

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

080102

機器顫鼠的戰力

學校名稱：雲林縣水林鄉蔦松國民小學

作者：	指導老師：
小六 黃寓綉	程瀨慧
小六 黃暉忠	吳讚原
小五 朱佩文	
小五 黃巧蘋	
小五 陳品均	
小五 黃冠淮	

關鍵詞：機器顫鼠、PowerTech 全國少年科技創作比賽

摘要

在網路上看到機器鼠的影片，我們覺得很有趣。因此我們決定自己動手製作會動的機器顫鼠。我們動手完成顫鼠的前、後腳及身體，使機器顫鼠成為不掛輪子卻能前進。中間，我們遇到各種問題。因為沒有解決策略，我們不斷觀察異象、察覺問題，完成時還會遇到功能性不完整的問題，讓我們在過程中必須尋找解決的策略以突破困境。我們得到結論：(1) 重心愈往前，機器顫鼠到達終點的速度越快。(2) 顫鼠後腳材質是菜瓜布最快，毛巾布料次之，橡皮最慢。(3) 後腳底部貼 120 號或是 320 號砂紙時，前進速度最快。(4) 旋轉臂的長度愈短時，前進速度越快。(5) 前腳寶特瓶直徑 7.7 cm、8.8 cm 時，彈力大，則前進速度最快。(6) 墊片愈多，旋轉臂甩動的力量愈大，離心力愈大，則前進速度越快。

壹、研究動機

當我們看到老師所播放的機器顫鼠的影片時，我們覺得很好奇。因此想要自己製作看看。一開始製作完成時，機器顫鼠並不會動，於是每個人都提出了影響機器顫鼠前進速度的原因，有人認為要讓機器顫鼠前進速度加快，應該加強他前腳的彈力。有人提出懸臂的長度及懸臂上面加裝墊片，讓他的離心力變大……等，都可能影響機器顫鼠前進的速度。經過大家集思廣益的討論之後，問題一一呈現，於是我們結合南一版本自然與生活科技四下「會動的玩具」、及三上「物體受力的變化」、「力的方向和大小」、翰林版六下自然與生活科技「力的測量」、「時間的測量」、「摩擦力」等單元，和老師共同討論後，就依大家所提出的問題著手進行以下的實驗。

貳、研究目的

本研究的目的是在探討機器顫鼠運作原理及影響它前進速度之因素，我們設計各項變因，來探究如何讓機器顫鼠能以最快的方式前進，並到達終點。

- 一、探討機器顫鼠運作原理。
- 二、設計適合的實驗方式
- 三、研究影響機器顫鼠前進速度的變因
- 四、探討影響機器顫鼠前進速度的關鍵因素

參、研究設備及器材

表 3-1 器材設備表

機器顫鼠						
密集板	電池盒	馬達	輪組（大齒輪、平齒輪、偏心輪、減速齒輪、渦輪）			
螺絲	螺帽	馬達盒				
製作器材						
直尺	手搖鑽	剪刀	油性簽字筆	防鑽板	手弓鋸	斜口鉗
美工刀	熱熔膠槍	膠條	鑽頭(3mm)	鐵鎚	十字起子	尖嘴鉗
實驗器材						
碼錶	寶特瓶	鐵罐	鋁罐	電池	夾子	長尾夾
躲避球	菜瓜布	毛巾布	砂紙	磁鐵		

肆、研究過程或方法

本研究的目的是在探討機器顫鼠前進的方式及影響它前進速度之因素，研究可分為兩階段。第一階段，我們先確認實驗會遇到的問題，並予以解決；在第二階段中，我們採取第一階段的實驗工具及方法，來完成實驗目的，圖 4-1 為本研究的流程圖。

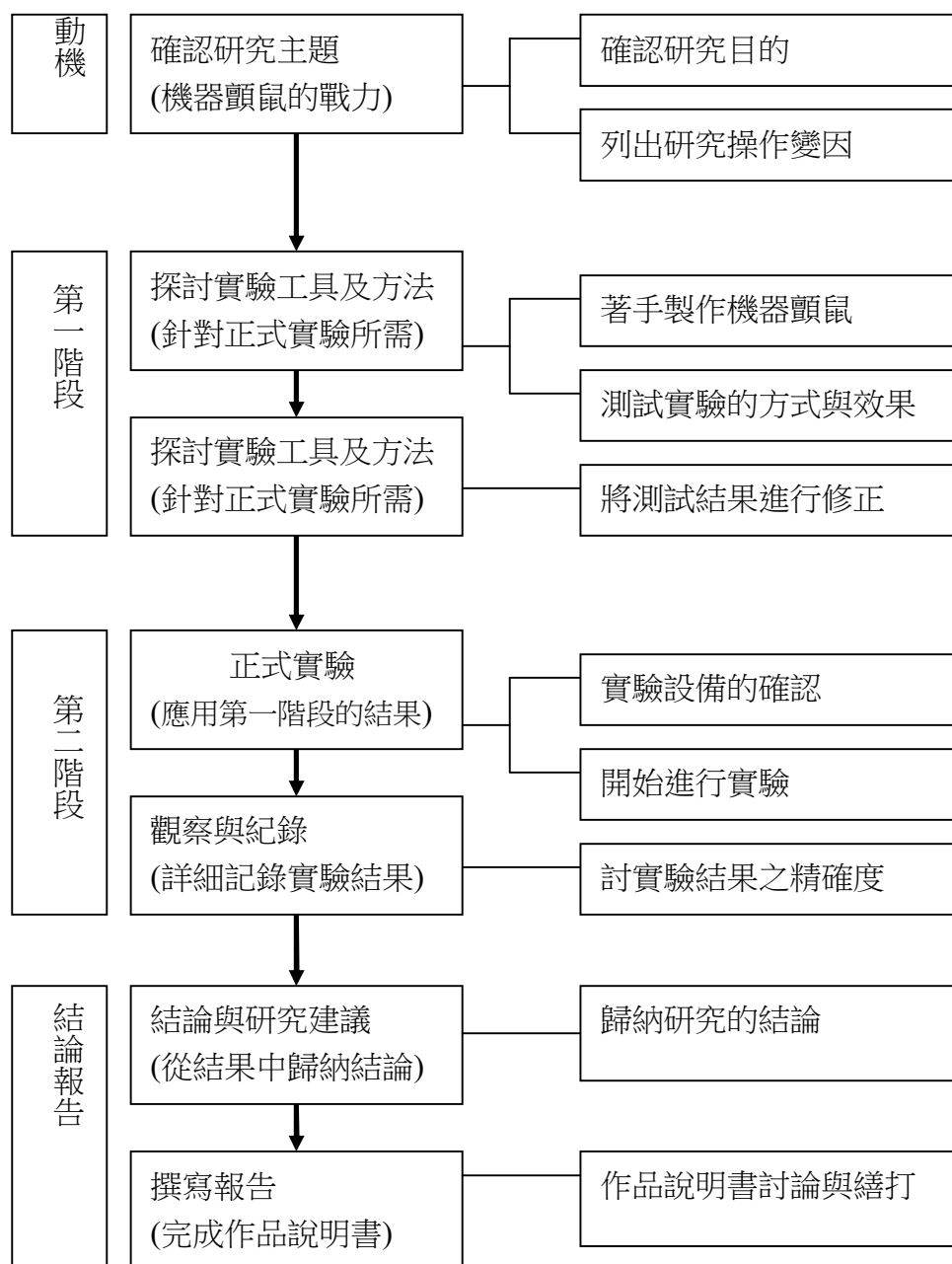


圖 4-1 研究流程圖

一、第一階段-----實驗工具及方法

(一)機構原理

機器戰鼠本體架構主要是由齒輪傳動機構和旋轉臂所組成。其主要是藉前旋轉臂旋轉的慣性作用力，以及前端寶特瓶的彈力效果，讓晃動效果放大，使機器戰鼠看起來像是在跳動的樣子，而整體所呈現的效果更像是正奮力地往前顫動，呈現出栩栩如生的運動姿態。

(二)製作機器顫鼠

1.製作機器顫鼠

在首次動手製作機器顫鼠前，先觀看網路上的影片及構造圖，依照其外型及製作原理，開始製作機器顫鼠。

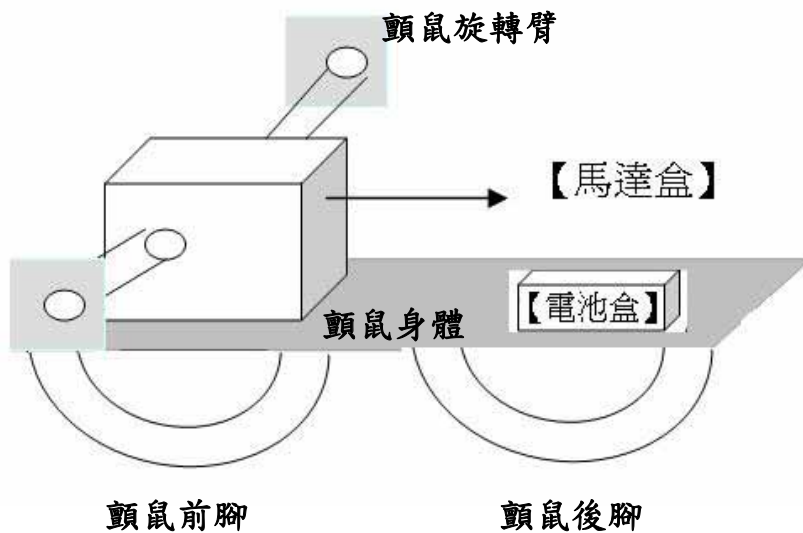
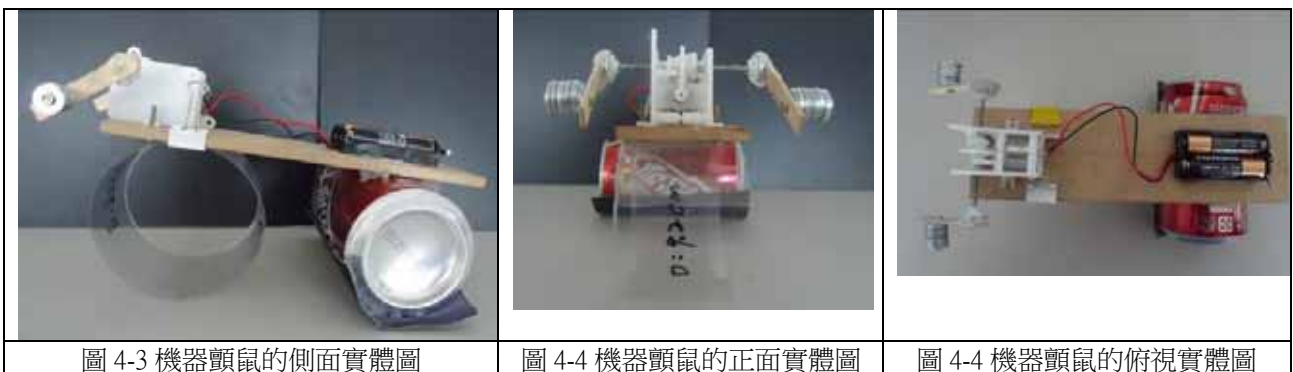
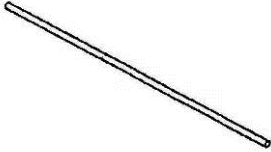
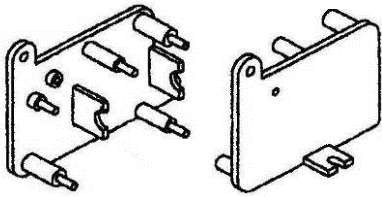



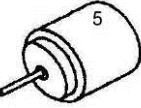




圖 4-2 機器顫鼠構造圖修改自 <http://163.23.94.65/blog/gallery/36/POWERTECH%E6%89%8B%E5%86%8A.doc>



2.馬達的組裝

a.零件介紹

零件圖形	名稱	零件圖形	名稱
	承軸		齒輪盒
	1.平齒輪 組裝於承軸上，與承軸為「緊配合」。		4.蝸桿： 組裝於馬達傳動軸上，與傳動軸為「緊配合」。
	2.大齒輪 組裝於承軸上，與承軸為「鬆配合」。		5.馬達： 機器人動力的來源，組裝前應先進行測試；注意不要弄斷電極。
	3.偏心輪 組裝於承軸上，與承軸為「緊配合」。		6.減速齒輪： 可提升齒輪組輸出的扭力，組裝於齒輪盒上。

b.組裝示意圖：

(a)「1、2、3」與「承軸」之組裝：

1、2、3組裝方向，較凸面應朝同一方向。「1」、「2」、「3」使用熱熔膠緊密結合，以確保動力能傳達至旋臂上。

(b)「4」與「5」之組裝：

將「4」與「5」的傳動軸接合時，不要過度用力敲打，否則有可能破壞到馬達的內部零件，也特別注意不要敲斷「5」的電極。「4」與「5」之間，應保留適當空隙。

(3)組裝完成後，應先點上適量針車油再進行測試，避免齒輪磨損。

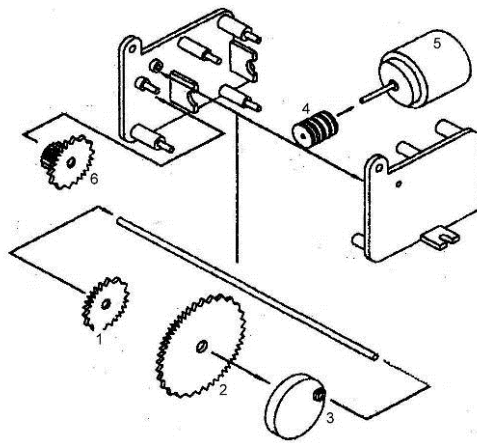


圖 4-5 馬達組裝引自 <http://163.23.94.65/blog/gallery/36/POWERTECH%E6%89%8B%E5%86%8A.doc>

(三)、動手製作機器顫鼠

		
(1) 圖 4-6 製作顫鼠身體 使用手弓鋸來裁切密集板，完成長 21 公分×寬 6 公分機器戰鼠身體。	(2) 圖 4-7 桌面上放著防鑽板，以鐵鎚及尖嘴鉗組裝馬達。	(3) 圖 4-8 運用電磁來測試馬達的運轉
		
(4) 圖 4-9 運用熱熔膠黏後腳	(5) 圖 4-10 前腳運用寶特瓶來裁剪，完成後用長尾夾夾在馬達旁，即完成機器顫鼠前腳	(6) 圖 4-11 完成機器顫鼠，開始進行實驗

(四)、製作機器顫鼠的注意事項-

- 1.馬達、電池盒、機器顫鼠後腳及前腳需要黏接的部分確實固定好。
- 2.電池盒與馬達連接的部份，要將電線一小部分的塑膠除去，將電線牢牢固定在馬達上，不可中途掉落，才能使機器顫鼠順利進行實驗。
- 3.旋轉臂的長度不可以超過機器顫鼠前腳或後腳的高度，旋轉臂才不會打到地板。
- 4.轉臂的重量剛好，讓馬達可以轉得動。
- 5.機器顫鼠身體底面的寬小於馬達鐵棒的長，才不會卡到機器顫鼠的旋轉臂。
- 6.機器顫鼠前腳的寬與機器顫鼠身體底面的寬度相同，才不會卡到旋轉臂。
- 7.組裝馬達時，三個齒輪〈大齒輪、偏心輪、平齒輪〉都要用熱熔膠黏好，才能將動力傳達

到旋轉臂上，而旋轉臂在旋轉時，讓前腳的彈力，帶著機器顫鼠往前顫動，而前進。

8. 旋轉臂平行固定的固定在轉軸上。

9. 齒輪磨合處上機油，避免齒輪過度磨損影響實驗。

(五) 完成第一隻機器顫鼠之後，觀察出影響機器顫鼠前進速度的因素。

1. 機器顫鼠往前顫動時，重心位置對機器顫鼠的前進速度造成影響。

2. 機器顫鼠往前顫動時，後腳材質對機器顫鼠的前進速度造成影響。

3. 機器顫鼠往前顫動時，對旋轉臂對機器顫鼠的前進速度造成影響。

4. 機器顫鼠往前顫動時，後腳摩擦力對機器顫鼠的前進速度造成影響。

5. 機器顫鼠往前顫動時，前腳寶特瓶的直徑大小對機器顫鼠的前進速度造成影響。

6. 機器顫鼠往前顫動時，旋轉臂的離心力大小對機器顫鼠的前進速度造成影響。

根據以上觀察出影響機器顫鼠前進速度的因素，而設計出以下的六項實驗。在 180 公分×75 公分的桌面上進行實驗，以馬錶來紀錄出機器顫鼠的前進速度。

實驗一：重心位置對機器顫鼠前進速度有何影響？

一、實驗方法：我們將強力磁鐵以及電池上下黏在機器顫鼠的身體三個不同的位置，讓機器顫鼠往前移動 180 公分的距離，用馬錶測出到達終點的時間。

二、實驗過程：

- 1.在機器顫鼠的鼠身平板上調整電池盒的位置。
- 2.從相同的距離讓他往前跑。
- 3.測量到達終點的秒數。
- 4.重複步驟，共得三次數據。

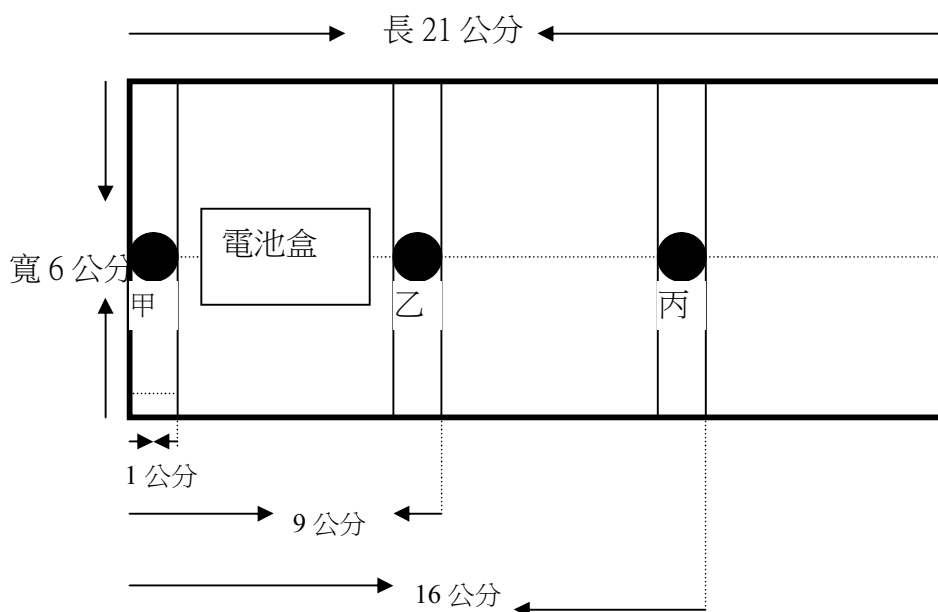
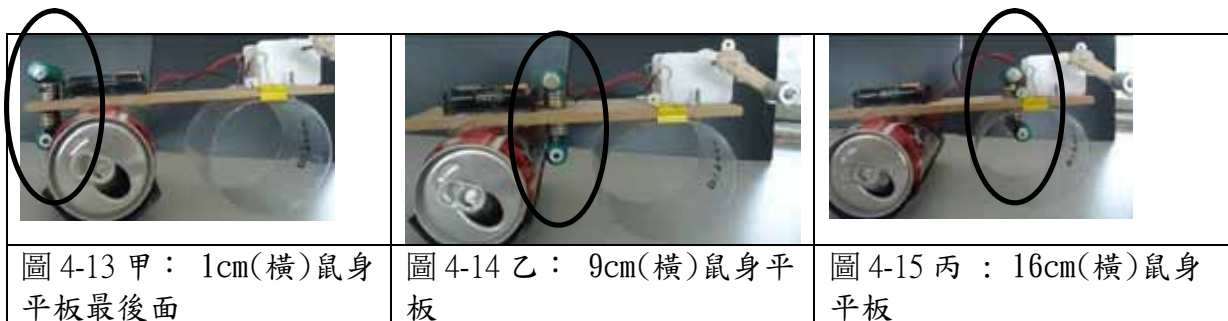


圖 4-12 重心位置配置圖



第一次修正實驗：因為覺得電池橫放時，顫動過程中電池會轉向，影響機器顫鼠前進的方向，因此將實驗修正為電池直立。



圖 4-16 甲：1cm(直)鼠身平板最後面

圖 4-17
甲：1cm(直)兩個電磁都在上方

圖 4-18
乙：9cm(直)鼠身平板

圖 4-19
丙：16cm(直)鼠身平板

第二次修正實驗：實驗過程中發現，如圖 4-16 甲：1cm(直)鼠身平板最後面時，電池卡住桌面，因此修正成兩個電池都在機器顫鼠的上方。

三、結果：

到達終點時間 (秒)	第一次	第二次	第三次	平均
重心往後移的距離				
甲：1cm(橫)鼠身平板最後面	17	21	20	19.3
乙：9cm(橫)鼠身平板	17	15	15	15.7
丙：16cm(橫)鼠身平板	12	12	13	12.3
甲：1cm(直)鼠身平板最後面	27	26	25	26.0
兩個電磁都在上方				
乙：9cm(直)鼠身平板	13	15	14	14.0
丙：16cm(直)鼠身平板	11	11	11	11.0

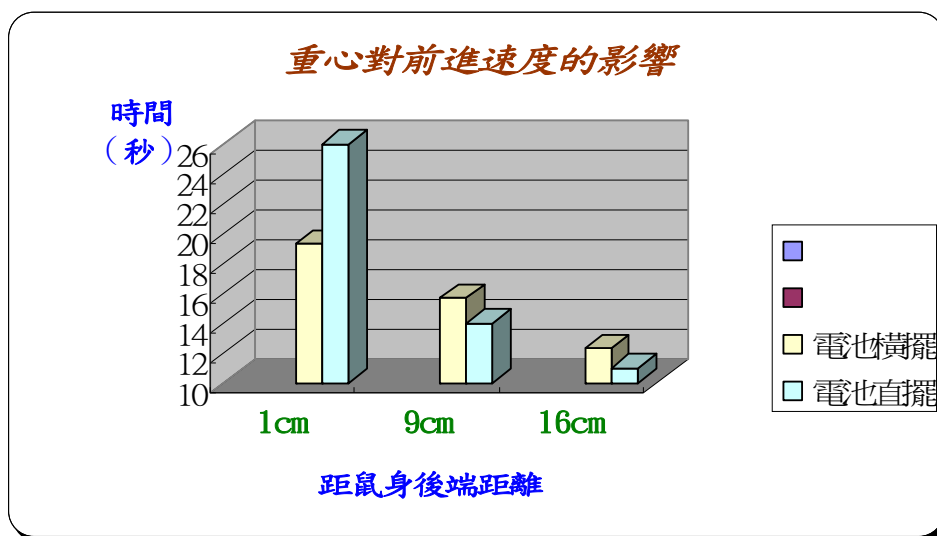


圖 4-20 重心位置對前進速度影響的長條圖

四、討論：

1. 重心位置在鼠身平板最後面(1 公分)時，因為整個重心傾向後腳的位置，因此後腳重，前腳輕，機器顫鼠會翹起來，會有顫動不起的情形，因此速度慢。
2. 重心位置在鼠身平板從後面算來 9 公分時，機器顫鼠前進的速度加快。
3. 重心位置在鼠身平板從後面算來 16 公分時，機器顫鼠前進的速度最快。
4. 電池直放時的機器顫鼠前進速度，又比橫放時來的快。
5. 重心位置在鼠身平板最後面，且兩個電池都在上方時，速度最慢。

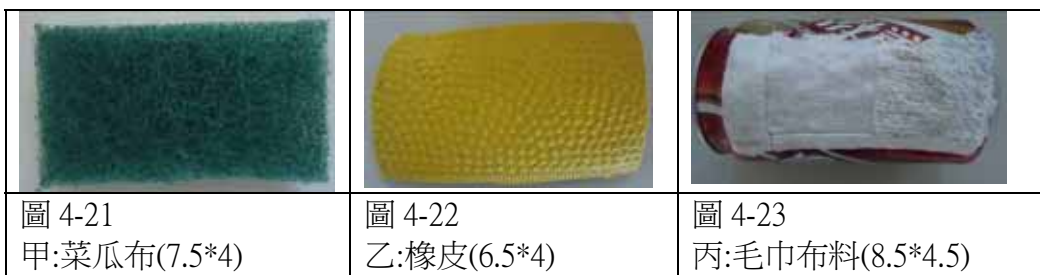
五、結論：重心愈往前，機器顫鼠到達終點的速度越快。

實驗二：顫鼠後腳材質對機器顫鼠前進速度有何影響？

一、實驗方法：我們將菜瓜布、橡皮、毛巾布料等不同材質黏在機器顫鼠的後腳位置，讓機器顫鼠往前移動 180 公分的距離，用馬錶測出到達終點的時間。

二、實驗過程：

- 1.製作不同材質的後腳 甲：菜瓜布 乙：橡皮 丙：毛巾布料
- 2.從相同的距離讓他往前跑。
- 3.測量到達終點的秒數。
- 4.重複步驟，共得三次數據。



三、結果：

到達終點時間 (秒)	第一次	第二次	第三次	平均
後腳材質				
甲:菜瓜布(7.5*4)	13	11	13	12.3
乙:橡皮(6.5*4)	20	17	17	18
丙:毛巾布料(8.5*4.5)	16	13	14	14.3

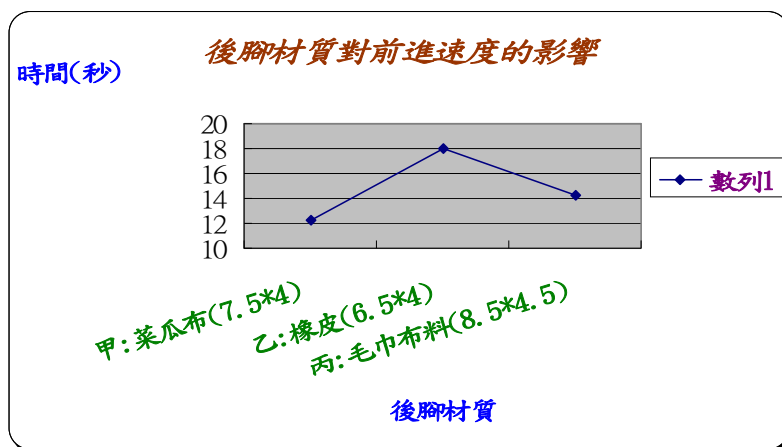


圖 4-24 後腳材質對前進速度的影響

四、討論：

1. 顫鼠後腳材質不同時，則到達終點時間以菜瓜布最快，毛巾布料次之，橡皮最慢。
2. 顫鼠後腳材質不同時，的確會對機器顫鼠的前進速度造成影響。

五、結論：

顫鼠後腳材質不同時，則顫鼠前進速度，菜瓜布最快，毛巾布料次之，橡皮最慢。

旋轉臂的長度愈短時，機器顫鼠前進速度越快。

實驗三：旋轉臂的長度不同對機器顫鼠前進速度有何影響？

一、實驗方法：我們將旋轉臂長度調整為甲：3公分、乙：6公分、丙：9公分，讓機器顫鼠往前移動 180 公分的距離，用碼錶測出到達終點的時間。

二、實驗過程：

- 1.調整旋轉臂的長度, 甲：3公分 乙：6公分 丙：9公分。
- 2.從相同的距離讓他往前跑。
- 3.測量到達終點的秒數。
- 4.重複步驟，共得三次數據。



圖 4-25 甲：旋臂 3 公分



圖 4-26 乙：旋臂 6 公分



圖 4-27 丙：旋臂 9 公分

三、結果：

到達終點時間（秒）	第一次	第二次	第三次	平均
旋臂的長度				
甲：3公分	13.5	12	10	11.3
乙：6公分	17	21	22	20
丙：9公分	無法進行實驗，因為旋轉臂會卡到桌面			

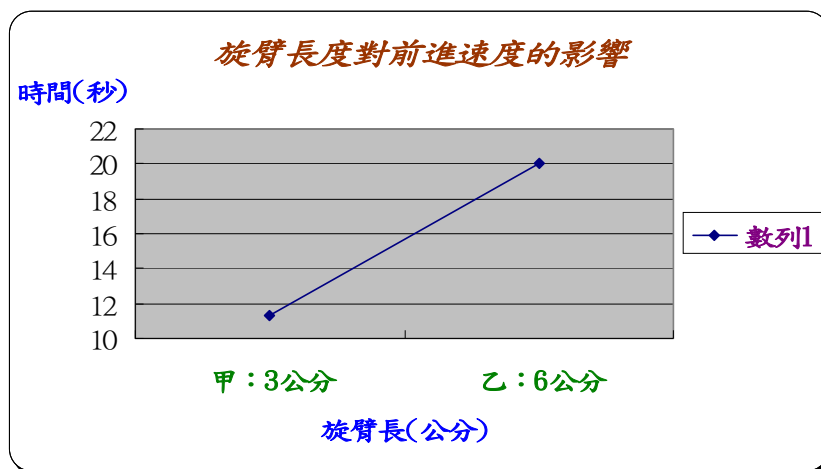


圖 4-28 旋轉臂的長度對前進速度的影響

四、討論：

1. 旋轉臂長度 3 公分時，到達終點時間的速度最快。
2. 旋轉臂長度 6 公分時，到達終點時間的速度較旋轉臂長度 3 公分時的速度慢。
3. 我們猜測，重力加速度原理，越重就越快降落。
4. 旋轉臂 9 公分時，實驗過程中旋轉臂會碰到桌子，因此旋轉臂的長度不可以比機器顫鼠前腳寶特瓶的直徑長。

五、探究原因：由實驗結果得知，除旋臂長 9 公分因太長無法測得抵達終點的數據外。餘兩組數據根據實驗得知旋臂長 3 公分抵達終點的時間明顯比旋臂長 6 公分來的快，歸咎其原因為，旋臂旋轉後會產生離心力，而此離心力及帶動顫鼠往前移動的力量。因此依據離心力公式： $F = m\omega^2 r$ （F：離心力、m：顫鼠質量、 ω ：角速度、r：圓周半徑），依此公式推算得知 3 公分和 6 公分兩組實驗只有在 ω 和 r 會有不同結果外，m：顫鼠質量兩組數據一樣、而旋臂 r，6 公分這一組是 3 公分這一組兩倍。但由實驗得知旋臂 3 公分的 ω 明顯比旋臂 6 公分快很多（超過兩倍），所以再將 ω 平方後旋臂 3 公分的離心力 F 當然比變 6 公分的 F 大很多，所以懸臂 3 公分的顫鼠就能快速抵達終點。


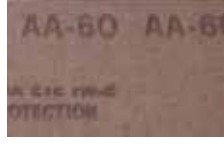

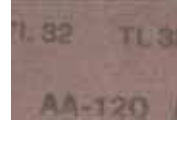


六、結論：旋轉臂的長度愈短時，機器顫鼠前進速度越快。

實驗四：摩擦力對機器顫鼠前進速度有何影響？

一、實驗方法：我們調整機器顫鼠後腳為不同係數的砂紙，讓機器顫鼠往前移動 180 公分的距離，用碼錶測出到達終點的時間。

二、實驗過程：

1. 調整顫鼠後腳不同係數的砂紙。
2. 從相同的距離讓他往前跑。
3. 測量到達終點的秒數。
4. 重複步驟，共得三次數據。

					
圖 4-29 甲：粗糙砂紙 (40)	圖 4-30 乙：粗糙砂紙 (60)	圖 4-31 丙：粗糙砂紙 (80)	圖 4-32 丁： 粗糙砂紙 (120)	圖 4-33 戊：細砂紙 (220)	圖 4-34 己：最細砂 紙(320)

三、結果：

到達終點時間 (秒)	第一次	第二次	第三次	平均
不同號數砂紙				
甲：粗糙砂紙(40)	24	23	25	24
乙：粗糙砂紙(60)	18	20	18	18.6
丙：粗糙砂紙(80)	22	20	22	21.3
丁：粗糙砂紙(120)	11	11	13	11.6
戊：細砂紙(220)	14	13	14	13.6
己：最細砂紙(320)	12	12	11	11.6
沒有貼砂紙	打滑，方向無法固定			

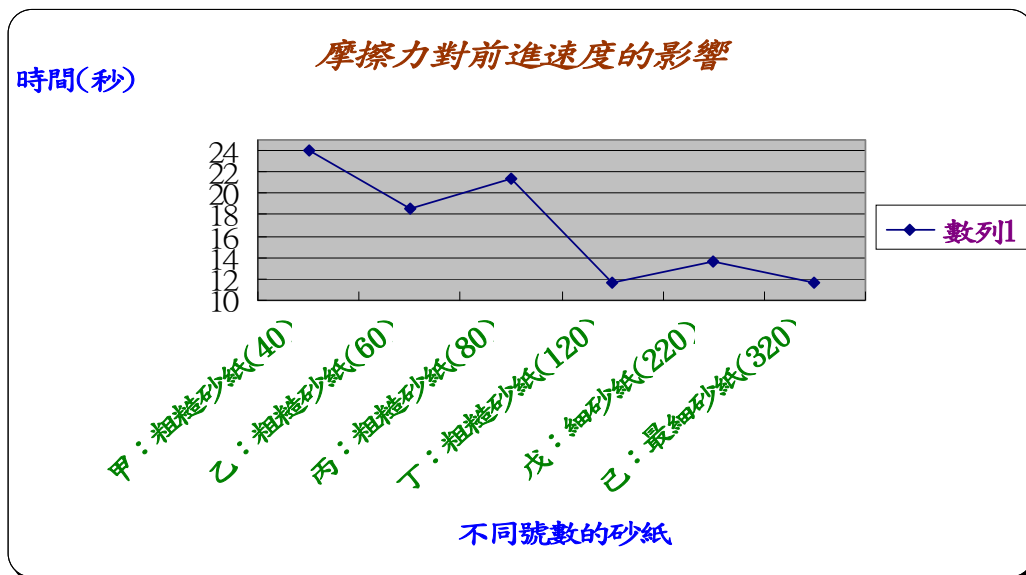


圖 4-35 摩擦力對前進速度的影響

四、討論：

1. 機器顫鼠直線前進時，若是機器顫鼠後腳完全沒有黏貼砂紙時，後腳底部因為摩擦力不足而容易打滑，無法直線前進，會跳出進行實驗的桌面，因此無法進行實驗。
2. 粗糙砂紙的摩擦力大，則抓地力大；不容易打滑，但是太粗糙時，摩擦力過大，反而會阻礙前進的速度，讓機器顫鼠到達終點的時間加長。
3. 使用熱熔膠固著 120 號或是 320 號的砂紙在機器顫鼠後腳時，前進速度最快。

五、探究原因：本實驗使用 6 種不同號數的砂紙進行實驗，實驗結果顯示砂紙號數越大顫鼠抵達終點的時間越少，也就是越快到達終點。歸納其原因為砂紙號數越大表示砂紙上的沙子顆粒越細，和接觸面的摩擦力越小。所以砂紙號數越大的顫鼠越快抵達終點，這和摩擦力原理不磨而合。因為摩擦力公式為 $F = \mu F_N$ (μ 稱為摩擦係數、 F_N 則為兩介面間的正向力)，這個實驗中顫鼠的重量不變，也就是說各組實驗中的 F_N 均一樣。因此這個實驗的摩擦力只和 μ 有關，

也就是 μ 大；其 F 就大、反之亦然。又砂紙號數越大其 μ 越小所以 F 比較小，因此砂紙號數大的顫鼠較快抵達終點。

六、結論：





機器戰鼠往前顫動時，後腳底部貼上砂紙，可以幫助他直線前進。摩擦力太大滯阻前進，因此實驗結果是 120 號或是 320 號的砂紙黏貼在後腳時，機器顫鼠的前進速度最快，時間最短。

實驗五：前腳寶特瓶直徑大小對機器顫鼠前進速度有何影響？

一、實驗方法：我們調整機器顫鼠前腳為不同直徑大小的寶特瓶，讓機器顫鼠往前移動 180 公分的距離，用碼錶測出到達終點的時間。

二、實驗過程：

1. 分別將前腳換成直徑不同的寶特瓶甲：7.7 cm、乙：8.8 cm、丙：9.6cm(硬質)、丁：10.9 cm。
2. 從相同的距離讓他往前跑。
3. 測量到達終點的秒數。
4. 重複步驟，共得三次數據。

			
圖 4-36 甲：7.7 cm	圖 4-37 乙：8.8 cm	圖 4-38 丙：9.6cm(硬質)	圖 4-39 丁：口徑 10.9 cm 的前腳，實驗中會和後輪接觸影響前進速度

三、結果：

到達終點時間 (秒)	第一次	第二次	第三次	平均
不同直徑的寶特瓶				
甲：7.7 cm	14	11	12	12
乙：8.8 cm	13	11	12	12
丙：9.6cm(硬質)	14	13	15	14
丁：10.9 cm	口徑大行徑過程中會和後輪接觸影響前進速度			

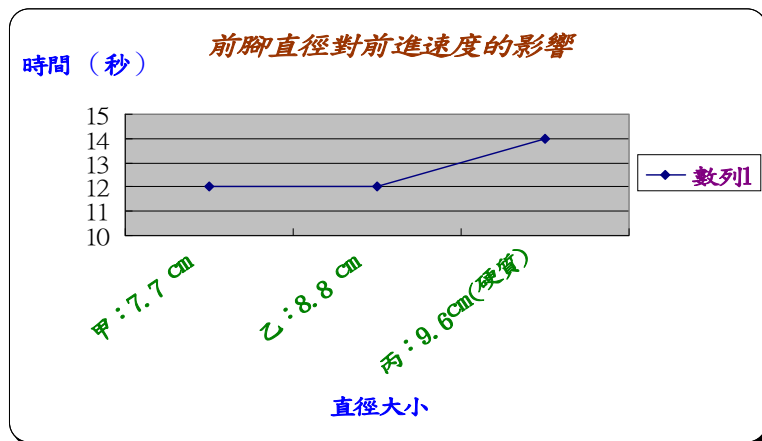


圖 4-40 前腳直徑對於前進速度的影響

四、討論：

1. 前腳寶特瓶直徑在 7.7 cm、乙：8.8 cm 時，彈力大，則前進速度愈快。
2. 前腳寶特瓶直徑在丙：9.6cm(硬質)，速度變慢。
3. 丁：10.9 cm 前腳材質太軟，機器顫鼠往前顫動時，前腳的寶特瓶會變形，而影響到顫動的速度。

五、結論：前腳寶特瓶直徑 7.7 cm、乙：8.8 cm 時，彈力大，則前進速度最快。

實驗六：離心力對機器顫鼠前進速度的影響

一、實驗方法：我們在旋轉臂上加裝墊片甲：3 個、乙：6 個、丙：9 個及丁：14 個，讓機器顫鼠往前移動 180 公分的距離，用馬錶測出到達終點的時間。

二、實驗過程：

- 1.在旋轉臂上加裝墊片甲：3 個、乙：6 個、丙：9 個及丁：14 個。
- 2.從相同的距離讓他往前跑。
- 3.測量到達終點的秒數。
- 4.重複步驟，共得三次數據。

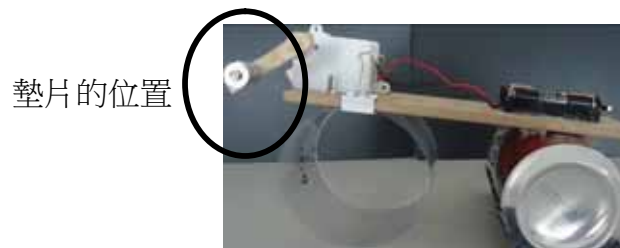


圖 4-41 墊片位置

三、結果：

到達終點時間 (秒)	第一次	第二次	第三次	平均
墊片的數量 (個)				
甲：3 個	27	25	25	25.6
乙：6 個	19	20	17	18.6
丙：10 個	18	17	18	17.6
丁：14 個	11	12	15	12.6

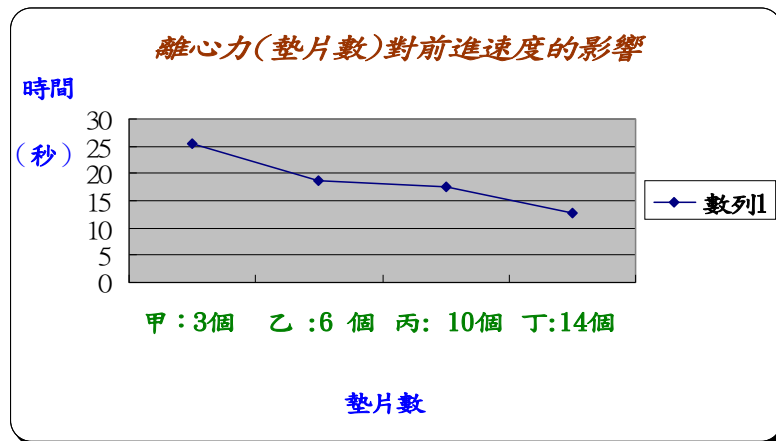


圖 4-42 墊片數對前進速度的影響

四、討論：

- 1.旋轉臂裝 3 個墊片時，機器顫鼠到達終點的時間平均約要 25 秒。
2. 旋轉臂裝 6 個墊片時，機器顫鼠到達終點的時間平均約要 18 秒，比旋轉臂裝 3 個墊片時，約縮短了 7 秒，到達終點的時間明顯變快。
3. 旋轉臂裝 10 個墊片時，機器顫鼠到達終點的時間平均約要 17 秒，比旋轉臂裝 6 個墊片時，約只縮短了 1 秒，沒有顯著的差異。
4. 旋轉臂裝 14 個墊片時，機器顫鼠到達終點的時間平均約要 12 秒，速度又更快了。
- 5.旋轉臂裝 14 個墊片時，速度達到最快。墊片多時，往下用的力量變大，彈力加大。所以顫動的力量也就更大，所以前進的速度也加快。

五、探究原因：在（實驗三）中我們已了解離心力的公式為： $F = m\omega^2 r$ （F：離心力、m：顫鼠質量、 ω ：角速度、r：圓周半徑），而在這個實驗中因為使用同一個旋臂所以各組實驗中的 ω 和r大小均相同。所以F只和m相關，也就是m越大F也越大；反之亦然。在這個實驗中我們用了4組不同個數的墊片進行實驗，結果顯示墊片數越多的顫鼠抵達終點的時間越短，這可能是旋臂的墊片數

越多其 m 值就越大，導致 F 也越大，所以墊片數多的顫鼠抵達終點的時間越快。

六、結論：墊片愈多，旋轉臂甩動的力量愈大，離心力愈大，則前進速度越快。

伍、 討論與建議

一、結論

從實驗的討論中，我們得出以下結論。

- (一) 重心愈往前，機器顫鼠到達終點的速度越快。
- (二) 顫鼠後腳材質不同時，則顫鼠前進速度，菜瓜布最快，毛巾布料次之，橡皮最慢。
- (三) 機器戰鼠往前顫動時，後腳底部貼上砂紙，可以幫助他直線前進。摩擦力太大會阻礙前進，因此實驗結果是 120 號或是 320 號的砂紙黏貼在後腳時，機器顫鼠的前進速度最快，時間最短。
- (四) 旋轉臂的長度愈短時，機器顫鼠前進速度越快。
- (五) 前腳寶特瓶直徑 7.7 cm、乙：8.8 cm 時，彈力大，則前進速度最快。
- (六) 墊片愈多，旋轉臂甩動的力量愈大，離心力愈大，則前進速度越快。

二、建議

- (一) 旋臂長度直接裁 9 公分，在 3 公分及 6 公分處鑽洞。在試驗旋臂過程中時，只要直接調整墊片放置的位置，就可以做三組實驗了。
- (二) 旋轉臂上的螺絲，可以加長，才能進行加裝更多墊片的實驗。
- (三) 可以進行前後腳大小比例配置的實驗。
- (三) 未來研究時，可以讓兩隻機器顫鼠進行拔河賽，來進行研究。

陸、心得與感想

原本是製作一個簡單的會動的玩具，沒想到經由大家的討論，發現了許多有趣的問題，並透過大家的討論以及實驗驗證，進而解決了問題。正如電流磁效應的發現者——奧斯特所說：「我不喜歡那種沒有實驗的講課，因為所有的科學進展都是從實驗開始。」經由實驗過程，我們得到許多知識，並與課本中的知識相互驗證，真是收穫不少。

柒、參考資料

- 一、全國少年科技競賽 http://www.cdda.org.tw/sing_up/pt/index.htm
- 二、創意機構設計學習網 http://pmcl.mt.ntnu.edu.tw/Flan/ant_manufacture.html
- 三、龍貓巴士作品說明書
<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/45/elementary/0815/081507.pdf>
- 四、南一版本自然與生活科技四下「會動的玩具」、及三上「物體受力的變化」、「力的方向和大小」。
- 五、翰林版六下自然與生活科技「力的測量」、「時間的測量」、「摩擦力」。

【評語】 080102

1. 實驗設計有趣，能引起探究的興趣。
2. 實驗設計的控制變因項目可以再加強些，將可以進行實驗內容
更佳的整合。