

# 三輪車跑得快

## 高小組應用科學科第一名

高雄縣鳳西國民小學

作者：黃晨瑋、鍾秉孜、王彥迪、吳學瑋

指導教師：王世充、王鶴翔

### 一、研究動機

暑假期間，鄰居的小弟弟阿宏、他爸爸為他新買一部搖搖車，每天清晨、傍晚，就在我們這條巷口、搖呀！搖得不亦樂乎。嬉鬧聲加上車輪和水泥地摩擦聲，總讓人不自禁地探頭看個究竟。我總覺得很奇怪，阿宏弟弟只要把搖搖車的車把左右搖擺，三輪車就能徐徐前進，開學後，跟自然科學小組的同學討論。得到的是支離不整的推論，於是去請教自然科學王老師，於是引發我們一連串的研究。

### 二、研究目的

- 1.力的形成與運動原理。
- 2.是什麼力使搖搖車前進。
- 3.搖搖車的蛇形前進。

### 三、研究器材與設備

- 1.搖搖車一部
- 2.自製蛇形板一部
- 3.捲尺
- 4.自製把手桿一部
- 5.量角器數組
- 6.鐵鉗、電鑽、鑽頭

### 四、研究內容與實驗方法

〔實驗一〕：搖搖車的前進路線。

預先擺放一大張白紙在地上，搖搖車的車輪上紅丹粉使其前進痕跡，壓於白紙上。

發現：1.搖搖車前進路線是蛇形曲線

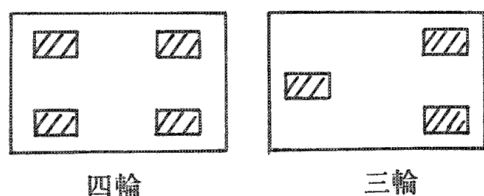
2.由前輪的轉動，帶動後輪的轉動。

3.前把手轉動到40度時，由於重心及支點外移，會造成搖搖車翻倒。

疑問：爲什麼搖搖車需要藉蛇形弧線前進呢？

〔實驗二〕：四輪或三輪固定會前進嗎？

首先我們做一四輪與三輪車，把桌面做水平的測試，車身上放置不等量的重物。



四輪

三輪

表一 輪數與重量 克

重量 輪數	100	200	300	400	500
四輪	×	×	×	×	×
三輪	×	×	×	×	×

×表不動

〔實驗三〕：如何使車子前進呢？

（方法一）：前軸能旋轉。

我們在前輪正下方，配上一單輪，再觀察其運動情形。

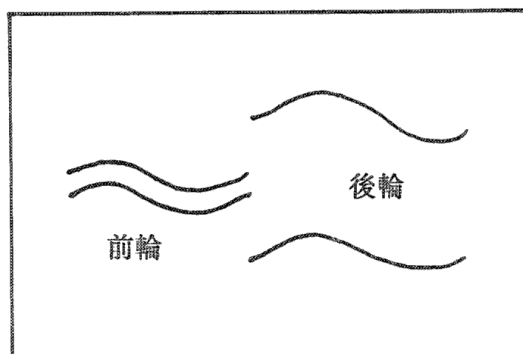
發現：1.車把水平放置、重物一放，車把不易旋轉。

2.車子只有前輪左右搖擺。

討論：是否因爲轉動軸重心垂直位置，剛好是在輪軸上。

（方法二）：前輪有迴轉半徑式。

由於（方法一）中，得知在前輪沒有迴轉半徑下，車上重物間接施力於輪上



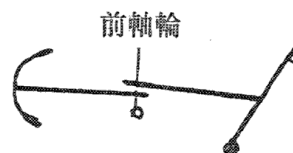
圖二 搖搖車前進路徑

發現：1.不論三、四輪都不能使其前進。

2.搖搖車的前進，和輪子的數目無關。

討論：1.當物體重壓於車上時，其重力的方向和地面成垂直。並沒有水平分力，造成運動現象。

2.當我們把車身稍作傾斜時，放上重物卻有往前運動的趨勢。



圖三 前輪活動式

，並未造成有效的推力。於是我們推論是否與迴轉半徑有關呢？

發現：我們設計前輪迴轉半徑是3、6、9、15、20、25公分時，當我們把重物擺放車上，發現車子仍然不動。

討論：我們試著改前輪車把的斜度，是否造成前進的原因。

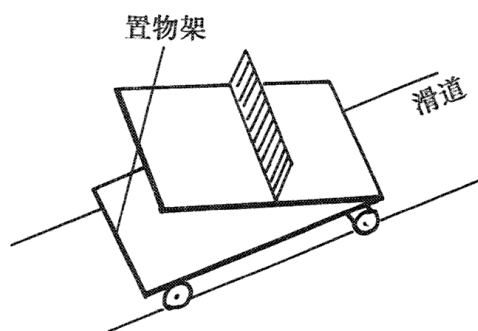
（方法三）：為何有旋轉半徑，車子還是不動。

在前述二種方法中，無論載重量多寡，及旋轉多少度，車輛都不足以產生運動。

（設計一）：斜板與水平分力的關係。

首先我們設計一斜板滑車如（圖五）上面負載重量，視其運動情形。

發現：1.當我們放置0度，30度斜板時，車子不動。而50度略為明顯，但90度時由於重心關係車子容易翻車，且不易前進。  
2.在放置重物瞬間車子有向前進的趨勢，但沒有繼續滑動。

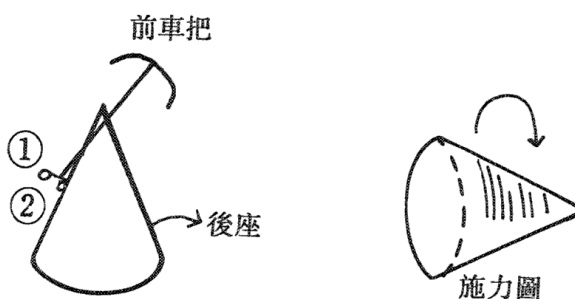


圖五 板滑車

（設計二）：為何有水平推力後，加上旋轉就能前進？

我們首先觀察搖搖車前車把和後座部分支點成傾斜角度，而當我們旋轉某一角度時，則前輪著地部分的情形。

發現：車把轉彎、即座位重物施力情形偏向。此時②輪著力比①輪大。故此情形造成傾斜，又由於前車把本身即有傾斜角所造成的水平推力。當車把轉彎時，重力往②輪移，形成轉彎現象如施力圖。

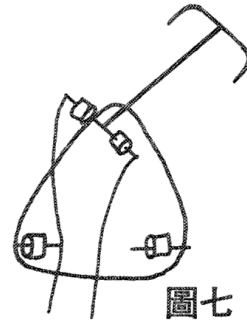


圖六 轉彎示意

（設計三）：轉動時內、外輪有速差嗎？

我們先在前輪左、右轉輪側面以接劑接上一段小水管、車把搖擺角度左、右25度，測試繩50公分兩條，每次從起始移動到另一轉動止，視其水管所繞的圈數

- 發現：1.外圈的轉輪速度（圈數較多）。
- 2.是否是造成移動的主要力量呢？

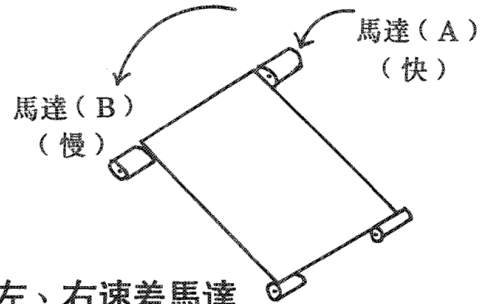


圖七 測速差

〔設計四〕：兩輪產生速差即有圓周運動的產生呢？

首先我找來兩個不同轉速的馬達，安置在平板的左、右邊。通電後，再觀察其運動情形。

- 發現：兩輪不一樣的速度（rpm）即產生圓周運動現象。



圖八 左、右速差馬達

〔實驗四〕：向前推力與車身的傾斜有關嗎？

操縱變因：車身的傾斜度。

控制變因：重量、搖擺角度。

由〔實驗一〕到〔實驗三〕中，我們發現搖搖車水平推力來源是來自於重物力，加上車身的傾斜，於是我們把車子的車把角度固定，操縱車身上的重物。每次左、右搖擺角度30度，10次再量其前進距離。

表二 車身斜度、前推力距離

(cm)

孔數 次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	100	149	178	215	258	296	335	378	410	453
2	98	148	176	214	253	295	336	376	411	454
3	97	146	179	216	257	295	337	377	414	455
4	99	149	173	215	256	298	337	376	413	451
5	100	150	176	215	256	297	335	378	414	456
6	101	148	177	213	257	296	336	376	412	453
7	98	149	178	215	258	294	335	378	411	453
8	99	146	176	216	256	297	334	376	410	454
9	98	150	179	214	259	299	333	377	413	455
10	100	150	176	215	258	296	333	378	414	456
平均	99	148.5	176.4	214.6	256.8	296.5	335.2	377	412	454.6

- 發現：1.當孔數越多，車身斜度越大。

2.車身的斜度越大時，其水平推力越大，則車子推得越遠。

〔實驗五〕：水平推力與載重物有關嗎？

依據〔實驗四〕的結果，水平推力是搖搖車的主要前進力，我們也採取實際的重物做實驗。

操縱變因：重物的重量。

控制變因：車身斜度、搖擺次數及角度。

表三 載重與前推力距離

(cm)

重量 次數	500g	1000g	1500g	2000g	2500g	3000g	3500g	4000g	4500g	5000g
1	83	110	122	141	155	183	204	224	245	266
2	82	113	120	143	153	182	206	223	244	265
3	80	111	123	140	154	181	203	222	240	264
4	81	110	121	140	154	180	201	222	242	263
5	81	112	121	142	150	183	205	224	242	265
6	83	113	123	141	153	182	205	223	243	265
7	82	112	120	143	152	181	201	221	240	264
8	80	111	121	142	154	185	202	224	246	263
9	81	110	122	141	153	184	204	225	244	264
10	80	111	121	140	155	180	204	221	243	265
平均	81.3	111.3	121.4	141.3	153.3	182.1	203.5	222.9	242.8	264

發現：1.同一斜度、搖的角度次數均相同，重物越重、前進距離越長。

2.當重物越重而車前把有斜度時，會產生一股前進的力量，所以前進較遠。

〔實驗六〕：前車把的角度與車子墊高度，對車子的影響。

依據〔實驗三、四〕車身的傾斜度使加在車身上的重物產生水平推力。

發現：1.螺帽數是造成車身傾斜角度，而車前把的仰角也具有相同的效果。但車前把其仰角太大時，容易造成搖擺時的前輪懸空，使車身易翻倒。

2.證明車身傾斜角越大，水平推力越大，車子前進距離越長。

〔實驗七〕：車前把的搖擺角度會影響前輪的著地穩定嗎？

依據〔實驗六〕中，我們發現車前把的仰角，雖然可以造成車身的傾斜，但在左右做大角度的旋轉時，發現前車輪著地性不良。以致車前把左、右搖擺較為

吃力。

發現：1.改變車身軸螺帽數，致使其前輪懸空。

2.改變車前把的孔距，使車前把仰角增加，使前輪懸空越大，重心較不穩定。

〔實驗八〕：車前把搖擺角度與前進距離有關嗎？

我們把車身上的重量固定，車前把的仰角也固定，操縱搖擺角度是否會影響車子的前進。

發現：1.搖擺的角度越大、同樣搖擺10次，得到越長的距離。

2.相對的，因為搖擺幅度大，擺頻就慢，所以搖擺速度也受影響。

3.因為車位及座位的旋轉受限。擺幅大每次前進雖然大，但同一時間的競速中反而慢。

〔實驗九〕：前輪寬度及偏心率影響其前進距離嗎？

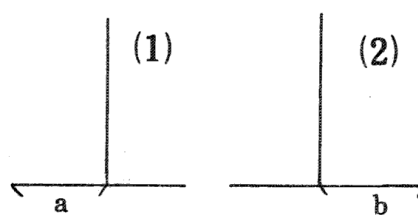
我們企圖去發現影響搖搖車前進還有那些因素，於是我們改變前輪的兩輪寬度，及偏心率。

發現：1.前輪寬度越大其前進距離越長。

2.偏心率越大時，雖然兩輪的寬度一樣，但前進的距離仍然較大。

討論：(1) $b > a$ 所以(2)圖比(1)圖前進距離長。

(2)但是偏心率大的其車子旋轉時，產生前進不順暢。

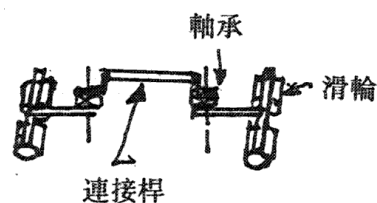


圖十一 偏心率不同示意

〔實驗十〕：蛇形板的初步構想。

大伙一直在思考，搖搖車的單軸轉動，是否可以改變為雙軸轉動。於是晨瑋自告奮勇的把那雙舊有的溜冰鞋拿出來加以改造。

發現：我們發現蛇形板也具有搖搖車的效能。委實令我們欣喜若狂。



圖十二 蛇形板構圖

〔實驗十一〕：蛇形板單邊放置重物時前進情形。

我們先放置一水桶於蛇形板的前座上。也是左、右搖擺各10次，各為30度，視前進距離。

發現：1.載重越重，其前進距離越長。

2.水桶內是液體，搖動時水會晃動，其前進距離似乎有所影響。

〔實驗十二〕：蛇形板雙邊各放置重物。

由於〔實驗十一〕中發現單邊放重物，其前進距離小。於是我們前後放置重物。

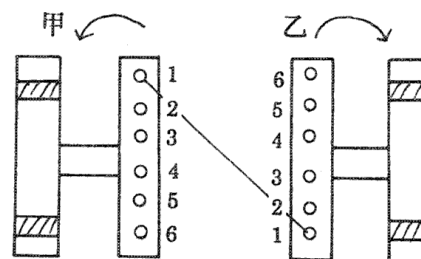
發現：前後輪加得越重，其前進距離越長。

（探討）：兩輪在不同的轉角會有誤差嗎？

〔實驗十三〕：如何才能使蛇形板前後板，作不同的旋轉。

當我們在做〔實驗十二〕時，發現前後兩輪需要一人雙手操縱角度，有時往往誤差較大。因此我們設計轉前輪、後輪也跟著做不同向的旋轉。

說明：首先把蛇形板後方板鑽孔，配上定孔銷。當甲輪作逆時旋轉，乙輪作順時旋轉，藉以達到蛇形板向左轉的目的。



〔實驗十四〕：單搖擺蛇形板。 圖十三 蛇形板定向

由〔實驗十〕到〔實驗十三〕的各項實驗中發現，雙搖擺蛇形板具有雙腳控制轉輪的溜向。左、右輪成大的弧度曲線。由於迴轉半徑增大，其前進距離也大。但一位初學者重心難以掌握，大家發現此一缺陷，於是單搖擺蛇形板於焉誕生。

（設計一）：六輪單搖擺蛇形板。

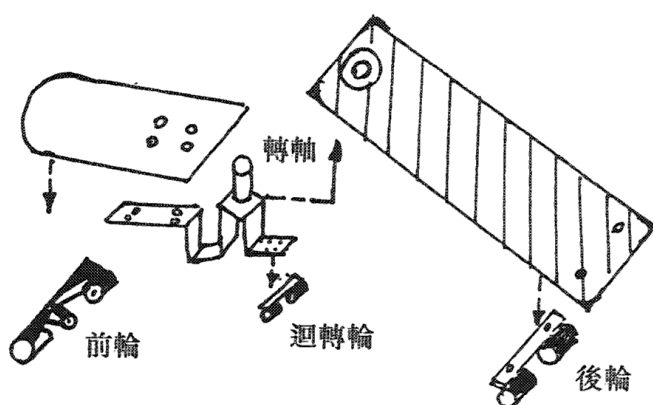
我們把前腳控制的板面，做成四輪著地，可控制整個車身的旋轉半徑，而後腳控制的板面做成斜角，藉本身的重量前推力。

發現：1.搖擺前進時，右腳重心放於後板，前板易轉動。

2.前腳扭動時，鞋底和板面有滑動現象。

3.遇有突肩路段形成前後板面有對擠現象，中心旋轉軸不易搖擺。

4.中心旋轉與後板連接處放置一平面三層式軸承，增加旋轉靈活度。

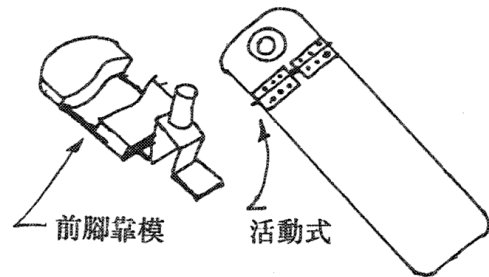


圖十四 六輪單搖擺蛇形板

〔設計二〕：六輪、單搖擺、後活動式蛇形板。

針對〔設計一〕的缺失，前腳與前板間滑動，我們設計一鞋底靠模。而在凸肩路段所形成的擠壓現象，我們採後板活動式。

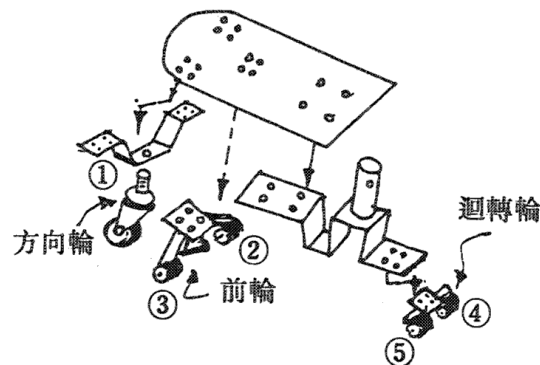
- 發現：1.左腳旋轉效果較〔設計一〕時佳，但尚不是很靈活。  
2.上板時需要先踩前腳，否則容易翻倒。



〔設計三〕：七輪、單搖、後板活動式蛇形板。 圖十五 後板活動式蛇形板

由〔設計二〕中發現在左腳前板有了靠模、左右搖擺仍受到前板輪子的摩擦力的影響。我們想藉著單輪或減少輪子的著地面積，以增加旋轉的靈活度。在前板二輪的正前方再增加一固定單輪。因而單輪的高度比前二輪略高。

- 發現：1.當1、4、5輪著地時，左腳控制旋轉方向非常靈活。  
2.且當滑板者重心不穩時，向前、後傾斜時，可由2、3輪吸收衝擊力，達到平衡安全，不易翻倒的目的。



圖十六 七輪，後板活動蛇形板

## 五、研究與討論

- 1.由（實驗一）得知，車輛行進的路線是蛇形，而這蛇形的驅動力是來自車把的方向改變。
- 2.由（實驗二到實驗九）中，車身要具有斜度才具有水平推力。左右旋轉的角度越大，其前進越大。載重物越重，也是影響前進的主要。
- 3.由（實驗十）到（實驗十三）得知，蛇形板也具有搖搖車搖擺前進的特性，我們依據其特性改良舊有溜冰鞋為蛇形板。
- 4.由（實驗十三到實驗十五）中，蛇形板前輪及後輪的方向要相反，蛇形板才能移動，而前進的距離和前、後輪的所轉的角度有關。

## 六、結論

- 1.從發現搖搖車旋轉前輪，會使車子前進。發現車身的斜度，使重力產生水平推力，才是車子的主要力。
- 2.我們在暑假期間，自製蛇形板，水平推力試驗器，每位同學均能動手做，遇到困難則請教老師，從做中學，得到許多寶貴的經驗。
- 3.在這一次實驗中得到最大的收穫是得到很多力學的觀念及連桿原理，及電鉗



常識。

## 七、參考資料

- 1.大美百科全書
- 2.光復科學圖鑑
- 3.國民小學自然課本

## 評 語

本作品係基於對於搖搖車之運動情形的好奇，而設計十五實驗以瞭解其作動原理。該十五個實驗所觀察之現象由淺易而深繁，從一連串的實驗中，逐步瞭解力量之平衡原理，最後獲得由於車身之斜度，使車子之自重產生水平推力，而使車子往前推進的作動原理。過程中，所有實驗皆為自做，且前後呼應，所獲致結論也均正確。此種針對一個主題自引構思及製作實驗器材以瞭解其原理正是科學最基本及最重之學習態度，誠屬難能可貴。