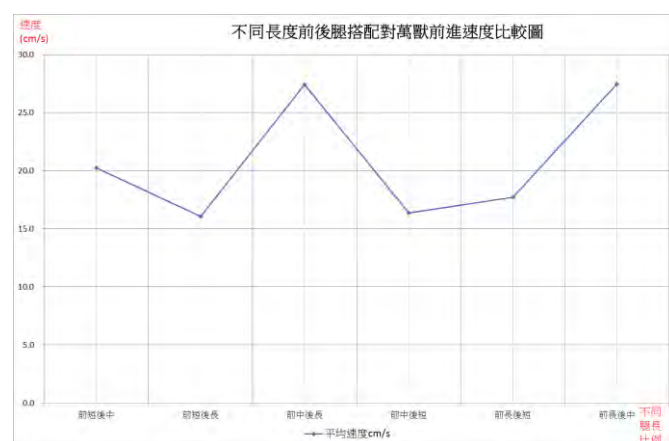
不同長度前後腿搭配的萬獸之王，穩定度也會有所不同，我們想知道對萬獸前進的速度是否會有影響，因此，利用萬獸之王原型，改變腿長比例配置，並測量前進的速度。

### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型，選用 6cm\*6cm 大小的腳底板。
2. 將腿長依比例分別將密集板裁切成短(1:1)、中(1:2)、長(1:3)的腿。
3. 分別將腳底板裝到前短後中、前短後長、前中後長、前中後短、前長後短、前長後中的萬獸之王腿上，確認重量達到 300g，再放到賽道上。
4. 按下開關，計時並進行慢速攝影，計算萬獸之王走完全程的平均速度。
5. 將結果記錄如下表 8，圖 10。

### 【研究發現】

腿長組合 次數	前腿短			前腿長		
	前短後中	前短後長	前中後長	前中後短	前長後短	前長後中
第 1 次	21.3	17.0	28.3	16.3	17.3	28.3
第 2 次	19.8	17.0	27.4	16.3	17.3	25.8
第 3 次	20.2	15.7	28.3	16.0	17.7	27.4
第 4 次	20.2	15.2	26.6	16.7	17.7	27.4
第 5 次	19.8	15.5	26.6	16.3	18.5	28.3
平均	20.3	16.1	27.4	16.3	17.7	27.5



### 【實驗結果與討論】

1. 腿長不同比例的情況下，前中後長和前長後中所行走的速度相近。
2. 前後腿長比例過大的情況下，所行走的速度減少。
3. 前腿過短，我們觀察到會有穩定度不佳的搖晃現象，行走速度大大的減少。
4. 在交叉連桿的設計下，腿長不同比例的情況，行走速度降低。

### 研究 3-3：不同曲柄長短，對萬獸前進的速度有何影響？

#### 【研究構想】

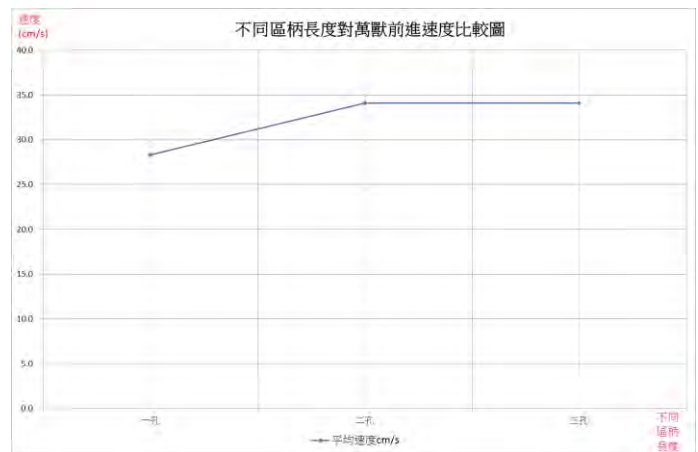
曲柄的長度，會影響步幅，因此我們利用萬獸之王原型，改變曲柄長短，並測量前進的速度。

#### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型，選用 6cm\*6cm 大小的腳底板。
2. 將螺絲分別固定在曲柄一孔、二孔、三孔的位置。
3. 分別將腳底板裝到萬獸之王腿上，確認重量達到 300g，再放到賽道上。
4. 按下開關，計時並進行慢速攝影，計算萬獸之王走完全程的平均速度。
5. 將結果記錄如下表 9，圖 11。。

#### 【研究發現】

位置 次數	一孔	二孔	三孔
第 1 次	29.3	37.0	34.0
第 2 次	27.4	34.0	37.0
第 3 次	28.3	34.0	32.7
第 4 次	28.3	32.7	34.0
第 5 次	28.3	32.7	32.7
平均	28.3	34.1	34.1



#### 【實驗結果與討論】

1. 將曲柄裝在第二孔與第三孔，行走速度相近。
2. 將曲柄裝在的三孔，行走時因步幅大，有晃動的情況，使行走速度減少。
3. 將曲柄裝在第一孔，行走步幅小，行走速度減少。

## 目的四：不同連桿設計對萬獸前進的速度有何影響。

### 研究 4-1：不同連桿形式（交叉連桿與單連桿），對萬獸前進的速度有何影響？

#### 【研究構想】

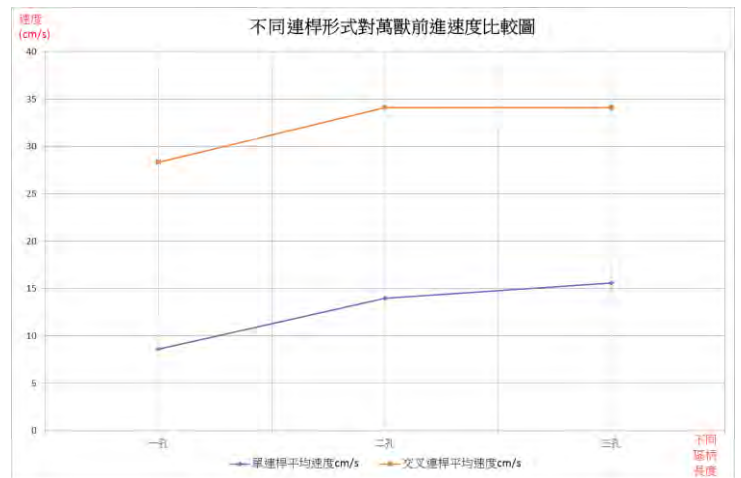
在連桿長度相同的條件下，我們想知道交叉連桿的行走速度是否比單連桿的速度快，因此利用慢速攝影和免費教育軟體 Tracker，以萬獸之王原型，改變連桿形式(單連桿、交叉連桿)，並測量前進的速度。

#### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型，選用 6cm\*6cm 大小的腳底板。
2. 將冰棒棍裁切成 19.8 公分長的單連桿與交叉連桿，再放到賽道上。
3. 將螺絲分別固定在曲柄一孔、二孔、三孔的位置。
4. 分別將腳底板裝到萬獸之王腿上，確認重量達到 300g，再放到賽道上。
5. 按下開關，計時並進行慢速攝影，計算萬獸之王走完全程的平均速度。
6. 將結果記錄如下表 10，圖 12。

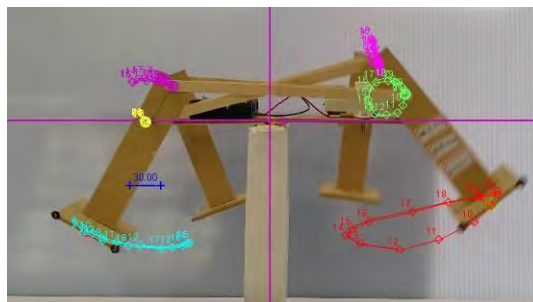
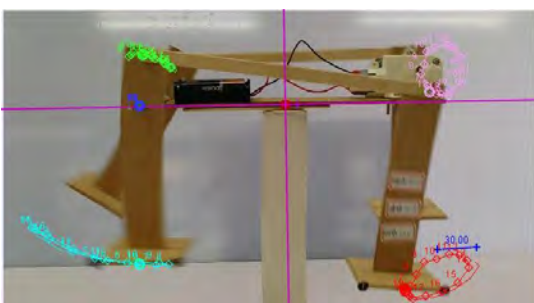
#### 【研究發現】

連桿形式 次數	單連桿			交叉連桿		
	一孔	二孔	三孔	一孔	二孔	三孔
第 1 次	9	14	15	29.3	37.0	34.0
第 2 次	9	14	16	27.4	34.0	37.0
第 3 次	8	14	15	28.3	34.0	32.7
第 4 次	9	14	16	28.3	32.7	34.0
第 5 次	8	14	16	28.3	32.7	32.7
平均	8.6	14	15.6	28.3	34.1	34.1



#### 【實驗結果與討論】

1. 交叉連桿的行走速度在一孔、二孔和三孔的情況下，都比單連桿更快。
2. 交叉連桿前腳跨出的步幅比單連桿的步幅大，因此速度有明顯的提升。



## 研究 4-2：不同連桿長度，對萬獸前進的速度有何影響？

### 【研究構想】

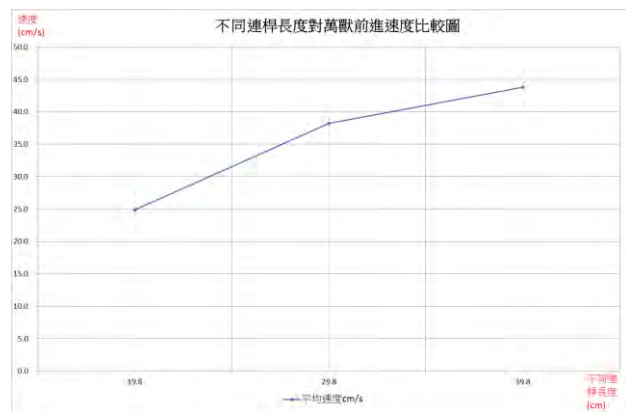
連桿製作時，為了能準確的控制粗細，因此採用數根冰棒棍相接的方式進行，我們利用萬獸之王原型，改變連桿長度，並測量前進的速度。

### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型。
2. 將冰棒棍裁切成 39.8、29.8、19.8、9.8 公分的連桿。
3. 分別將這些連桿裝到萬獸之王腿上，調整萬獸之王前後腿之間的距離。
4. 再將腳底板裝到萬獸之王腿上，確認重量達到 300g，再放到賽道上。
5. 按下開關，計時並進行慢速攝影，計算萬獸之王走完全程的平均速度。
6. 將結果記錄如下表 11，圖 13。

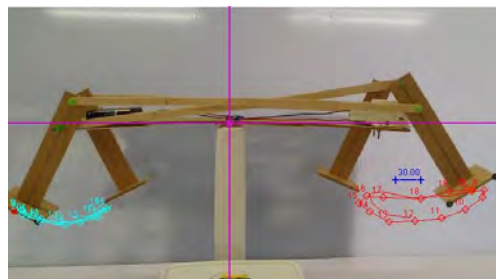
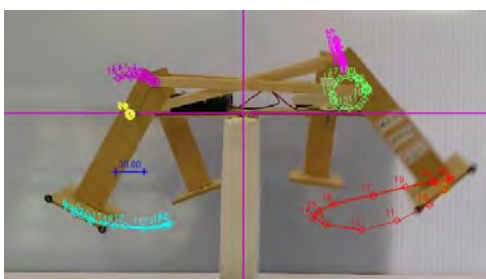
### 【研究發現】

連桿長度 次數	9.8cm	19.8cm	29.8cm	39.8cm
第 1 次	*	24.4	38.0	45.0
第 2 次	*	24.0	39.0	42.0
第 3 次	*	25.0	38.0	42.0
第 4 次	*	26.0	38.0	45.0
第 5 次	*	25.0	38.0	45.0
平均	*	24.9	38.2	43.8



### 【實驗結果與討論】

1. 將萬獸之王的連桿加長至 39.8 公分(競賽長度限制 40 公分以內)，有最佳的行走速度。
2. 連桿縮短至 9.8 公分，兩腳底板有相撞的情況，造成無法前進的情形。
3. 本研究與第 46 屆國中組生活與應用科學〈終極目標-萬獸之王曲軸、連桿、後腳組合的探討〉單連桿設計所提到連桿愈短，速度愈快的情況不同。交叉連桿設計的萬獸之王，連桿愈長，前腳步幅是一種長橢圓，伸腿步幅較大，因此行走速度愈快。



**目的五：在最佳速度的條件下，探討摩擦力配置與腿長，對萬獸拉力有何影響。**

**研究 5-1：前後腳不同摩擦力，對萬獸拉力有何影響？**

**【研究構想】**

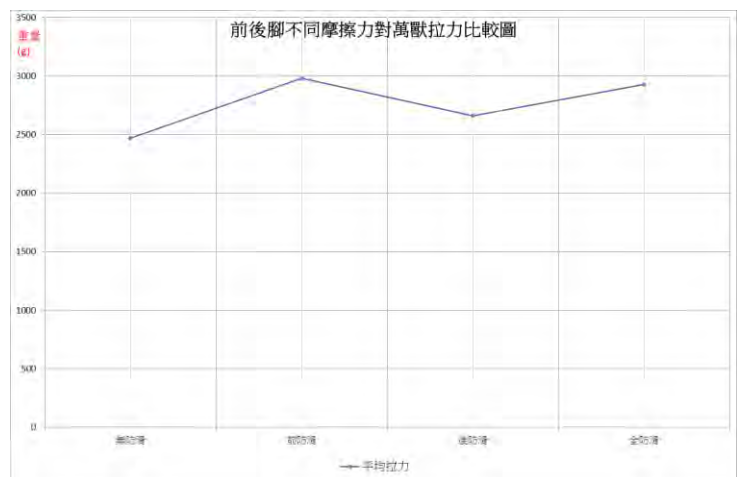
我們觀察到曲面的腳底，與地面的接觸面積較大，無防滑、前防滑的情形下，行走速度快。全防滑、後腳有防滑的情形下，行走速度減少。我們很好奇，對於拉力而言，前防滑是否也是最佳設計，因此我們利用萬獸之王原型，採用曲面腳底，改變四肢腳底板摩擦力，並測量其拉力。

**【實驗步驟】**

1. 製作萬獸之王的原型，選用 6cm\*6cm 大小曲面的腳底板。
2. 分別將腳底板的前腳、後腳、四肢貼上防滑貼條。
3. 分別將這些腳底板裝到萬獸之王腿上，再放到賽道上，掛上拔河繩與小臺車(放置重物)。
4. 按下開關，計時 30 秒，看萬獸之王是否能讓小臺車車輪移動。
5. 將結果記錄如下表 12，圖 14。。

**【研究發現】**

防滑貼條次數	無防滑	前防滑	後防滑	全防滑
第 1 次	2500	3050	2650	2950
第 2 次	2450	2950	2650	2900
第 3 次	2500	3000	2700	2900
第 4 次	2450	2950	2650	2950
第 5 次	2450	2950	2650	2950
平均	2470	2980	2660	2930



**【實驗結果與討論】**

1. 四腳有防滑和前腳有防滑，有最佳的拉力。
2. 由於驅動位置位於前腳，因此，當前腳加止滑，能有較好的拉力。



## 研究 5-2：不同腿長，對萬獸拉力有何影響？

### 【研究構想】

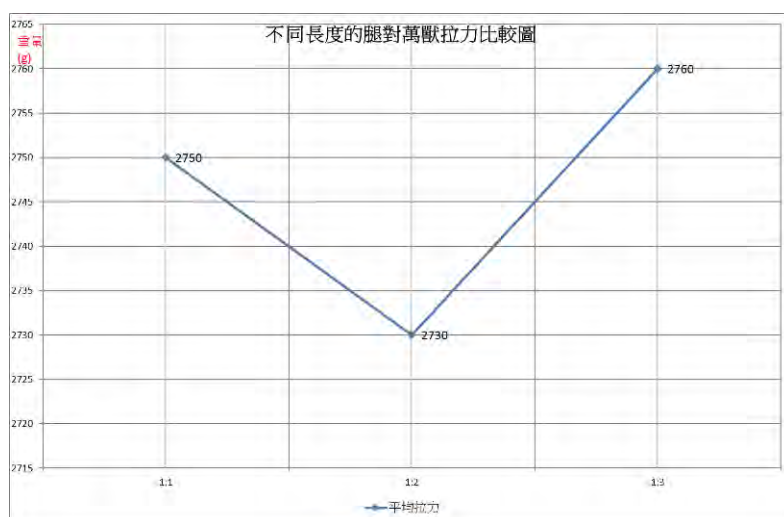
拔河時，選手都會蹲低，將重心位置放低，我們很好奇長腿和短腿，是否會影響拉力，因此利用萬獸之王原型，改變四肢腿的長短，並測量其拉力。

### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型，選用 6cm\*6cm 大小的腳底板。
2. 依據腿部兩孔之間的距離，腿長依比例分別將密集板裁切成 1:1、1:2、1:3 的腿。
3. 分別將曲面、前防滑的腳底板裝到萬獸之王腿上，確認重量達到 300g，再放到賽道上。
4. 掛上拔河繩與小臺車(放置重物)。
5. 按下開關，計時 30 秒，看萬獸之王是否能让小臺車車輪移動。
6. 將結果記錄如下表 13，圖 15。

### 【研究發現】

腿長 次數	1:1	1:2	1:3
1	2750	2700	2750
2	2800	2700	2800
3	2750	2750	2750
4	2700	2750	2750
5	2750	2750	2750
平均	2750	2730	2760



### 【實驗結果與討論】

1. 腿長比例 1:3 有最佳的拉力。
2. 腿長 1:1、1:2、1:3 對於拉力，並無明顯的差異。

## 目的六：不同拉繩角度與配重，對萬獸拉力有何影響。

### 研究 6-1：不同拉繩角度，對萬獸拉力有何影響？

#### 【研究構想】

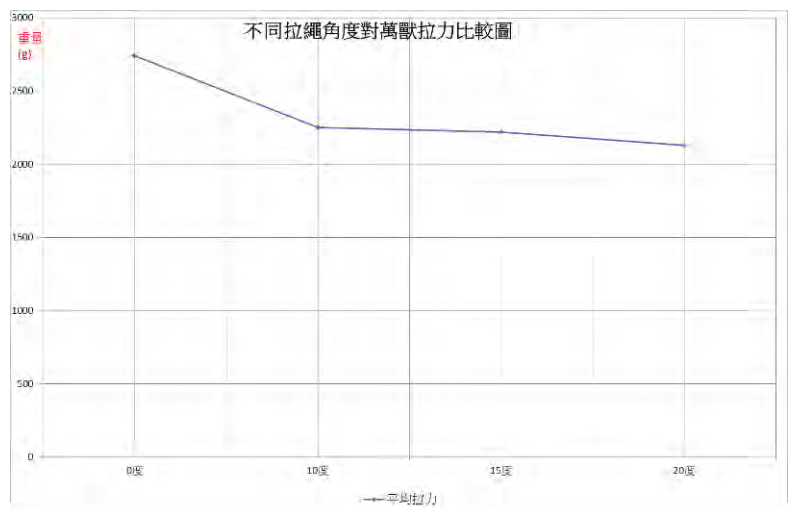
在拔河賽規則中，尾巴高度以拔河線圈套點為基準，位置距賽道需於 10 公分以內，因此我們利用萬獸之王原型，在限定的高度範圍內，改變拉繩的角度，並測量其拉力。

#### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型，選用 6cm\*6cm 大小曲面的腳底板，前腳貼上防滑貼條。
2. 再放到賽道上，掛上拔河繩與小臺車(放置重物)。
3. 調整掛繩角度。
4. 按下開關，計時 30 秒，看萬獸之王是否能讓小臺車車輪移動。
5. 將結果記錄如下表 14 圖 16。

#### 【研究發現】

次數 拉繩角度	0 度	10 度	15 度	20 度
第 1 次	2750	2300	2200	2100
第 2 次	2800	2250	2150	2150
第 3 次	2750	2250	2200	2150
第 4 次	2700	2250	2250	2150
第 5 次	2700	2200	2300	2100
平均	2740	2250	2220	2130



#### 【實驗結果與討論】

1. 水平拉繩有最佳的拉力。
2. 當拉繩呈 10、15、20 度上升時，拉力逐漸下降。

### 研究 6-2：不同配重位置，對萬獸拉力有何影響？

#### 【研究構想】

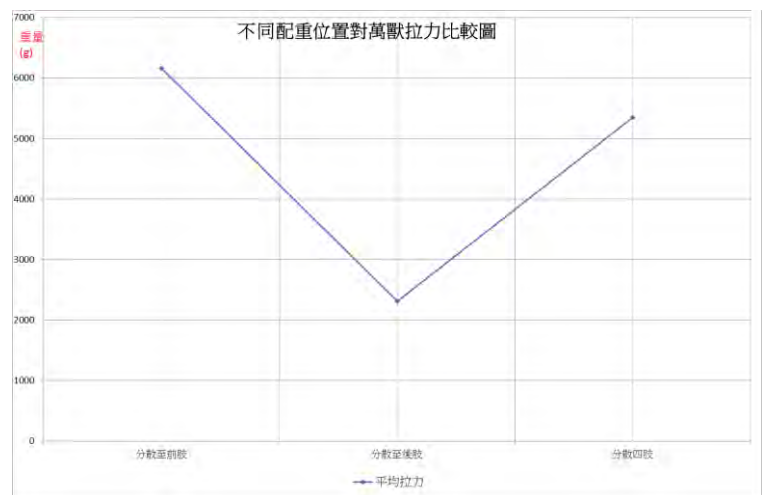
依據規則，作品重量限制上限為 700 公克，我們利用萬獸之王原型 300g，再加上 400g 的螺帽，改變配重位置，並測量其拉力。

### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型，選用 6cm\*6cm 大小曲面的腳底板，前腳貼上防滑貼條。
2. 分別以分散至前肢、分散至後肢、分散四肢等方式裝上螺帽。
3. 再放到賽道上，掛上拔河繩與小臺車(放置重物)。
4. 按下開關，計時 30 秒，看萬獸之王是否能讓小臺車車輪移動。
5. 將結果記錄如下表 15，圖 17。

### 【研究發現】

配重次數	分散四肢	分散至前肢	分散至後肢
1	5350	5950	2350
2	5400	6100	2300
3	5350	6250	2300
4	5300	6200	2250
5	5350	6300	2350
平均	5350	6160	2310



### 【實驗結果與討論】

1. 將配重分散於前腳，有最佳的拉力。
2. 將配重分散於四腳，拉力次之。
3. 由於驅動位置位於前腳，因此，當前腳加上重量，能有較好的拉力。

## 目的七：製作一隻速度與拉力最佳效果的萬獸之王。

### 【研究構想】

萬獸之王如何能在第一關「行走速度快」勝出，又能在第二關的「拔河」比賽中獲勝。

### 【實驗步驟】

1. 整理上述研究結果，討論與歸納萬獸之王的腳底板、止滑、腿長、曲柄、連桿長和配重。
2. 根據結論製作一隻速度與拉力最佳效果的萬獸之王。如下表 16、17。

【研究發現】

	最佳速度(cm/s)	最佳荷重(g)
第 1 次	45.0	5950
第 2 次	42.0	6100
第 3 次	42.0	6250
第 4 次	45.0	6200
第 5 次	45.0	6300
平均	43.8	6160

競賽項目	改變的因素	最佳效果	選擇
行走速度最快	不同大小的腳底板	6cm*6cm 的腳底板較穩定	✓ 6cm*6cm 腳底板 ✓ 前腳止滑 ✓ 曲面腳底 ✓ 腿愈長，腿長比例相近 ✓ 曲柄第二孔 ✓ 交叉連桿，連桿採用 39.8 公分
	不同摩擦力的腳底板	前腳貼上防滑貼條	
	不同曲面的腳底板	曲面的腳底	
	不同長度的腿	腿長愈長	
	不同比例的腿長	兩腿長比例相近	
	不同長短的曲柄	曲柄第二孔較穩定	
	不同形式的連桿	交叉連桿	
	不同長度的連桿	連桿加長至 39.8 公分	
拉力最佳	不同摩擦力的腳底板	前腳加止滑	✓ 水平拉繩 ✓ <b>調整為:前端加重</b>
	不同長度的腿	無明顯的差異	
	改變拉繩的角度	水平拉繩	
	不同配重	前腳加重量	

【實驗結果與討論】

- 1.實際測試後，發現以此機型的萬獸之王行走，速度有明顯的提升。
- 2.拉力則是前腳加止滑、水平拉繩的方式能有良好的拉力。
- 3.身體拉長時，單純前腳加重會變成移動的負擔，所以要把部分配重移至身體前端，不可全數加在腳上。

## 柒、討論

### 一、比較不同摩擦力的萬獸對移動速度有何影響。

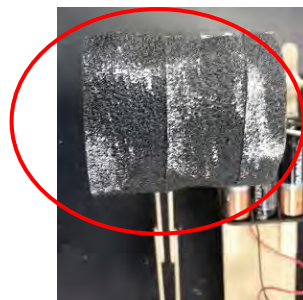
從【研究 2-1】發現，沒有止滑貼條時，腳底板接觸面積大，會有滑行的情況，速度快卻容易偏移。從【研究 2-2】發現，增加前後腳摩擦力時，加在前腳有助於穩定萬獸之王前進，加在後腳，則會產生較大摩擦力而降低前進的速度。從【研究 2-3】發現，曲面的腳底板，能使萬獸之王的腳底板，順利的與接觸面密合，我們使用白色粉末確認接觸面的情形發現，並用 Tracker 軟體進行驗證。



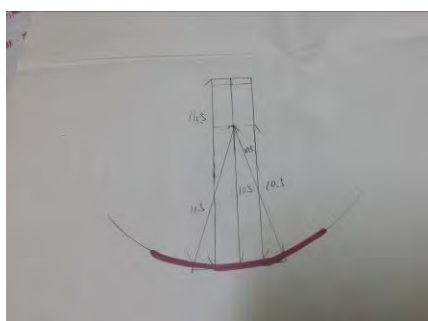
檢視曲面腳底的接觸面



前腳：後半段接觸



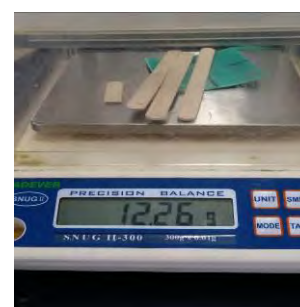
後腳：整個腳底都接觸



討論腳底弧形大小



尋找直徑 21cm 的圓弧



加重至與密集板重量一致

### 二、比較不同腿長的萬獸對移動速度有何影響。

從【研究 3-1】發現，較長的腿，萬獸前進的步伐大，速度快，但重心較不穩。【研究 3-2】觀察到，前後腿的長度比例不可太懸殊，否則會影響前進速度，甚至無法順利移動。【研究 3-3】將曲柄固定在第二孔，能有最好的前進的速度，固定在第三孔，雖然步伐大，但容易搖晃不穩定。

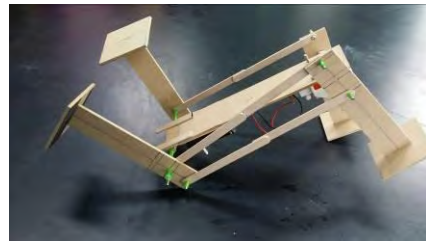
### 三、不同連桿長度對萬獸前進的速度有何影響。

從【研究 4-1】了解到不同連桿形式中，交叉連桿前腳跨出的步幅比單連桿的步幅大，因此速度有明顯的提升。【研究 4-2】觀察到，交叉連桿設計的萬獸之王，連桿愈長，前

腳步幅是一種長橢圓，伸腿步幅較大，因此行走速度愈快。連桿的製作需注意交叉點要在中央，左右平均，否則會產生歪斜情況。



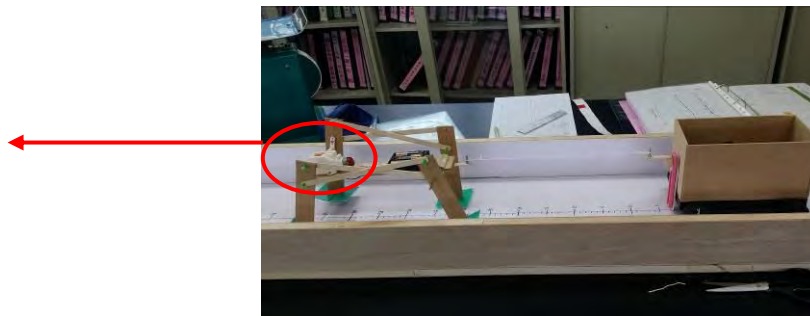
連桿未正確固定



行走歪斜

#### 四、不同腿部設計，對萬獸拉力有何影響。

【研究 5-1】考慮行進的方向，當前後腳不同摩擦力時，行進方向前端的腳加上止滑，會有更好的拉力。【研究 5-2】前後腳不同腿長，只要比例不會過於懸殊，對於拉力，並沒有明顯差異。



#### 五、不同拉繩角度與配重，對萬獸拉力有何影響。

從【研究 6-1】發現，繩子平行時，由於施力方向垂直，有最佳合力。【研究 6-2】萬獸之王增加重量的位置，集中於拔河繩的後方(即萬獸之王的前腳)，使繩子產生下壓的拉力，類似拔河比賽中，重量較重的人，要站在隊伍的後方。

## 捌、結論

在前驅動的情況下，我們以交叉連桿的萬獸之王進行速度與拉力的研究。結果發現：

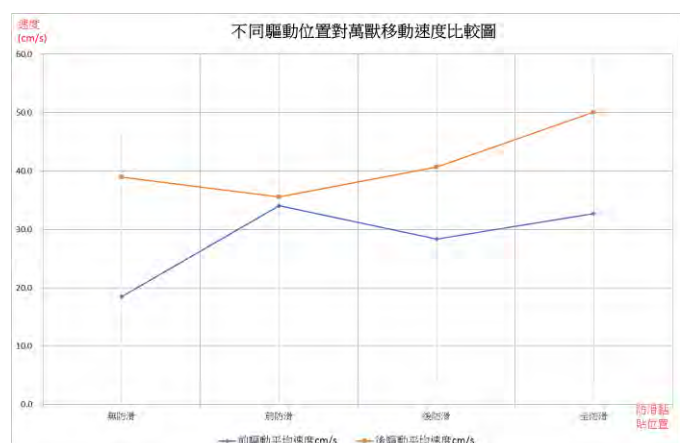
- 一、**不同摩擦力的萬獸之王**，以 6cm\*6cm 大小的腳底板，前腳貼上防滑貼條，曲面的腳底是最佳的摩擦力組合。
- 二、**不同腿長的萬獸之王**，腿長愈長，且腿長比例相近，曲柄裝在第二孔是最穩定的設計。
- 三、**不同連桿形式的萬獸之王**，以交叉連桿設計，並將連桿加長，能使萬獸之王走得最快。
- 四、**在最佳速度的條件下**，腿長比例無明顯差異，前腳加止滑，能拉動的重量較多。
- 五、**最佳的拉力的萬獸之王**，配重分散於前端，以水平方式拉繩。
- 六、**兼顧行走速度快與拉力大**，要在驅動所在位置加上防滑設計與增加配重，會有較佳效果。

## 玖、未來展望

在實驗歸納階段，我們發現驅動位置對摩擦力的配置，以及螺帽加重的位置有很大的相關，因此，我們從維基百科的網頁中，查到有關汽車驅動位置的資訊 (<https://zh.wikipedia.org/wiki/>)，在汽車設計中，依據發動機的動力所驅動輪胎的動力分配方式，分為後輪驅動、前輪驅動、四輪驅動。

萬獸之王依據齒輪盒組和馬達所在位置，可以分為前驅動和後驅動設計，我們想了解驅動位置與前後腳不同摩擦力設計，對萬獸前進的速度是否有影響，因此利用萬獸之王原型，將驅動位置改為後驅動。結果發現，如下表 18，圖 18。

	無防滑	前防滑	後防滑	全防滑
第 1 次	42.5	32.7	42.5	47.2
第 2 次	42.5	32.7	44.7	50.0
第 3 次	35.4	37.0	38.6	50.0
第 4 次	34.0	37.0	40.5	50.0
第 5 次	40.5	38.6	37.0	53.1
平均	39.0	35.6	40.7	50.1



我們發現：

1. 在後驅動中，行走的平均速度比前驅動時更快。
2. 後驅動時，有行走方向過度晃動與偏斜的情形，在四足全止滑的情況下，較為穩定。

3. 前驅動前止滑、後驅動後止滑的情況下，行走的平均速度也很好，推知驅動所在位置的腳底，加上防滑貼條，能提升行走速度。
4. 後驅動的萬獸之王，速度與拉力大，但是行走時晃蕩不穩定，如何達到穩定的狀態，是後續值得研究的議題。

## 拾、研究心得

謝 OO：謝謝一直以來陪伴著我的隊友、老師及家長，因為您們的陪伴，我們今天才能順利的完成實驗。

羅 OO：這次的研究，讓我知道影響萬獸之王前進與拉力的許多因素，更懂得團隊合作，希望這次的比賽能獲得佳績。

李 OO：我對於這次的研究有很多的收穫，我們做出一隻最好的萬獸之王，而那隻前驅動的萬獸之王的腳是曲面的，前腳有防滑，後腳無防滑，這就是讓我感到最有趣的收穫。

## 拾壹、相關參考資料

鍾介恆、古家全、王宜平（無日期）。萬獸之王最高機密。初小組，應用科學。

謝奇霖、邱亞儒、童國毅、彭邦碩。終極目標-萬獸之王曲軸、連桿、後腳組合的探討。中華民國第 46 屆中小學科學展覽會。

2016PowerTech 青少年科技創作競賽 Mini-Com 區賽暨全國賽競賽規則。



## 【評語】 080807

本作品探討機器獸運動與不同參數間的關係，進行一系列的測試與改造，萬獸之王的機械獸既要參加「接力賽」,又要進行「拔河賽」，如何兼顧二者，並能針對比賽困難發現問題並解決問題，極為重要。本研究利用慢速攝影及免費教育軟體完成萬獸之王腳底板的軌跡繪製，據此進行實驗。未來可在實體機構方面應用於設計機器人運動機能，或於生活中的簡單機械使用，更能符合生活應用科學的精神。

作品海報

# 摘要

本研究源於我們參加Power Tech科技創作競賽，萬獸之王的機械獸既要參加「接力賽」，又要進行「拔河賽」。如何兼顧二者，因此進行了研究。結果發現：

- 一、不同摩擦力的萬獸之王，以6cm\*6cm大小的腳底板，前腳貼上防滑貼條，曲面腳底是最佳的摩擦力組合。
- 二、不同腿長的萬獸之王，腿長愈長，且腿長比例相近，曲柄裝在第二孔是最穩定的設計。
- 三、不同連桿形式的萬獸之王，以交叉連桿設計，並將連桿加長，能使萬獸之王走得最快。
- 四、在最佳速度的條件下，腿長比例無明顯差異，前腳加止滑，能拉動的重量較多。
- 五、最佳的拉力的萬獸之王，配重分散於前端，以水平方式拉繩。
- 六、兼顧行走速度快與拉力大，要在驅動所在位置加上防滑設計與增加配重，會有較佳效果。

## 壹 研究動機

本研究源自於我們參加過Power Tech科技創作競賽，做過各種不同的機械獸。萬獸之王這隻機械獸，既要參加競速型的「接力賽」，又要參加進入決賽後的「拔河賽」。如何兼顧接力賽時能走得很快，又能在拔河比賽時能贏過對手，在我們比賽過後，腦海中浮現一連串的問題，為解決這些疑問，我們進行了許多實驗，希望能製作出兼具速度與力量的超強萬獸之王。五年級的自然課第四單元力與運動中，老師介紹了測量力的方法，以及影響摩擦力的因素，這些概念讓我們在這個實驗中有了很大的啟發，將摩擦力發揮在適當的時機，便能使萬獸之王發揮不同的能力，因而展開了一連串的研究，在日常生活中，也能夠靈活的運用摩擦力，使生活更便利。

## 貳 研究目的及問題

### 目的一、進行賽道和萬獸原型的測試。

研究1-1：賽道板面摩擦力的一致性。

研究1-2：身體重量對萬獸前進速度有何影響？

### 目的二、比較不同摩擦力的萬獸對前進速度有何影響。

研究2-1：不同大小的腳底板，對萬獸前進的速度有何影響？

研究2-2：前後腳不同摩擦力，對萬獸前進的速度有何影響？

研究2-3：不同曲面的腳底板，對萬獸前進的速度有何影響？

### 目的三、比較不同腿部設計的萬獸對前進速度有何影響。

研究3-1：不同比例的腿長，對萬獸前進的速度有何影響？

研究3-2：不同長度前後腿搭配，對萬獸前進速度有何影響？

研究3-3：不同曲柄長短，對萬獸前進的速度有何影響？

### 目的四：不同連桿設計對萬獸前進的速度有何影響。

研究4-1：不同連桿形式（交叉連桿與單連桿），對萬獸前進的速度有何影響？

研究4-2：不同連桿長度，對萬獸前進的速度有何影響？

### 目的五：在最佳速度的條件下，探討摩擦力配置與腿長，對萬獸拉力有何影響。

研究5-1：前後腳不同摩擦力，對萬獸拉力有何影響？

研究5-2：不同腿長，對萬獸拉力有何影響？

### 目的六：不同拉繩角度與配重，對萬獸拉力有何影響。

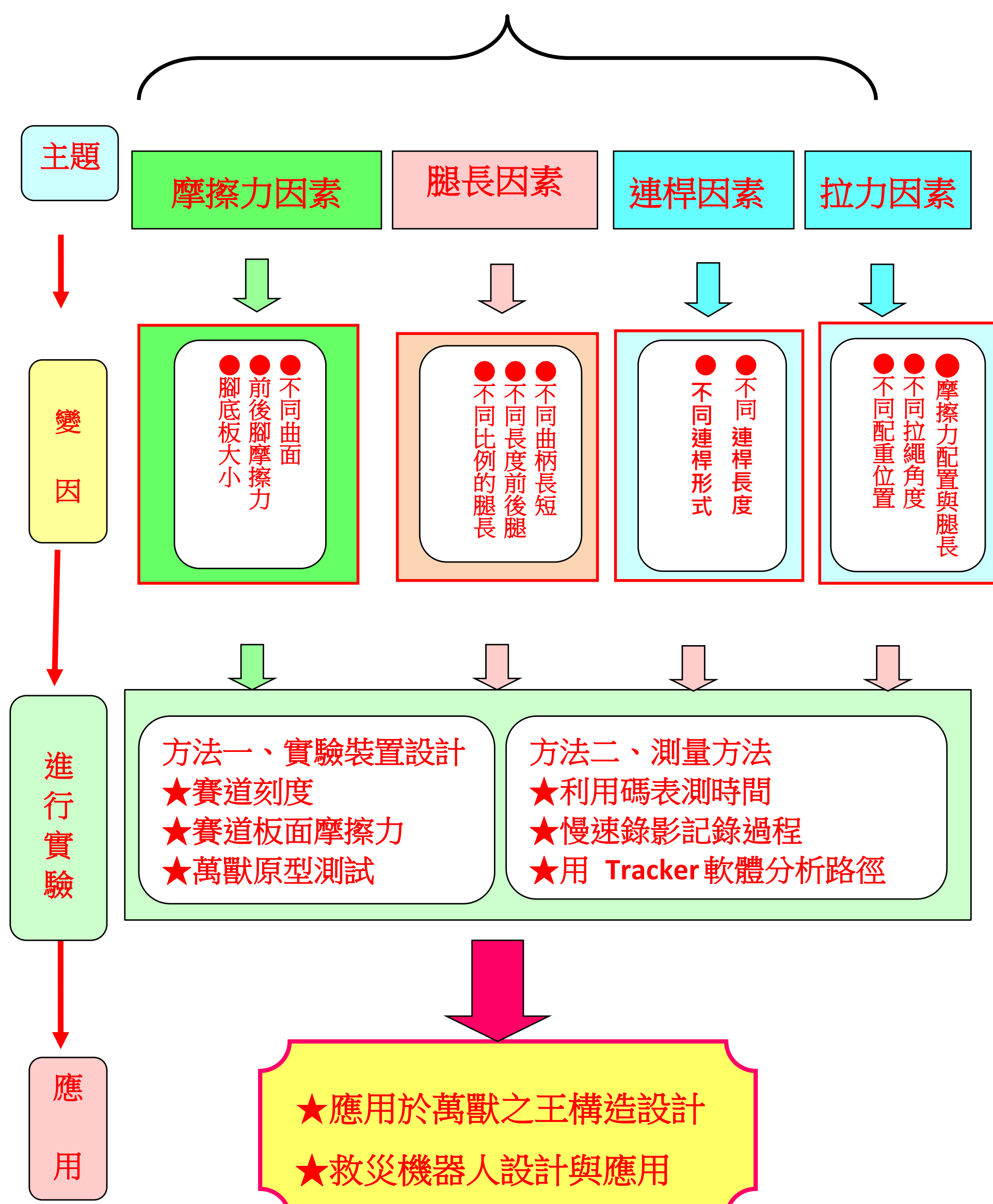
研究6-1：不同拉繩角度，對萬獸拉力有何影響？

研究6-2：不同配重位置，對萬獸拉力有何影響？

### 目的七：製作一隻速度與拉力最佳效果的萬獸之王。

## 參 研究架構

進擊的萬獸~萬獸的終極奧義



## 肆 文獻探討

### 一、比賽規則與設計要點

根據「2016PowerTech青少年科技創作競賽Mini-Com區賽暨全國賽競賽規則」，萬獸之王需設計為四腳前進，作品（含造型）需在長40公分、寬22公分、高35公分內，並可平放於尺寸盒，並展開至最大長度。作品重量限制(包含造型重量)上限為700公克。(圖1)



圖1 萬獸之王示意圖

作品尾部需使用冰棒棍、螺絲及螺帽製作尾巴，並獨立加裝於競賽物後端，以作為拔河之用。尾巴需外露於競賽物機體及造型之外，並使拔河線可直接裝卸。尾巴高度以拔河線圈套點為基準，位置距賽道需於10公分以內，螺絲必須由下向上安裝且加裝螺帽，如圖2所示。

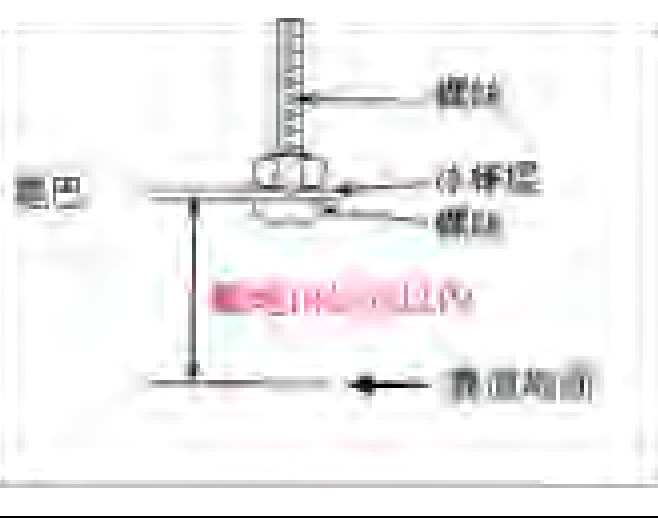


圖2 固定拔河繩的規則

### 二、萬獸之王相關研究

(詳見說明書)

## 伍 研究過程與結果

### 目的一、進行賽道和萬獸原型的測試。

#### 研究1-1：賽道板面摩擦力的一致性。

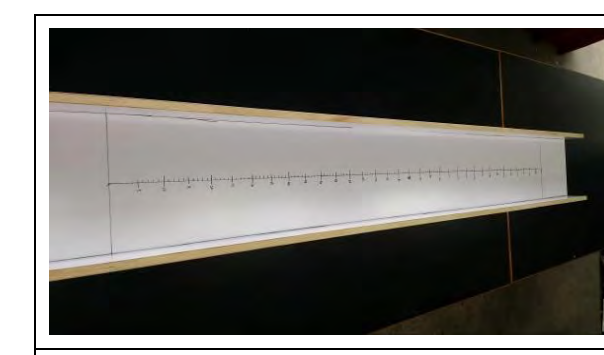
##### 研究構想

競賽場地為「立光板」板面，賽道單項全長為210cm(預備區40公分、競速區170公分)、寬25cm、高8cm。由於接觸面材質會影響摩擦力的大小，因此我們運用密集板在賽道上滑動，分段測試摩擦力是否一致。

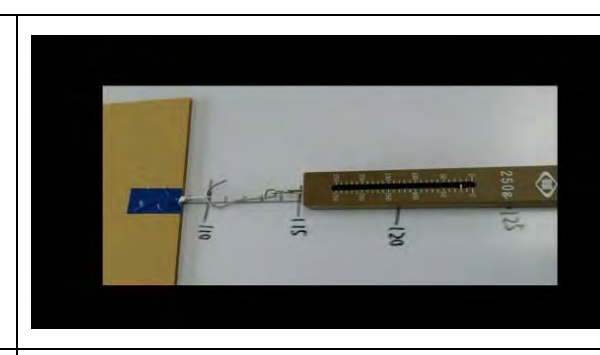
##### 【實驗步驟】

1. 將密集板加上環狀掛勾，固定在彈簧秤的鉤環上。
2. 將密集板和彈簧秤放在賽道上，向前拉動85公分，並進行慢速攝影。
3. 將結果記錄成如右表2。

距離	0公分	10公分	20公分	30公分	40公分	50公分	60公分	70公分	80公分	85公分	平均
前段拉力(克)	25	20	10	15	15	10	15	15	15	20	16.0
後段拉力(克)	20	15	10	15	15	15	15	15	20	20	16.0



於賽道上劃出中央線與長度



以彈簧秤拉動密集板，錄影並判讀刻度

##### 研究結果與討論

1. 彈簧秤在拉動密集板的瞬間，數值較大。
2. 彈簧秤與軌道需平貼於賽道，在拉動時沿著中央線直行，力量才不會分散。
3. 結果發現，賽道前段和後段板面摩擦力大致相同。

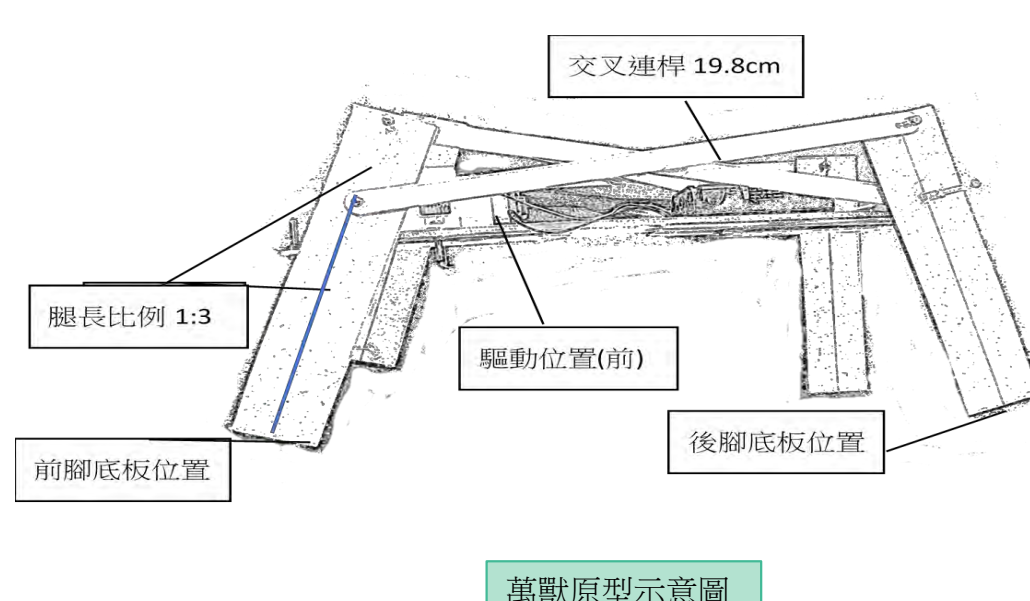
### 研究1-2：身體重量對萬獸前進速度有何影響？

##### 研究構想

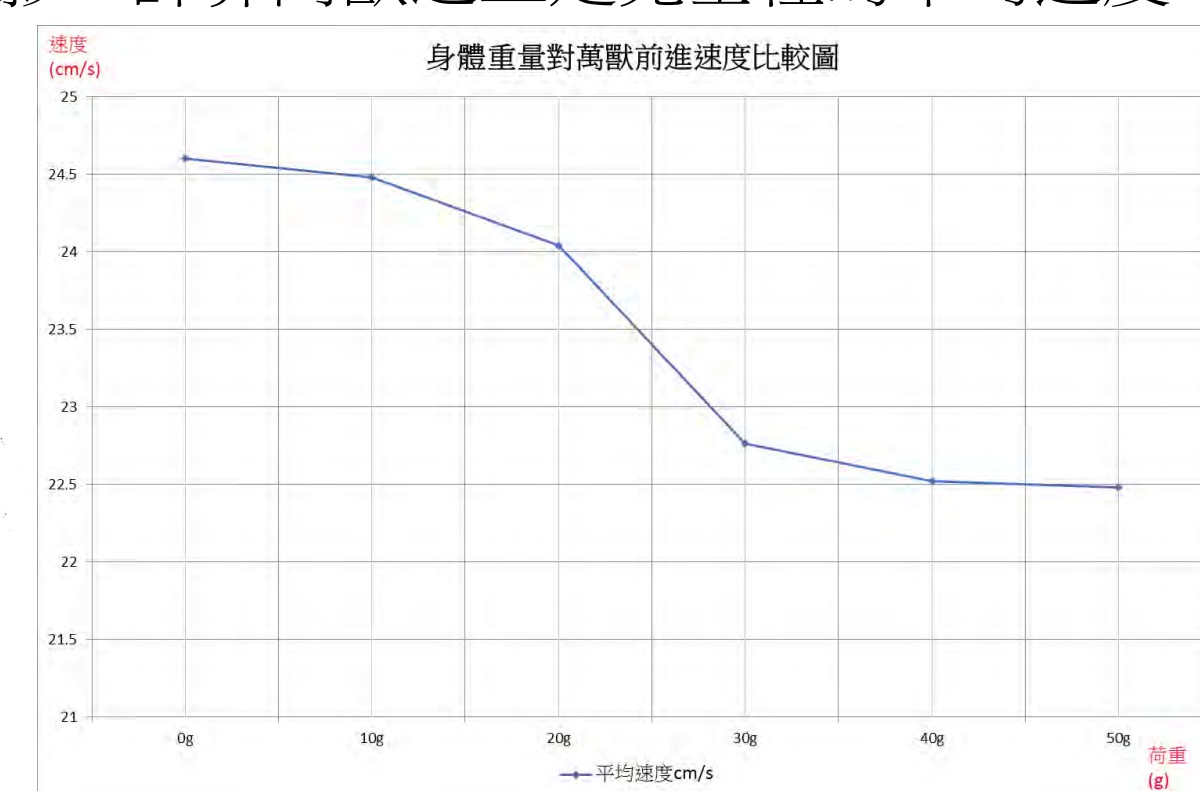
萬獸之王在調整不同的變項時，所使用的密集板與冰棒棍，長短與數量不同。由於物體重量會影響摩擦力的大小，因此我們運用同一隻萬獸，分別加上不同的重量，在賽道上行走，測試身體重量對萬獸行走速度影響情形。

##### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型。
2. 分別將0g、10g、20g、30g、40g、50g砝碼裝到萬獸之王身上，再放到賽道。
3. 按下開關，計時並進行慢速攝影，計算萬獸之王走完全程的平均速度。
4. 將結果記錄如圖5。



萬獸原型示意圖



##### 研究結果與討論

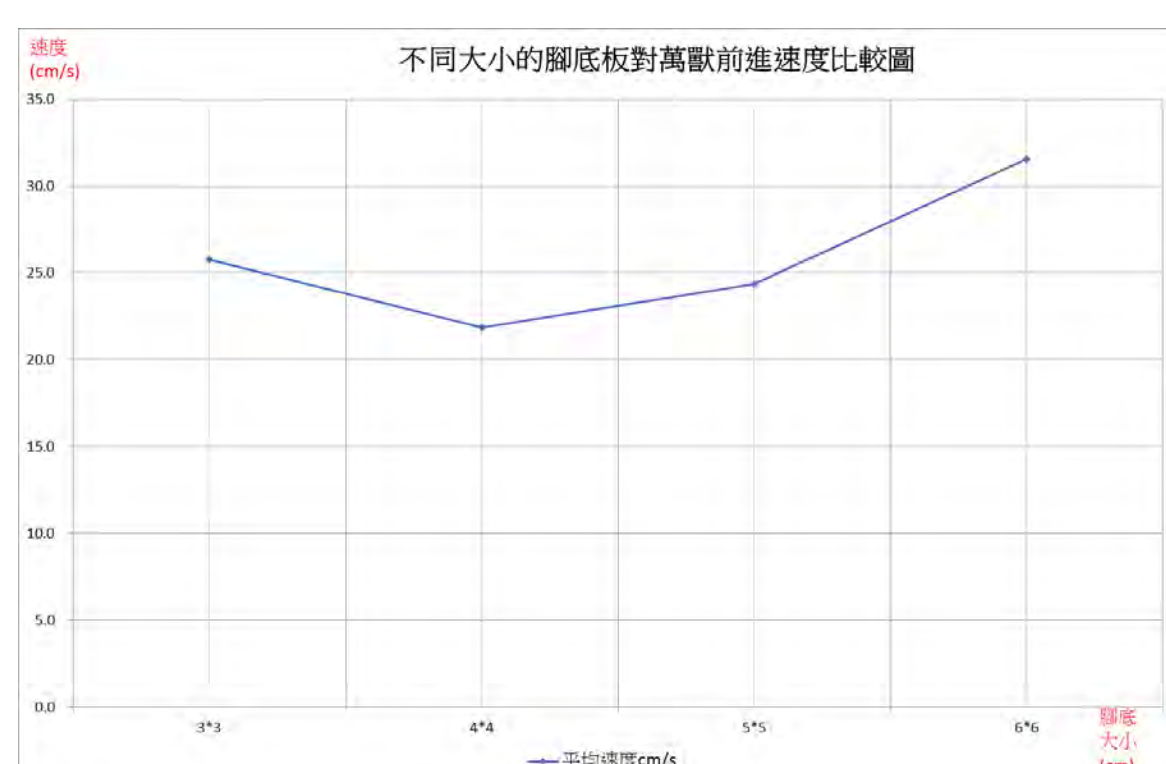
1. 隨著荷重增加，速度漸慢。
2. 增加至30g時，速度每秒減慢了2cm。
3. 因此，以最大重量300g的萬獸為基準，在每一次更動萬獸結構的設計時，需將裁下的部分，黏貼至萬獸身上，務求重量皆達到一致。

## 目的二、比較不同摩擦力的萬獸對前進速度有何影響。

### 研究2 - 1：不同大小的腳底板，對萬獸前進的速度有何影響？

#### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型。
2. 將密集板裁切成3cm\*3cm、4cm\*4cm、5cm\*5cm、6cm\*6cm大小的腳底板。
3. 分別將這些腳底板裝到萬獸之王腿上，確認重量達到300g，再放到賽道上。
4. 按下開關，計時並進行慢速攝影，計算萬獸之王走完全程的平均速度。
5. 將結果記錄如圖6。



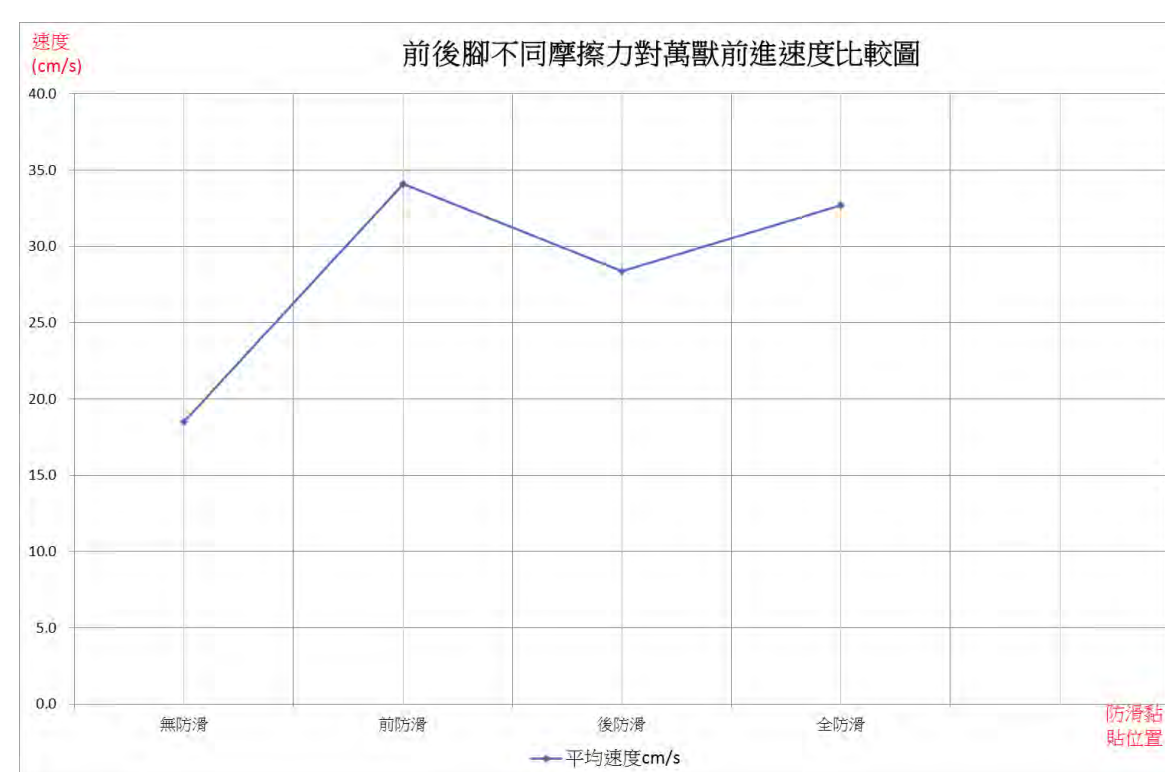
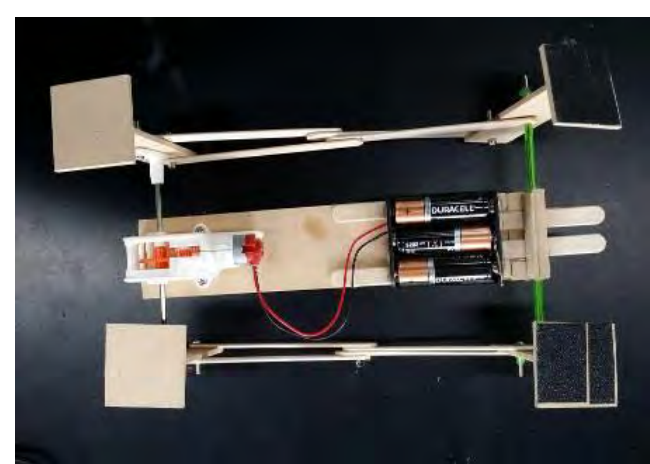
#### 研究結果與討論

1. 在未加防滑貼條的情況下，6cm\*6cm的腳底板有最佳的行走速度。
2. 沒有防滑貼條的情況下，6cm\*6cm的萬獸之王在行走時，產生類似「滑板」的滑行現象，所以行走速度比3cm\*3cm、4cm\*4cm、5cm\*5cm腳底板快。
3. 以萬獸之王的穩定度為考量，以下採用6cm\*6cm的腳底板進行實驗。

### 研究2 - 2：前後腳不同摩擦力，對萬獸前進的速度有何影響？

#### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型，選用6cm\*6cm大小的腳底板。
2. 分別將腳底板的前腳、後腳、四腳貼上防滑貼條。
3. 分別將這些腳底板裝到萬獸之王腿上，確認重量達到300g，再放到賽道上。
4. 按下開關，計時並進行慢速攝影，計算萬獸之王走完全程的平均速度。
5. 將結果記錄如圖7。



#### 研究結果與討論

1. 在貼上防滑貼條後，行走的平均速度比沒有防滑貼條時更快、更穩定。
2. 前腳貼上防滑貼條後，行走速度有所提升，行走時前腳抓地，後腳滑行的情形。
3. 四腳有防滑與後腳有防滑的情形下，行走速度有減少的情況。可推知，當後腳有加防滑貼條的時候，行走速度會減少。

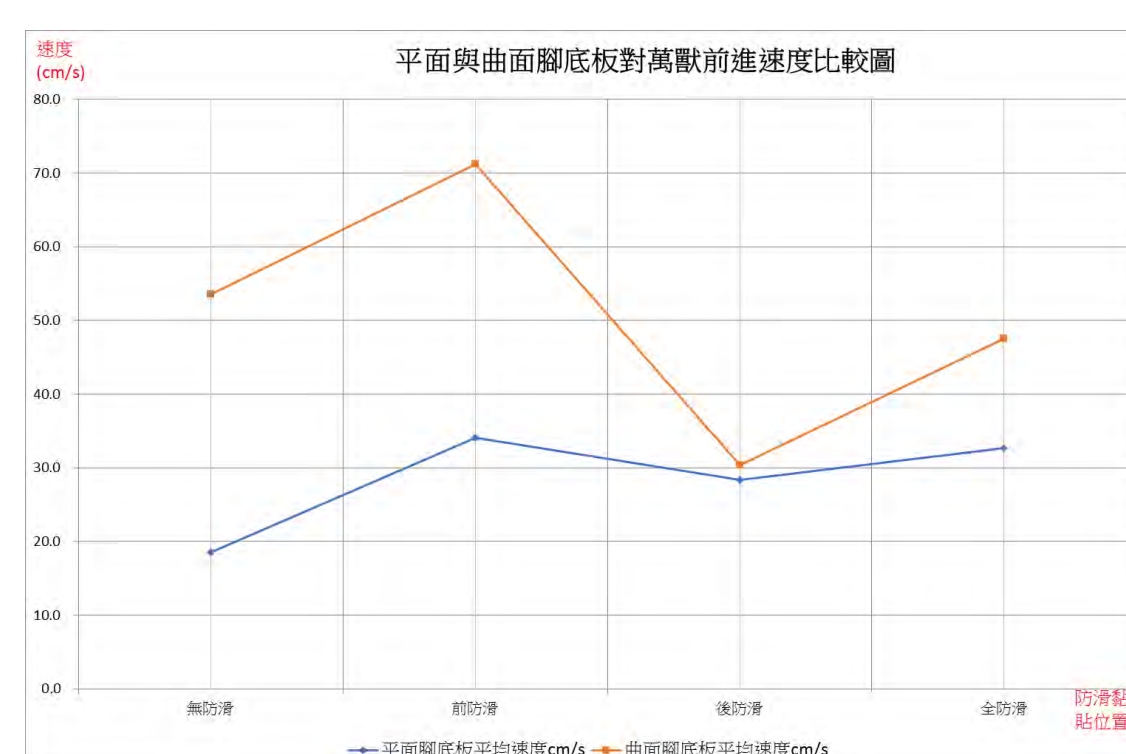
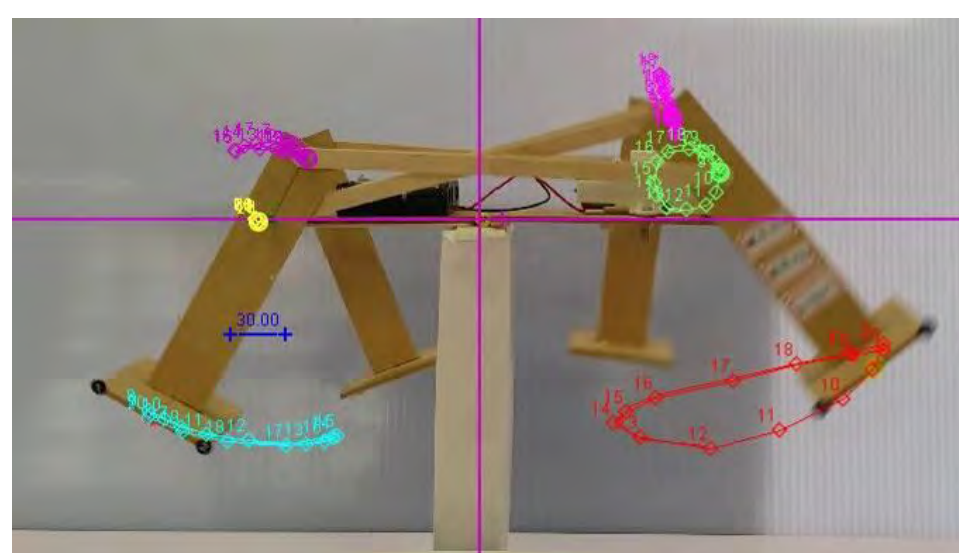
### 研究2 - 3：不同曲面的腳底板，對萬獸前進的速度有何影響？

#### 研究構想

利用慢速攝影和免費教育軟體 Tracker，我們發現萬獸之王的腳底板，接觸立光板面時的行走軌跡，呈現一個弧形。因此，我們利用萬獸之王原型，改變腳底板為曲面，並測量前進的速度。

#### 【實驗步驟】

1. 利用腿部支點到腳底的長度10.5公分為半徑，找到直徑21公分的塑膠桶，裁切6\*6大小的弧形塑膠片，並以冰棒棍加重至與6\*6密集板的重量相同。
2. 分別將腳底板的前腳、後腳及四肢貼上防滑貼條。
3. 分別將這些腳底板裝到萬獸之王腿上，確認重量達到300g，再放到賽道上。
4. 按下開關，計時並進行慢速攝影，計算萬獸之王走完全程的平均速度。
5. 將結果記錄圖8。



#### 研究結果與討論

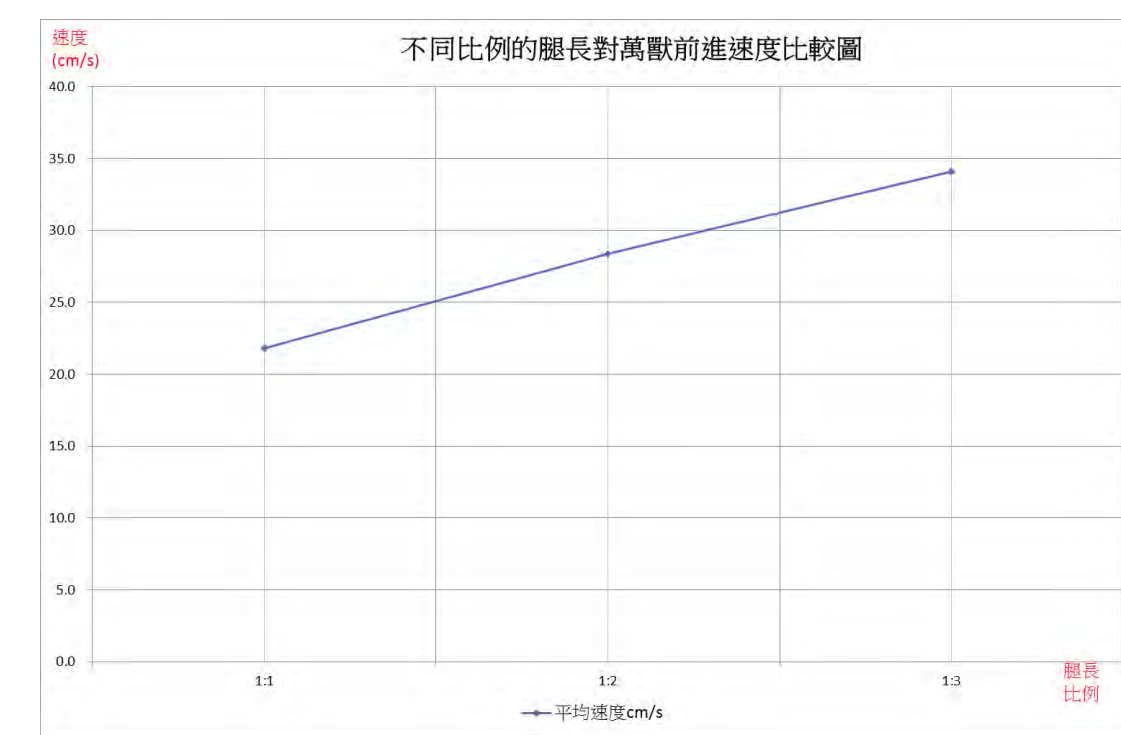
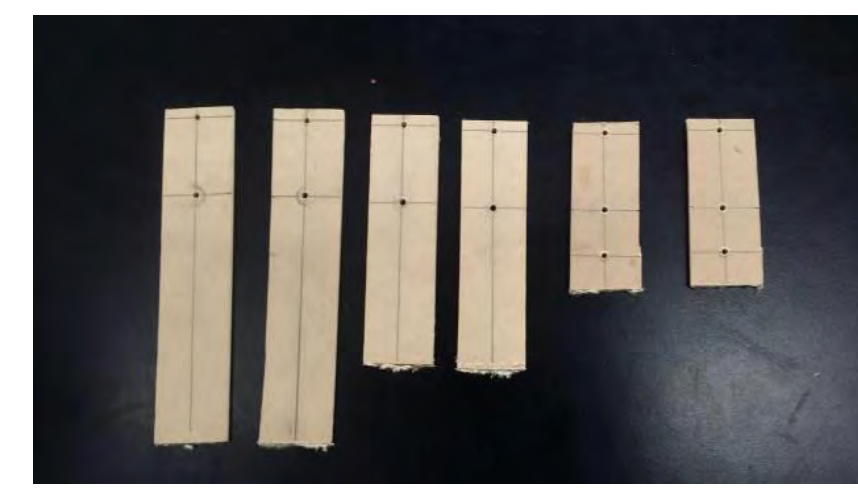
1. 我們觀察到曲面的腳底，與地面的接觸面積較大，行走速度明顯的提升。
2. 無防滑與前防滑的情形下，行走速度有明顯的提升。
3. 四腳有防滑與後腳有防滑的情形下，行走速度有減少的情況。可推知，在腳底板能服貼於地面的情況下，當後腳有加防滑貼條的時候，行走速度會明顯的減少。

## 目的三、比較不同腿部設計的萬獸對前進速度有何影響。

### 研究3 - 1：不同比例的腿長，對萬獸前進的速度有何影響？

#### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型，選用6cm\*6cm大小的腳底板。
2. 依據腿部兩孔之間的距離，腿長依比例分別將密集板裁切成1:1、1:2、1:3的腿。
3. 分別將腳底板裝到萬獸之王腿上，確認重量達到300g，再放到賽道上。
4. 按下開關，計時並進行慢速攝影，計算萬獸之王走完全程的平均速度。
5. 將結果記錄圖9。



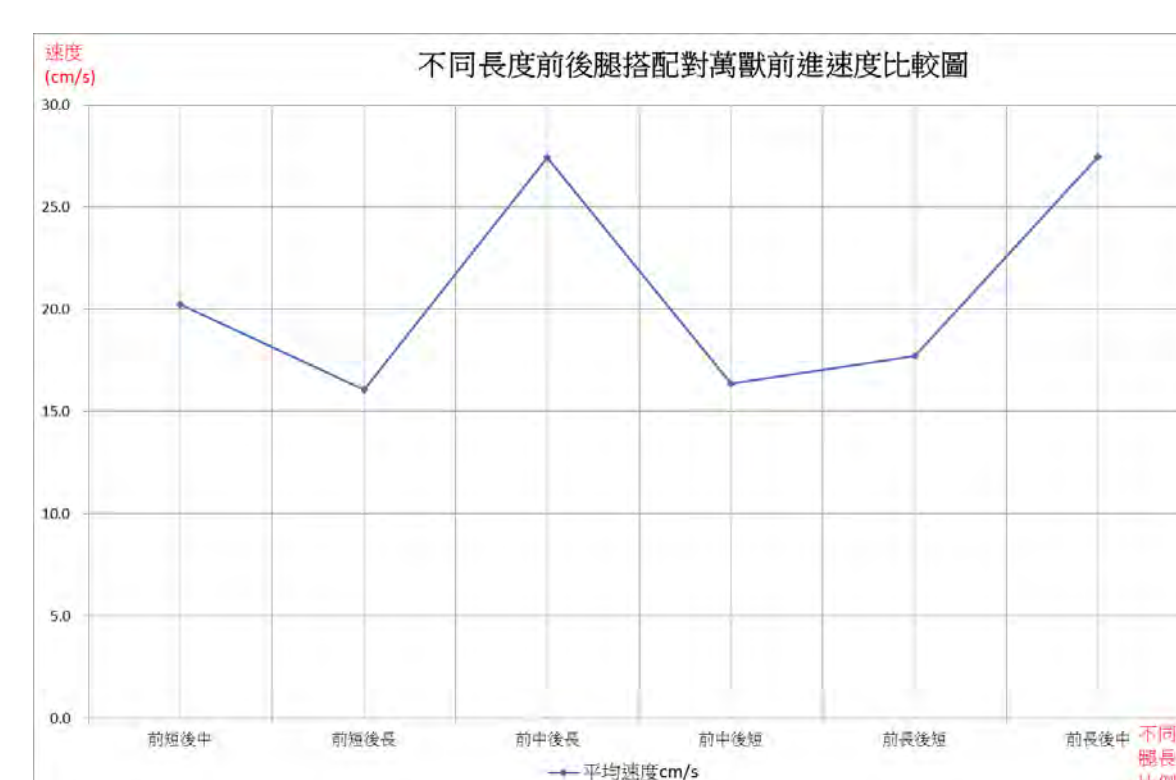
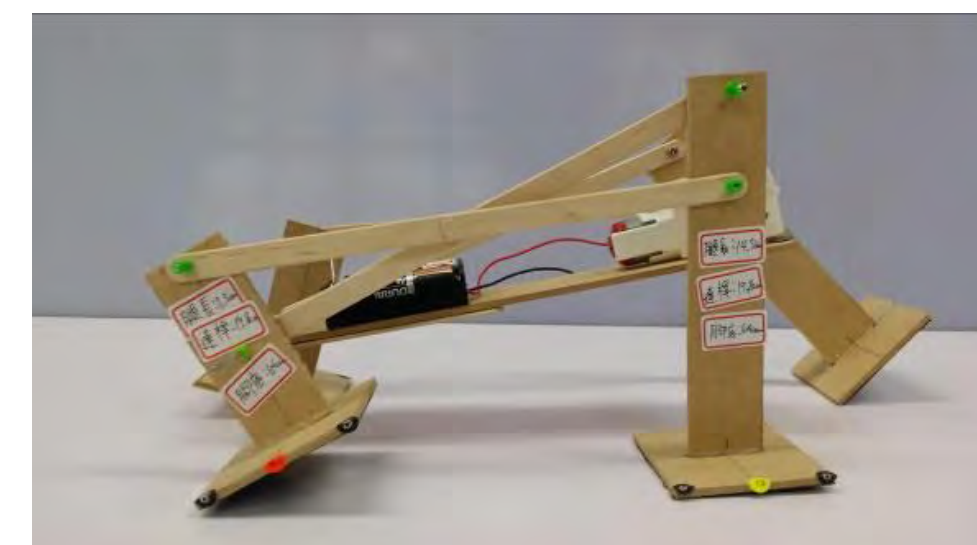
#### 研究結果與討論

1. 當曲柄鎖在的二孔時，繞圈直徑為3公分，再加上0.5公分的緩衝，因此我們選擇增加腿長的部分為3.5公分的一倍、二倍、三倍長度。
2. 實驗結果可知，腿長愈長，行走速度愈快。

### 研究3 - 2：不同長度前後腿搭配，對萬獸前進的速度有何影響？

#### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型，選用6cm\*6cm大小的腳底板。
2. 將腿長依比例分別將密集板裁切成短(1:1)、中(1:2)、長(1:3)的腿。
3. 分別將腳底板裝到前短後中、前短後長、前中後長、前中後短、前長後短、前長後中的萬獸之王腿上，確認重量達到300g，再放到賽道上。
4. 按下開關，計時並進行慢速攝影，計算萬獸之王走完全程的平均速度。
5. 將結果記錄如圖10。



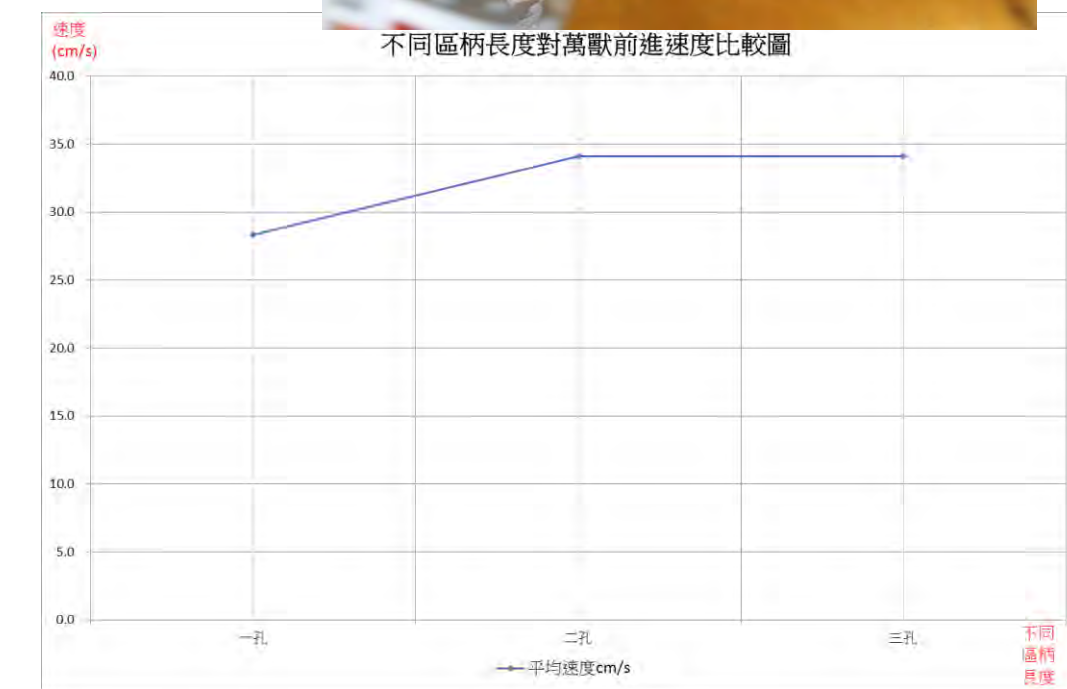
#### 研究結果與討論

1. 腿長不同比例的情況下，前中後長和前長後中行走的速度相近。
2. 前後腿長比例過大的情況下，所行走的速度減少。
3. 前腿過短，我們觀察到會有穩定度不佳的搖晃現象，行走速度大大的減少。
4. 在交叉連桿的設計下，腿長不同比例的情況，行走速度降低。

### 研究3 - 3：不同曲柄長短，對萬獸前進的速度有何影響？

#### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型，選用6cm\*6cm大小的腳底板。
2. 將螺絲分別固定在曲柄一孔、二孔、三孔的位置。
3. 分別將腳底板裝到萬獸之王腿上，確認重量達到300g，再放到賽道上。
4. 按下開關，計時並進行慢速攝影，計算萬獸之王走完全程的平均速度。
5. 將結果記錄如圖11。



#### 研究結果與討論

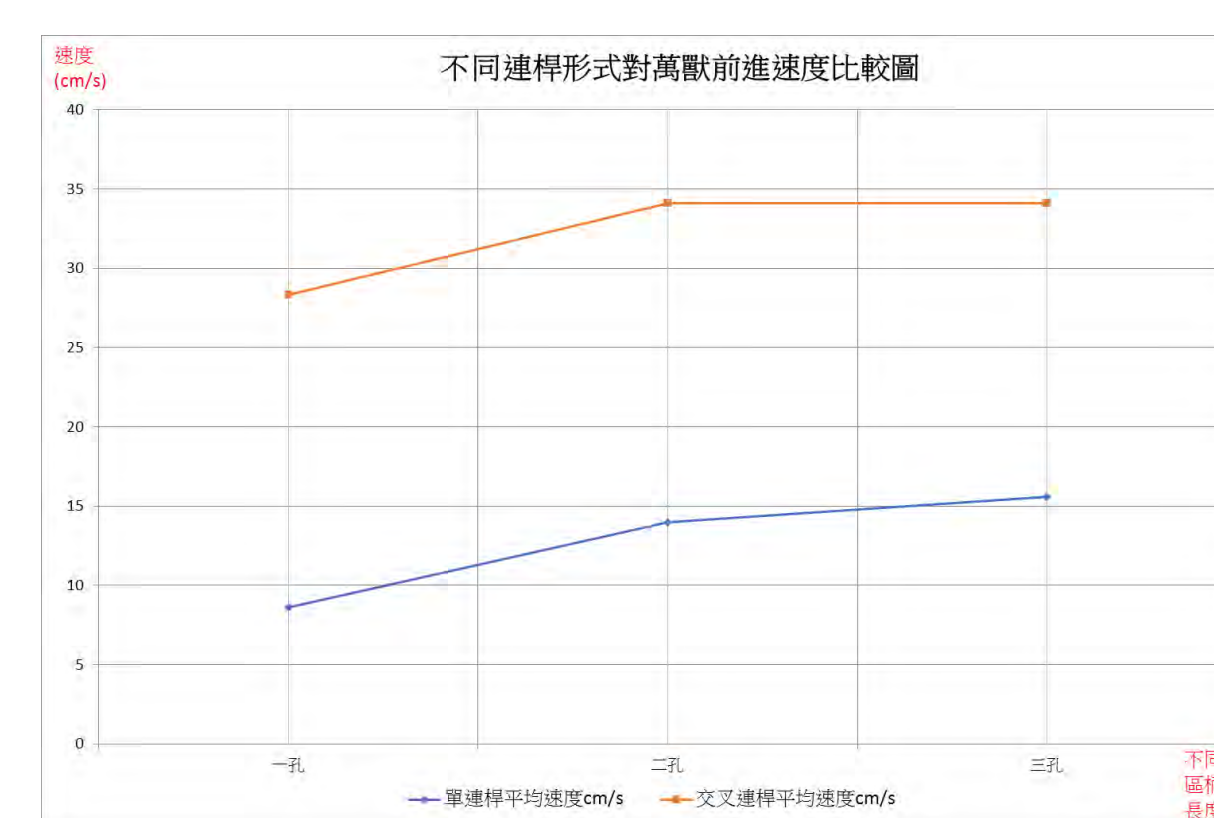
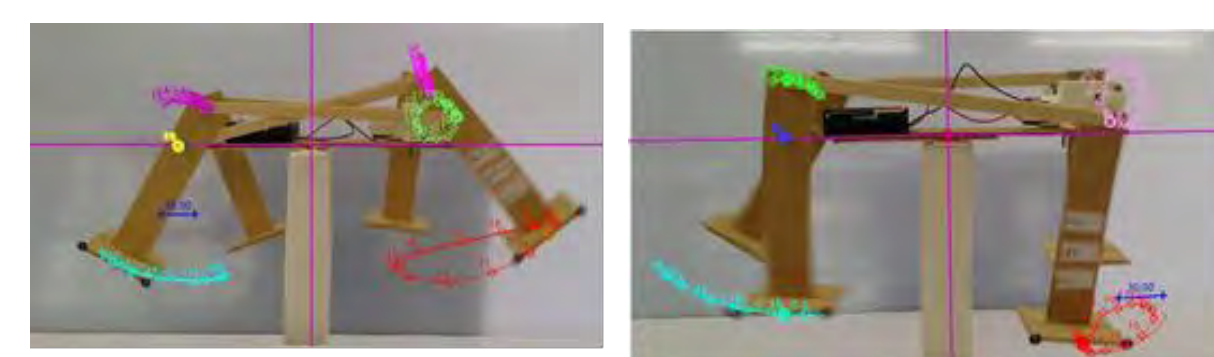
1. 將曲柄裝在第二孔與第三孔，行走速度相近。
2. 將曲柄裝在的三孔，行走時因步幅大，有晃動的情況，使行走速度減少。
3. 將曲柄裝在第一孔，行走步幅小，行走速度減少。

## 目的四、比較不同連桿設計對萬獸前進的速度有何影響。

### 研究4 - 1：不同連桿形式（交叉連桿與單連桿），對萬獸前進的速度有何影響？

#### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型，選用6cm\*6cm大小的腳底板。
2. 將冰棒棍裁切成19.8公分長的單連桿與交叉連桿，再放到賽道上。
3. 將螺絲分別固定在曲柄一孔、二孔、三孔的位置。
4. 分別將腳底板裝到萬獸之王腿上，確認重量達到300g，再放到賽道上。
5. 按下開關，計時並進行慢速攝影，計算萬獸之王走完全程的平均速度。
6. 將結果記錄圖12。



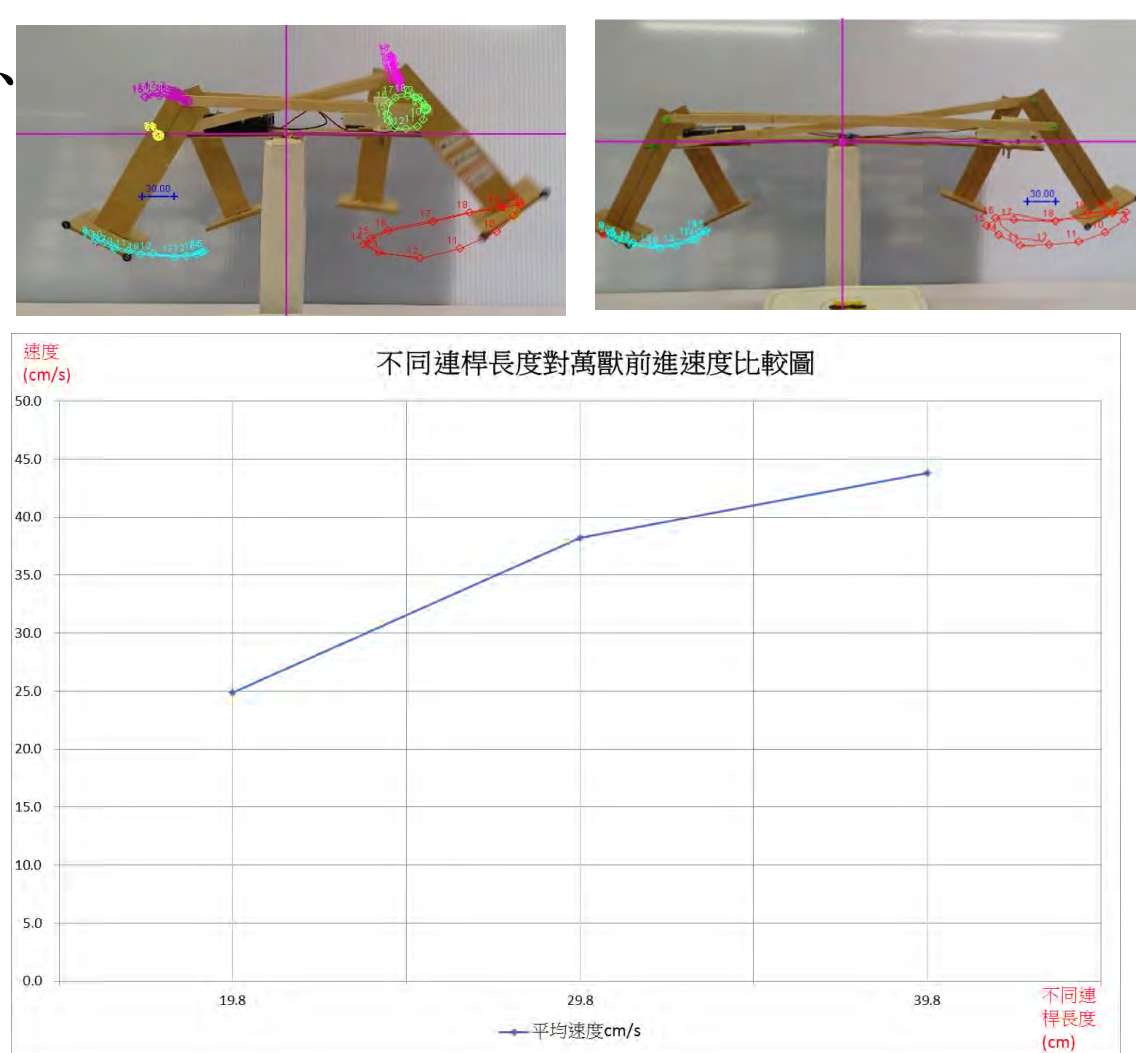
#### 研究結果與討論

1. 交叉連桿的行走速度在一孔、二孔和三孔的情況下，都比單連桿更快。
2. 交叉連桿前腳跨出的步幅比單連桿的步幅大，因此速度有明顯的提升。

## 研究4 - 2：不同連桿長度，對萬獸前進的速度有何影響？

### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型。
2. 將冰棒棍裁切成9.8、19.8、29.8、39.8公分的連桿。
3. 分別將這些連桿裝到萬獸之王腿上，調整萬獸之王前後腿之間的距離。
4. 再將腳底板裝到萬獸之王腿上，確認重量達到300g，再放到賽道上。
5. 按下開關，計時並進行慢速攝影計算萬獸之王走完全程的平均速度。
6. 將結果記錄如圖13。



### 研究結果與討論

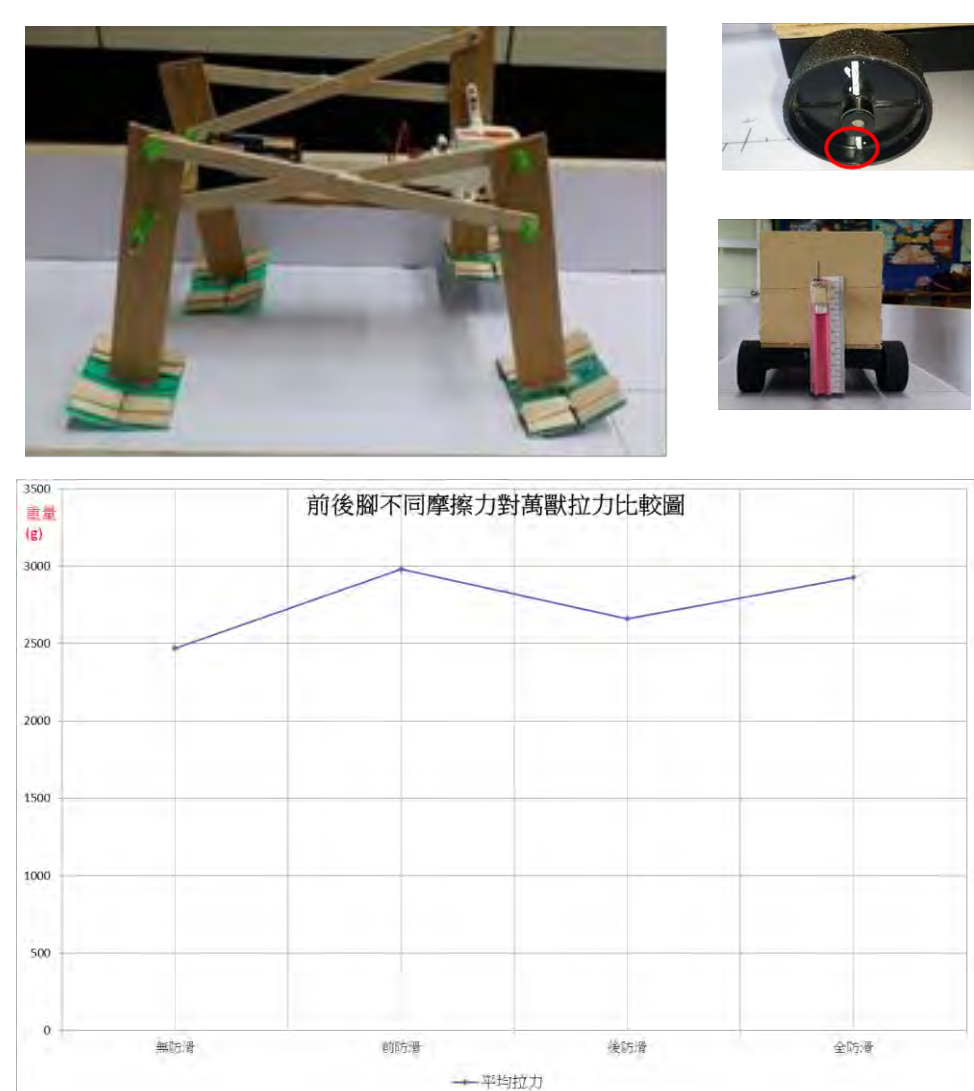
1. 將萬獸之王的連桿加長至39.8公分(競賽長度限制40公分以內)，有最佳的行走速度。
2. 連桿縮短至9.8公分，兩腳底板有相撞的情況，造成無法前進的情形。
3. 交叉連桿設計的萬獸之王，連桿愈長，前腳步幅是長橢圓，伸腿步幅較大，因此行走速度愈快。

## 目的五：在最佳速度的條件下，探討摩擦力配置與腿長，對萬獸拉力有何影響。

### 研究5 - 1：前後腳不同摩擦力，對萬獸拉力有何影響？

#### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型，選用6cm\*6cm大小曲面的腳底板。
2. 分別將腳底板的前腳、後腳、四肢貼上防滑貼條。
3. 分別將這些腳底板裝到萬獸之王腿上，再放到賽道上，掛上拔河繩與小臺車(放置重物)。
4. 按下開關，計時30秒，看萬獸之王是否能讓小臺車車輪移動。
5. 將結果記錄如圖14。



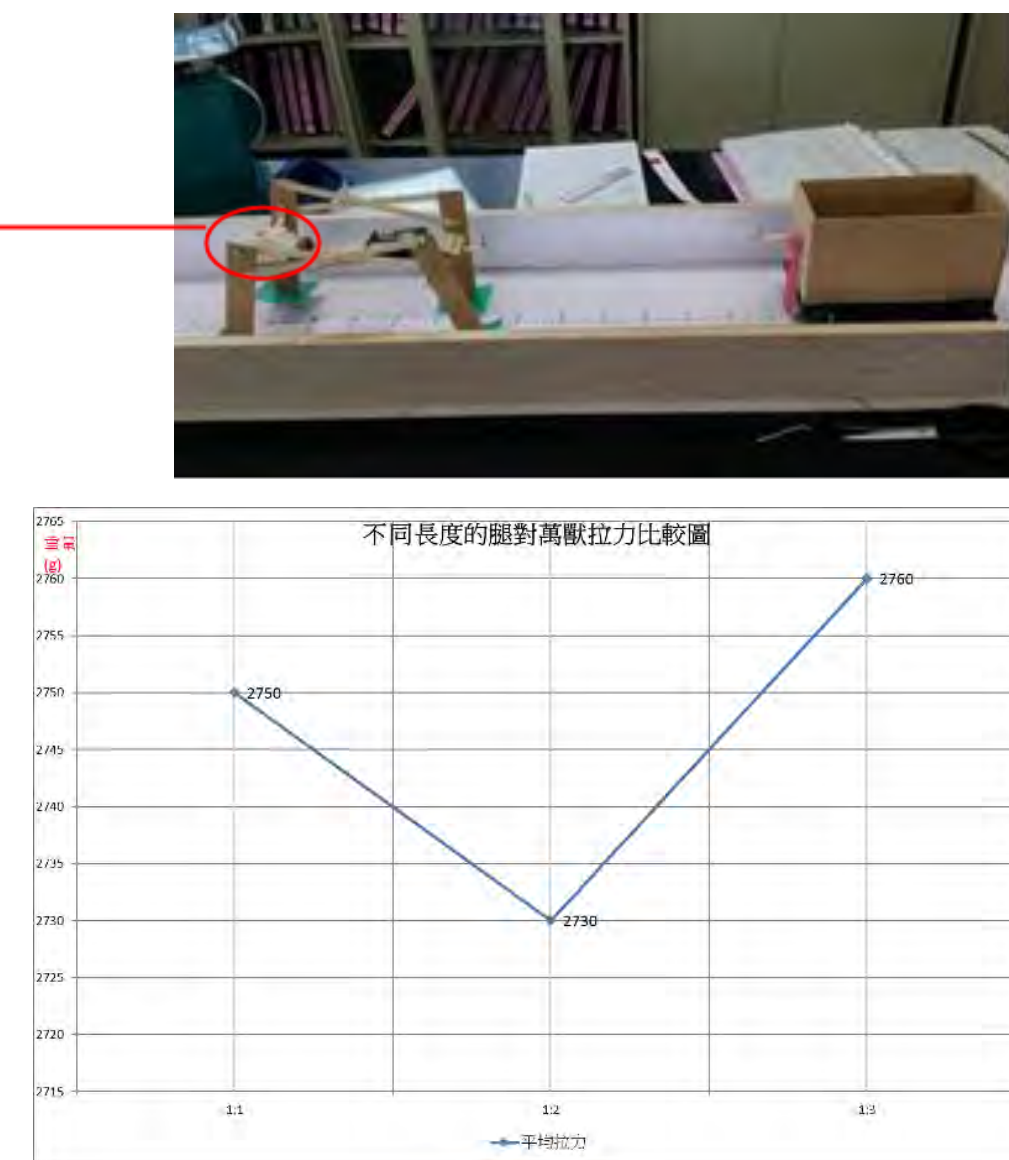
### 研究結果與討論

1. 四腳有防滑和前腳有防滑，有最佳的拉力。
2. 由於驅動位置位於前腳，因此，當前腳加止滑，能有較好的拉力。

### 研究5 - 2：不同腿長，對萬獸拉力有何影響？

#### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型，選用6cm\*6cm大小的腳底板。
2. 依據腿部兩孔之間的距離，腿長依比例分別將密集板裁切成1:1、1:2、1:3的腿。
3. 分別將曲面、前防滑的腳底板裝到萬獸之王腿上，確認重量達到300g，再放到賽道上。
4. 掛上拔河繩與小臺車(放置重物)。
5. 按下開關，計時30秒，看萬獸之王是否能讓小臺車車輪移動。
6. 將結果記錄如圖15。



### 研究結果與討論

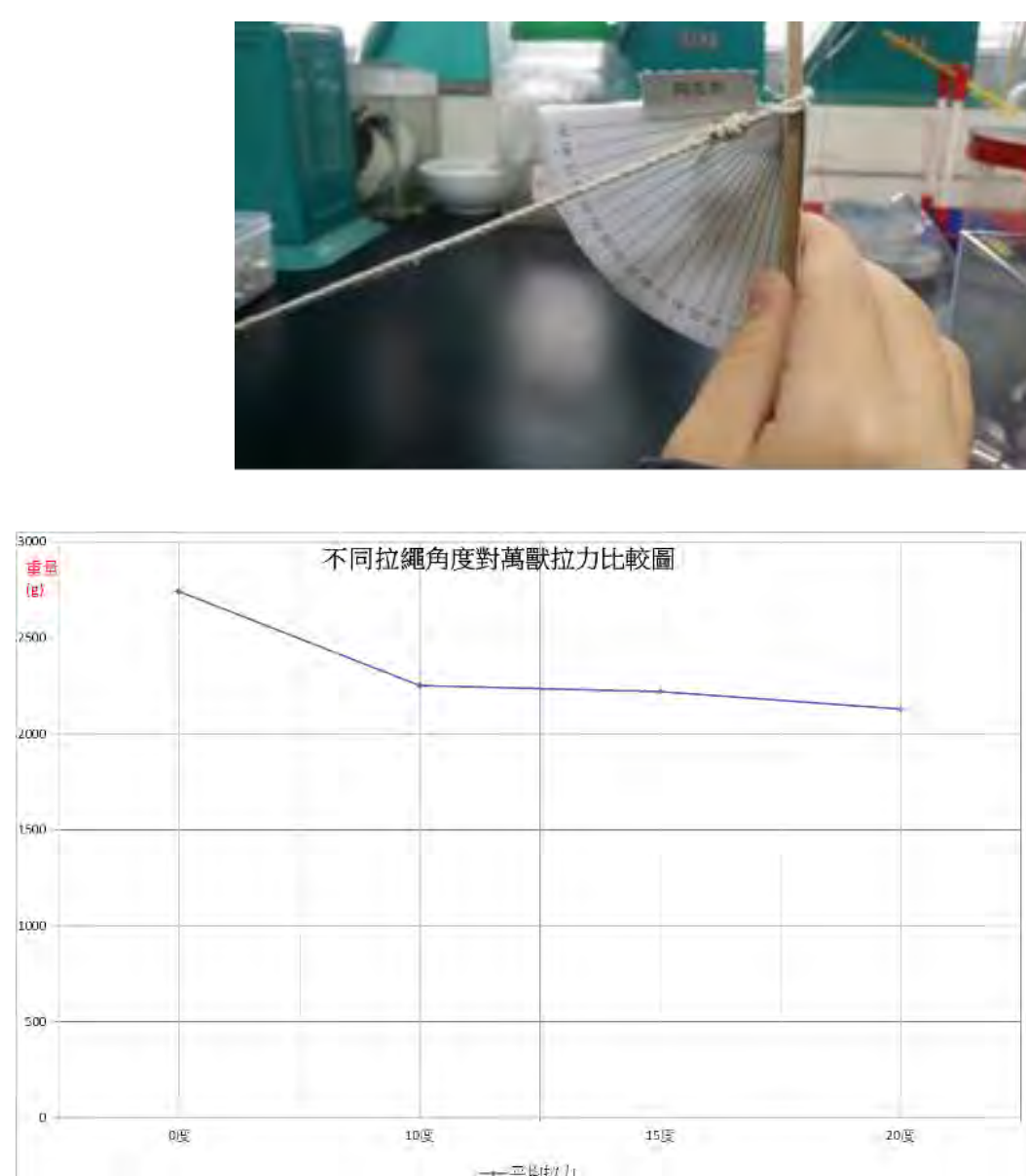
1. 腿長比例1:3有最佳的拉力。
2. 腿長1:1、1:2、1:3對於拉力，並無明顯的差異。

## 目的六：不同拉繩角度與配重，對萬獸拉力有何影響。

### 研究6 - 1：不同拉繩角度，對萬獸拉力有何影響？

#### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型，選用6cm\*6cm大小曲面的腳底板，前腳貼上防滑貼條。
2. 再放到賽道上，掛上拔河繩與小臺車(放置重物)。
3. 調整掛繩角度。
4. 按下開關，計時30秒，看萬獸之王是否能讓小臺車車輪移動。
5. 將結果記錄如圖16。



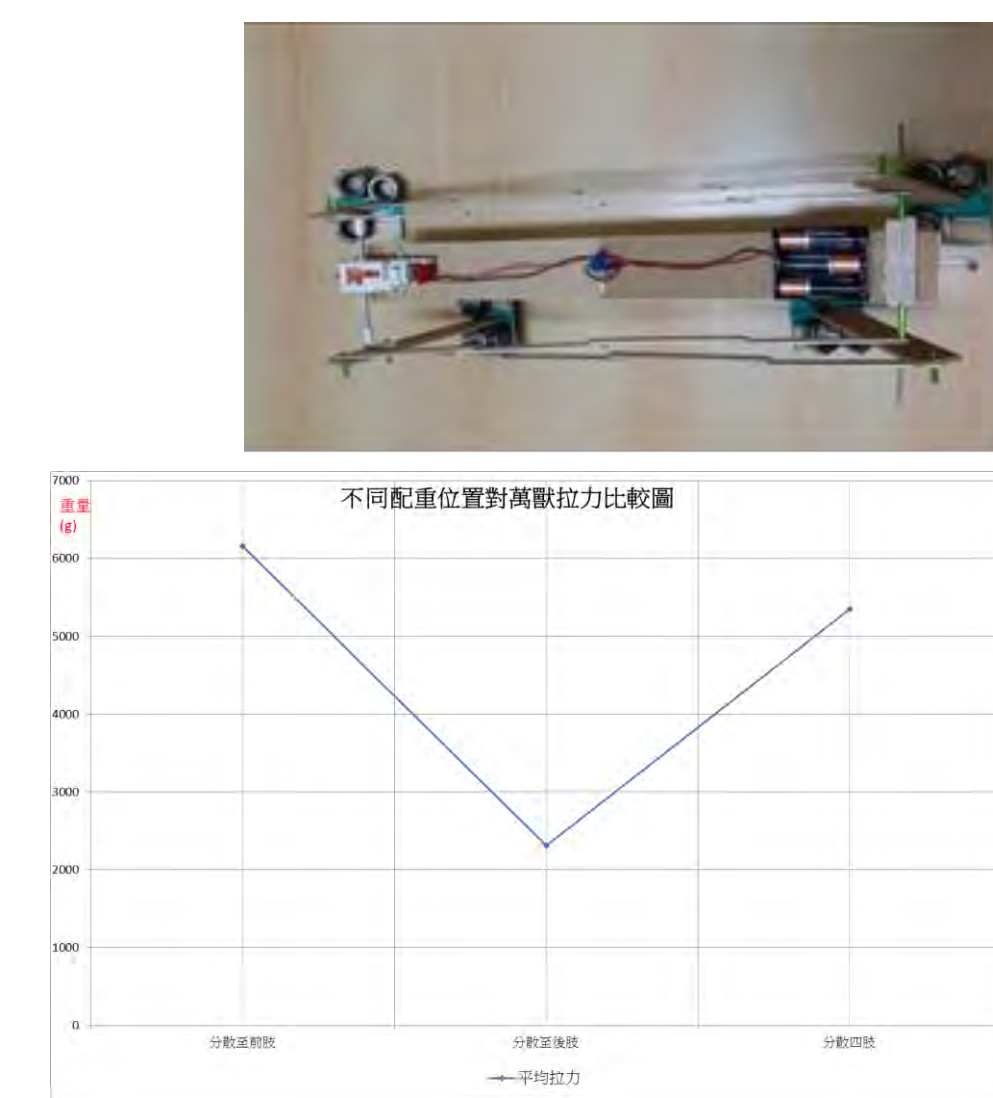
### 研究結果與討論

1. 水平拉繩有最佳的拉力。
2. 當拉繩角度為10、15、20度的差距時，拉力逐漸下降。

## 研究6 - 2：不同配重位置，對萬獸拉力有何影響？

### 【實驗步驟】

1. 製作萬獸之王的原型，選用6cm\*6cm大小曲面的腳底板，前腳貼上防滑貼條。
2. 分別以分散至前肢、分散至後肢、分散四肢等方式裝上螺帽。
3. 再放到賽道上，掛上拔河繩與小臺車(放置重物)。
4. 按下開關，計時30秒，看萬獸之王是否能讓小臺車車輪移動。
5. 將結果記錄如圖17。



### 研究結果與討論

1. 將配重分散於前腳，有最佳的拉力。
2. 將配重分散於四肢，拉力次之。
3. 由於驅動位置位於前腳，因此，當前腳加上重量，能有較好的拉力。

## 目的七：製作一隻速度與拉力最佳效果的萬獸之王。

競賽項目	改變的因素	最佳效果	選擇
行走速度最快	不同大小的腳底板	6cm*6cm的腳底板較穩定	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 6cm*6cm 腳底板</li> <li>✓ 前腳止滑</li> <li>✓ 曲面腳底</li> <li>✓ 腿長愈長，腿長比例相近</li> <li>✓ 曲柄第二孔</li> <li>✓ 交叉連桿，連桿採用39.8公分</li> </ul>
	不同摩擦力的腳底板	前腳貼上防滑貼條	
	不同曲面的腳底板	曲面的腳底	
	不同長度的腿	腿長愈長	
	不同比例的腿長	兩腿長比例相近	
	不同長短的曲柄	曲柄第二孔較穩定	
	不同形式的連桿	交叉連桿	
拉力最佳	不同長度的連桿	連桿加長至39.8公分	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 水平拉繩</li> <li>✓ 調整為：前端加重</li> </ul>
	不同摩擦力的腳底板	前腳加止滑	
	不同長度的腿	無明顯的差異	
	改變拉繩的角度	水平拉繩	
	不同配重	前腳加重	

### 研究結果與討論

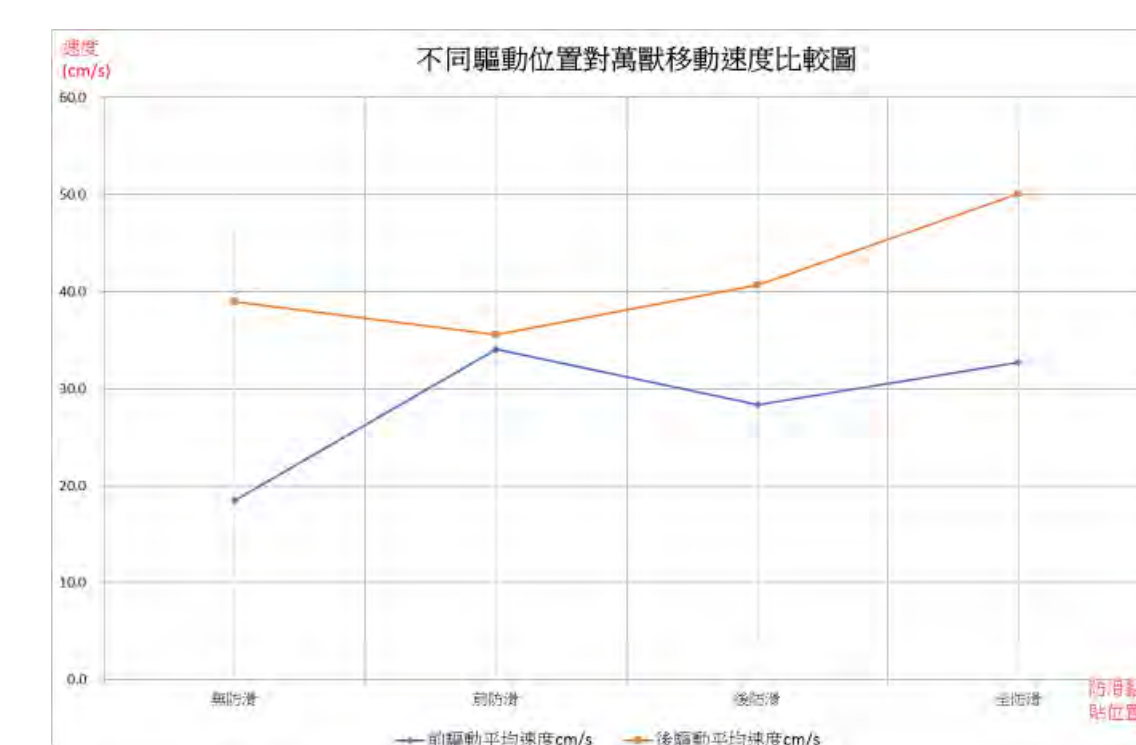
1. 實際測試後，發現以此機型的萬獸之王行走，速度有明顯的提升。
2. 拉力則是前腳加止滑、水平拉繩的方式能有良好的拉力。
3. 身體拉長時，單純前腳加重會變成移動的負擔，所以要把部分配重移至身體前端，不可全數加在腳上。

## 陸 討論、結論 (詳見說明書與摘要)

## 柒 未來展望

在實驗歸納階段，我們發現驅動位置對摩擦力的配置，以及螺帽加重的位置有很大的相關，因此，我們從維基百科的網頁中，查到有關汽車驅動位置的資訊(<https://zh.wikipedia.org/wiki/>)，在汽車設計中，依據發動機的動力所驅動輪胎的動力分配方式，分為後輪驅動、前輪驅動、四輪驅動。

萬獸之王依據齒輪盒組和馬達所在位置，可以分為前驅動和後驅動設計，我們想了解驅動位置與前後腳不同摩擦力設計，對萬獸前進的速度是否有影響，因此利用萬獸之王原型，將驅動位置改為後驅動。結果發現，如圖18。



### 我們的發現

1. 在後驅動中，行走的平均速度比前驅動時更快。
2. 後驅動時，有行走方向過度晃動與偏斜的情形，在四足全止滑的情況下，較為穩定。
3. 前驅動前止滑、後驅動後止滑的情況下，行走的平均速度也很好，推知驅動所在位置的腳底，加上防滑貼條，能提升行走速度。
4. 後驅動的萬獸之王，速度與拉力大，但是行走時晃蕩不穩定，如何達到穩定的狀態，是後續值得研究的議題。

## 捌 參考資料

1. 按鍾介恆、古家全、王宜平(無日期)。萬獸之王最高機密。初小組，應用科學。
2. 謝奇霖、邱亞儒、童國毅、彭邦碩。終極目標-萬獸之王曲軸、連桿、後腳組合的探討。中華民國第46屆中小學科學展覽會。
3. 2016PowerTech青少年科技創作競賽Mini-Com區賽暨全國賽競賽規則。